

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Efektivnost vybudování a provozu vlastní čističky odpadních vod

Effectiveness Installation and Operation own Waste-Watter Treatment Plant

Bakalářská práce

Jan Prázdny

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Praha

2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Prázdny** Jan

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Efektivnost vybudování a provozu vlastní čističky odpadních vod

Pokyny pro vypracování:

1. Popis dosavadního stavu
2. Varianty čističky odpadních vod
3. Investiční a provozní výdaje variant, kvantifikace efektů
4. Vyhodnocení variant z hlediska projektu

Seznam odborné literatury:

1. Kohout P.: Peníze, výnosy a rizika. Praha: Ekopress, 1998.
2. Sojka J.: Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. GRADA, 2013.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Vitek, CSc.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2015/2016



V Praze dne 1.9.2014

Abstrakt

Bakalářská práce navazuje na předmět Individuální projekt, který měl za cíl seznámit se bytovým domem nacházejícím se v Zázvorkově ulici v Praze Lužiny, popsat jeho dosavadní stav a hlavně zaznamenat spotřebu vody v průběhu celého kalendářního roku a to pokud možno zachytit roční a denní výkyvy ve spotřebě. V bakalářské práci budou nasbíraná data vyhodnocena a následně navržena varianta vybudování vlastní čističky odpadních vod. Daná varianta bude zhodnocena z ekonomického hlediska a srovnána s variantou bez vybudování čističky odpadních vod.

Abstract

Bachelor thesis builds on the subject individual project, which aimed to introduce the residential house located in Zázvorkova Street in Prague Lužiny, describe its current status and especially water consumption during the entire calendar year and if possible to capture the annual and daily fluctuations in consumption. The collected data will be evaluated and subsequently proposed options to build their own sewage treatment plant. Given option will be economically evaluated with the variant without building a sewage treatment plant.

Klíčová slova

Čistička odpadních vod, bytový dům, diagram denního zatížení, úspory, čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento

Keywords

Sewage treatment plant, apartment building, daily load diagram, savings, net present value, internal rate of return

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje

V Praze dne

.....

Jan Prázdný

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za užitečné rady, pomoc při měření a za vedení této práce. Dále bych rád poděkoval kolegům, kteří se také účastnili měření.

Obsah

Úvod	8
Dosavadní stav	9
Popis obytného domu.....	9
Poloha a historie domu	9
Složení bytového domu.....	10
Dispoziční řešení	10
Energie v domě	11
Bývalá strojovna výtahu	12
Potřeba vody	13
Potřeba vody obecně	13
Doba provozu.....	14
Spotřeba vody v domácnosti	14
Průměrná denní spotřeba vody na osobu	14
Ztráty vody	15
Kolísání potřeby vody.....	15
Průtok vody potrubím	15
Základní pojmy.....	15
Přívod vody	16
Gravitační přivaděč	16
Výtlačný přívod	16
Návrh a výpočet trubní sítě.....	16
Základní vlastnosti trubních sítí	16
Návrh potrubní sítě.....	16
Čističky odpadních vod.....	17
Čistírenské technologie	17
Separace sedimentací.....	17

Membránová filtrace	17
Roční spotřeba vody v BD	18
Měsíční spotřeba vody v BD	20
Spotřeba SV a TUV v jednotlivých dnech	22
Vyhodnocení měření prostředku pracovní letního týdne	22
Vyhodnocení měření letního víkendu	24
Vyhodnocení měření podzimního pracovního dne	26
Vyhodnocení měření podzimního víkendu	28
Výpočet průměrné spotřeby šedých odpadních vod	29
Stanovení koeficientu	29
Výpočet z měsíčních hodnot	29
Spotřeba šedých odpadních vod pro vchod T32 při výpočtu z měsíčních hodnot.....	30
Spotřeba šedých odpadních vod pro vchod T33 při výpočtu z měsíčních hodnot.....	30
Souhrnná tabulka	30
Možnost čištění šedých odpadních vod	31
Technologické schéma.....	31
Investiční náklady varianty	32
Provozní náklady varianty	34
Ekonomické ukazatele pro hodnocení investice	35
Výnosnost investice.....	35
Návratnost investice	35
Čistá současná hodnota	36
Vnitřní výnosové procento	37
NPV pro projekt ČOV	37
IRR pro projekt ČOV.....	39
Zhodnocení práce.....	40

Použitá literatura a zdroje	42
Přílohy	44
Seznam tabulek.....	44
Seznam grafů	44
Seznam obrázků	45
Obsah přiloženého CD	45

Úvod

V poslední době se snaží ušetřit korunu naprosto každý. Stoupají ceny elektřiny, plynu, ale také vodného a stočného. Možná i díky této nárůstové tendenci vzniklo zadání mé práce a to zjistit potencionální výhodnost vybudování vlastní čističky odpadních vod v panelovém domě v ulici Zázvorkova s č. p. 1995 – 1999, Praze 13, Lužiny.

Spousta lidí vidí možnost vybudování vlastní čističky odpadních vod pouze z ekologického hlediska, tedy že sice bude jejich dům šetrnější k životnímu prostředí, ale považují takovou investici za nenávratnou. Ovšem to není zcela pravda. Investice do čističky odpadních vod se může vyplatit i z ekonomického hlediska. Za tento fakt může i zcela bezúdržbový provoz čističky odpadních vod včetně velice nízkých provozních nákladů. Elektrickou energii spotřebuje pouze dmychadlo a případně čerpadlo, pokud je vyčištěná voda přepravována do zásobníků.

Při budování vlastní čističky odpadních je důležité dobře odhadnout spotřebu vody, která poteče do čističky odpadních vod a následně, jak velké špičky spotřeby musí navazující zásobník vody pokrýt. Samozřejmě soustava nemůže být nadměrně naddimenzovaná, aby voda v zásobníku dlouho nestála. Pro stanovení přesně spotřeby vody je doporučeno odečítat spotřebu vody po delší období, nejlépe po dobu alespoň jednoho roku, aby se to spotřeby projevíly všechny roční období. Denní diagramy zatížení jsou vhodné na odhalení výše zmíněných špiček ve spotřebě.

S rozhodnutím, zda je investice do čističky odpadních vod výhodná, za jak dlouho se investice vrátí, můžou pomoci ekonomické ukazatele pro hodnocení investice jako čistá současná hodnota nebo vnitřní výnosové procento.

Pro výše zmíněný panelový dům jsem ve své bakalářské práci provedl dlouhodobá měření pro určení spotřeby vody, dané hodnoty zpracoval a následně spočítal investiční a provozní náklady vybudování vlastní čističky odpadních vod. Pro danou variantu jsem také spočítal ekonomické ukazatele a určil, zda je daná investice výhodná, či nikoliv.

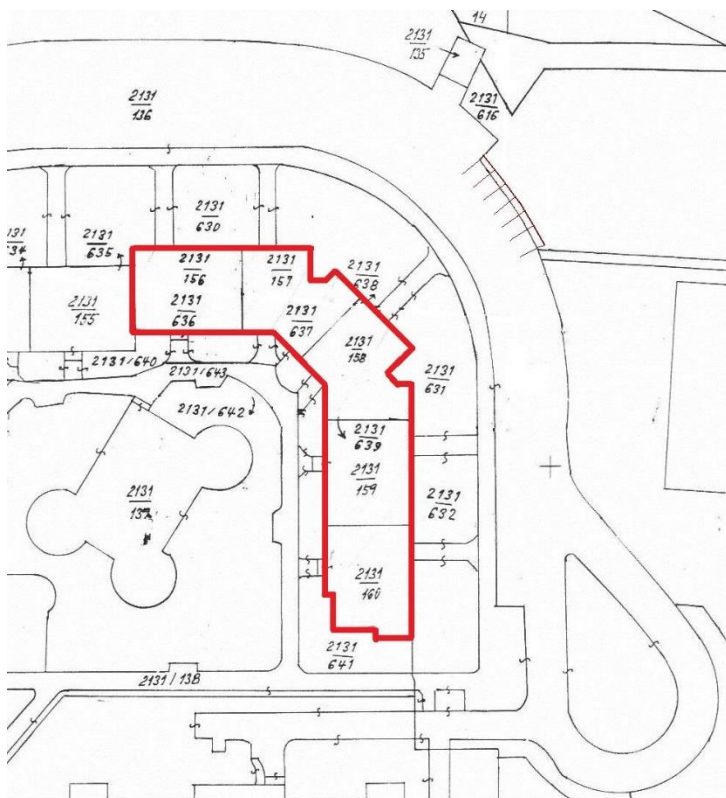
Dosavadní stav

Jak bylo již psáno v úvodu, hlavním cílem mé práce je předpovědět ekonomickou výhodnost vybudování vlastní čističky odpadních vod z koupelny vyjma WC (hovoříme tedy o tzv. „šedých“ odpadních vodách) v bytovém domě v Praze 13 – Lužinách. Konkrétně se jedná o bytovou sekci pěti vchodů v ulici Zázvorkova s č. p. 1995 – 1999.

Popis obytného domu

Poloha a historie domu

Celý panelový dům se nachází v hl. městě Praha, městské části Praha 13 Lužiny a byl vybudován v roce 1987. Jedná se o jeden ze základních typů konstrukčních systémů panelových domů běžných v České republice se značením VVÚ – ETA, což je vlastně prefabrikovaný montovaný panelový konstrukční systém s plochou střechou.



Obrázek 1: Mapa z katastru

Složení bytového domu

Celý bytový komplex na ulici Zázvorkova má několik samostatných sekcí. Samostatnost každé sekce je určena společnou předávací stanicí, tedy i u bytových vchodů s č. p. 1995 – 1999, kterých se týká tato individuální práce. V jednotlivých vchodech s č. p. 1998 a 1996 se nachází 24 bytů a ve vchodech s č. p. 1999, 1997, 1995 se nachází dokonce 36 bytových jednotek. Celkově se tedy v této sekci nachází 156 bytových jednotek různých velikostí od garsonek až po byty 3+1 a dále také několik dalších nebytových prostor. Mezi tyto nebytové prostory patří převážně základní příslušenství k bytům, tedy prádelny, sušárny, sklepy, ale také samozřejmě bývalé strojovny výtahu, předávací stanice, rozvodna elektřiny a jiné. V domě je také část nebytových prostor, které nájemníci nijak nevyužívali, využívána ke komerčním účelům, jako kanceláře, sklady, dílny, kadeřnictví.

Dispoziční řešení

Celá bytová jednotka je postavena do tvaru „L“. Každý samostatný vchod má suterén a dvanáct dalších nadzemních pater.

V prvním nadzemním podlaží nalezneme deset bytů 3 + 1, tři byty 2 + kk a v rohové části bytového domu se nacházejí sklepy k bytům. Stejně vypadají i všechno ostatní nadzemní podlaží, vyjma tzv. komunikačních poschodích (jedná se o poschodí, která jsou spojena vertikálním komunikačním jádrem, konkrétně páté a deváté nadzemní podlaží). Komunikační poschodí tedy tvoří čtyři byty 1 + 1, tři byty 2 + kk, dva byty 3 + 1, čtyři sušárny a opět „sklepy“ k příslušným bytům.

Bytový dům je tedy rozdělný do dvou sekcí, T32 a T33. Část sekce T32 má tvar pravidelného obdélníka s rozměry 29,5m x 14,9m a zbylá nárožní část příslušící k této sekci má rozměry 6m x 14,9m. Sekce T33 je stejně jako vedlejší sekce tvořena obdélníkovou částí o rozměrech 43m x 14,9m a větší nárožní částí s rozměry 12m x 14,9m. Konstrukční výška podlaží je stanovena na 2,8m (se světlou výškou 2,55m). Celková výška budovy měřená ke střešní atice je 37,05m a 39,95m pokud je měřena až ke střechám bývalých strojoven výtahů.

Vstupy do jednotlivých objektů se nachází z ulice Zázvorkova, ale také z druhé strany, kde se nachází hřiště. Každý vchod má svůj vlastní nezávislý výtah

a schodiště. Vchody s č. p. 1999 a s č. p. 1998 jsou navzájem průchozí v osmém nadzemním podlaží, stejně jako vchody s č. p. 1997, č. p. 1996 a č. p. 1995.



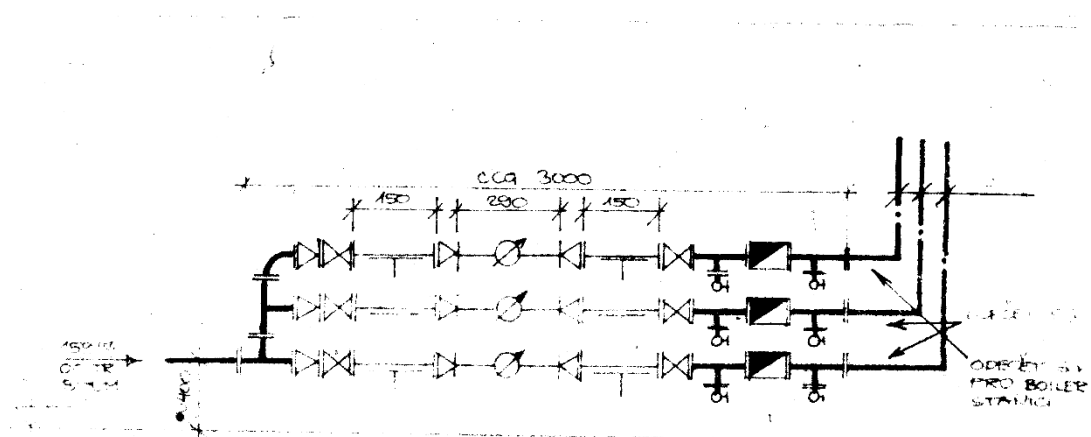
Obrázek 2: Pohled na celý bytový dům

Energie v domě

Bytový dům v roce 2012 byl kompletně zateplen, což pomohlo ke snížení spotřeby energií v domě. V tentýž roce proběhla rekonstrukce také předávací stanice, která se změnila na kotelnu a celé bytové družstvo se rozhodlo, že již nadále nebude využívat služeb Pražské teplotárenské a.s., ale připojí se na plynovou přípojku z cca 50 metrů vzdáleného tenisového klubu SPORT Aktiv. V důsledku tohoto rozhodnutí se tedy předávací stanice změnila v kotelnu na vlastní náklady družstva. Kotelna nyní disponuje 4 plynovými kotli a celá soustava je z pohledu doby velice moderní. V kotelně jsou také instalovány dva akumulční zásobníky TUV 2 x 1000l, které výrazně napomáhají ke snížení hodnot spotřebované energie.

Objekt je zásoben vodou z vodovodní přípojky z kolektoru. Řád končí před lícem kolektorové šachty u objektu. Trubky jsou ocelové, bitumenové a vně opláštěné skelnou rohoží. Měření spotřeby vody je zajištěno v objektu za obvodovou zdí zvlášť pro studenou vodu a teplou užitkovou vodu. Sekce T33 nemá vlastní přívod TV a je zásobena z předávací stanice sekce T32. Ležaté rozvody jsou vedeny pod stropem suterénu v typových závěsech a na odbočkách jsou osazeny

uzavírací armatury. Všechny stoupačky jsou samostatně uzavíratelné s možností vypouštění. Hlavní uzávěr je umístěn před celou vodovodní soustavou.



Obrázek 3: Přívod vody do obytného domu



Obrázek 4: Přívod vody do sekce T33, SV - fotografie

Bývalá strojovna výtahu

Místnost kde se nacházela strojovna výtahu, je umístěna vždy na střeše samostatného vchodu. Motor zde byl upevněn přes traverzu, která se v místnosti ještě stále nachází. Tyto strojovny jsou uvažovány jako potencionální místa pro sběr vody z čističky odpadních vod. Jako jedna z variací se vybízí vybudování pouze jedné nádrže v krajním vchodě z důvodu nejvyššího uložení. Svod do ostatních vchodů by byl veden po střeše panelového domu. Konkrétní varianty jsou popsány v následujících kapitolách.



Obrázek 5: Bývalá strojovna výtahu - uvnitř



Obrázek 6: Bývala strojovna výtahu - vně

Potřeba vody

Potřeba vody obecně

Měření spotřeby vody musí být provedeno velmi důkladně a hlavně v dlouhodobém horizontu, protože vybudování jakékoliv vodovodní sítě nemá sloužit dnešní době, ale má také zajistit zásobování a funkčnost na několik let případně několik desetiletí dopředu. Potřeba vody v budoucnosti je závislá na velkém množství faktorů, proto je nutné přihlížet ke všemu, co může mít jakýkoliv vliv na její změny.

Doba provozu

Doba životnosti vodovodního systému se liší zpravidla případ od případu. Zpravidla můžeme říct, že by měla být alespoň tak dlouhá, aby byla zajištěna návratnost vynaložených výdajů.

Spotřeba vody v domácnosti

Spotřeba vody v domácnosti je přímo závislá na vybavení konkrétní bytové jednotky. Jednoznačně ovšem můžeme prohlásit, že až polovinu z celkové denní spotřeby vody využíváme na osobní hygienu. Když připočítáme i praní, připadá podíl až 70 procent. Zbytek vody je použit při mytí nádobí, vaření, přípravě nápojů nebo zalévání rostlin v domácnosti případně na zahradě. Níže uvedená tabulka ukazuje průměrnou spotřebu vody při jednotlivých činnostech.

Činnost	Spotřeba v litrech (přibližně)	Spotřeba v litrech (průměr)
Spláchnutí toalety	3 - 12	7
Koupele ve vaně	100 - 150	125
Sprchování	30 - 80	55
Mytí nádobí v myčce	10 - 30	20
Mytí nádobí v dřezu	15 - 40	25
Mytí nádobí pod tekoucí vodou	20 - 70	45
Praní v pračce	40 - 90	65
Mytí rukou	2 - 4	3
Pití	1 - 3	2
Vaření	5 - 7	6
Mytí auta	150 - 250	200

Tabulka 1: Spotřeba vody v průměrné domácnosti

Průměrná denní spotřeba vody na osobu

Průměrná denní spotřeba mezi jednotlivými spotřebiteli vody se velice liší. Jedna literatura vypovídá o cca 95 litrech na osobu, jiná pojednává o 130 litrech a setkal jsem se i s takovými, které uvádějí čísla dokonce i 200 litrů na osobu. Podle fyzikálních studií člověka je pro naše základní přežití, tedy na přípravu jídla a pití potřeba pouze 5 až 10 litrů vody. Osobně se nejvíce přikláním ke statistice od serveru iDNES.cz, který při jednom průzkumu provedeném v osmi různých rodinách, které měli dohromady 31 členů, byla naměřena a následně přepočítána průměrná spotřeba vody 112 litrů denně na osobu.

Ztráty vody

Ztráty vody se většinou počítají rozdílem dodávané vody do spotřebiště a součtem všech spotřeb. Ztrátám vody nejde nijak zabránit, ovšem lze je snížit na nejmenší možnou hodnotu pečlivým udržováním trubní sítě a samozřejmě kontrolou odběru. Ztráty vody vznikají následujícími způsoby.:

1. Netěsností potrubí a spojů. U většiny dobře udržovaných trubních sítí nepřesahují 10 procent celkové roční spotřeby. Naopak u staré a špatně udržované trubní sítě můžou přesahovat klidně i 30 procent roční celkové spotřeby.
2. Přelivnou vodou ve vodojemech. U automatických čerpacích stanic a v moderních vodárnách ve většině případech jsou ztráty naprosto zanedbatelné
3. Plýtvání vodou. Jedná se o tu část, která není kontrolovatelná vodoměry. Ztráty mají za následek zvětšení dodávky a následně také samozřejmě provozních nákladů vodárenských zařízení.

Potenciál mé práce jasně vypovídá o tom, že by se dalo uvažovat pouze o ztrátách netěsnosti potrubí a spojů. I když se bude jednat o poměrně malou potrubní síť, rozhodně se nemůže zanedbat následující údržba.

Kolísání potřeby vody

Odběr vody se jednoznačně liší v různých časových obdobích a to vlivem ať už klimatických změn, hospodářských nebo taky pouze místních poměrů. Z dlouhodobých statistik je prokázáno, že spotřeba vody je většinou v letních měsících větší než v měsících zimních. Zpravidla se dá uvádět, že zimní a letní bývá v poměru 1:2 až 1:3. Měsíční spotřebu ovlivňují hlavně klimatické změny.

Průtok vody potrubím

Základní pojmy

Pro lepší vysvětlení si představme nádobu o stále výšce hladiny, z které vychází potrubí osazenou piezometrickými trubkami (sloužící pro měření tlaku na sání). Necháme-li potrubí na konci uzavřené a hladina vody ve všech trubkách bude stejná jako v nádobě. Jakmile uvolníme potrubí, tak se nám hladiny v jednotlivých

trubkách postaví do určitých výšek. Rozdíly těchto hladin nám udávají ztráty tlačné výšky, za kterou může tření tekoucí vody o vnitřní stěny trubek

Přívod vody

Gravitační přivaděč

Gravitační přivaděče bývají v činnosti ve směr celý den, tedy 24 hodin. Vodní zdroj bývá umístěn dostatečně vysoko nad spotřebištěm a voda je pak dopravování poměrně jednoduše bez vynaložení vnější energií.

Výtlačný přívod

Výtlačné přívody nebývají většinou v činnosti celý den, čerpá se pouze určitý počet hodin t , za který je nutno dopravit požadovanou potřebu vody. Jako zdroj energie lze tedy využít například vítr.

Návrh a výpočet trubní sítě

Základní vlastnosti trubních sítí

Potrubní sítí je myšlena soustava potrubí rozpínající se v určité oblasti. Jednotlivé části jsou organizovány ve větvích anebo jsou navzájem propojeny tak, že vznikají okruhy.

Celí síť musí být dimenzována tak, aby vyhovovala pevnostně při ustáleném provozu, ale také samozřejmě i při nestacionárních stavech, které jsou velmi časté a dochází tak k rázům v potrubí. Samozřejmě z provozního hlediska by měla být každá potrubní síť doplněna o zařízení, které pokryje náhlý zvětšený odběr, tedy vodojem nebo nádrž.

Návrh potrubní sítě

Jako výchozí podklady pro výpočet a následný návrh sítě jsou podklady jako schéma sítě s udáním délek a všech výškových rozdílů, případně průměrů potrubí pokud je průměr znám. Pokud průměr neznáme tak se získává z výpočtu tlaku v jednotlivých větvích, tzv. tlakové čáry v síti. Dále jsou potřeba parametry jako spotřeba v místě odběru, požadované přetlaky v místě odběru, údaje o zdrojích (jejich výkonost, přetlak), údaj o časovém zatížení celé sítě a jejich

maximech a samozřejmě také v neposlední řadě ekonomické údaje navrhovaného potrubí.

Čističky odpadních vod

Čističky odpadních vod jsou v dnešních dobách instalovány jak do malých rodinných domů ať už na vesnici nebo ve městech, tak do větších bytových jednotek obdobných parametrů jako bytový dům v ulici Zázvorkova. Důvody pro instalaci čističky odpadních vod v poslední době nejsou pouze ekologické, ale spíše ekonomické. Čističky odpadních vod s moderními technologiemi dosahují velice vysoké kvality čištění a následné spektrum použitelnosti vyčištěné vody je velice široké.

Čistírenské technologie

V současné době jsou pravděpodobně nejvíce rozšířeny tři druhy separace kalu od vyčištěné vody. Jedná se o klasickou separaci sedimentací (SBR – Sequencing Batch Reactor), membránovou filtraci (MBR – Membrane Biological Reactor) a v neposlední řadě fluidní filtrace ve vločkovém mraku (USBF – Upflow Sludge Blanket Filtration).

Separace sedimentací

Separace sedimentací neboli sedimentace v gravitačním poli funguje na jednoduchém principu působení tří různých sil, gravitační, vztlakové a odporové. Gravitační síla způsobena hmotností samotné částice, vztlakové jsou dané hustotou a objemem vytlačované kapaliny a v neposlední řadě usazovací rychlost, průřez, tvar a viskozita částice souvisí s odporovou silou.

Membránová filtrace

Doplněním čističky odpadních vod o pískový filtr s membránovou mikro filtrací dosáhneme výjimečné kvality čištění. Předčištěná odpadní voda je po klasickém čištění načerpána do prostoru s vlákny membránové mikro filtrace. Dané membrány si můžeme představit jako svazek dutých vláken o velmi malé tloušťce. Dlouhodobou životnost těchto membrán zajišťuje většinou právě předřazená písková filtrace, ale také může být podpořena automatickým čištěním tlakovým vzduchem, který se vyskytuje v dmychadlu samotné čističky. Dané

řešení je chráněno dokonce patentem a prodlužuje životnost čističky na více než 12 měsíců.

Roční spotřeba vody v BD

Pro navrhnutí vlastní čističky odpadních vod a k ní potřebné potrubní sítě je potřeba správně určit vstupní parametry, aby systém nebyl poddimenzovaný nebo zbytečně naddimenzovaný kvůli vyšším nákladům. Proto z daného důvodu je nemalou součástí zjištění reálné spotřeby vody v celém domě. Následující kapitoly jsou věnovány zjištění jednotlivých údajů a jejich zpracování.

Měl jsem k dispozici vyúčtování vodného a stočného z let 2001 až 2011 vyjma roku 2003. Pro ucelenost dat a grafů jsem se rozhodl brát data od roku 2004. Jednoznačně lze vidět, že spotřeba jak studené vody, tak teplé užitkové vody je v průběhu posledních deseti let víceméně konstantní. Spotřeba teplé užitkové vody nám spolu s postupem času velmi málo klesá, což může být způsobeno stále se zvyšující cenou nebo také zvětšující se ekonomičností spotřebičů jako například myčky na nádobí.

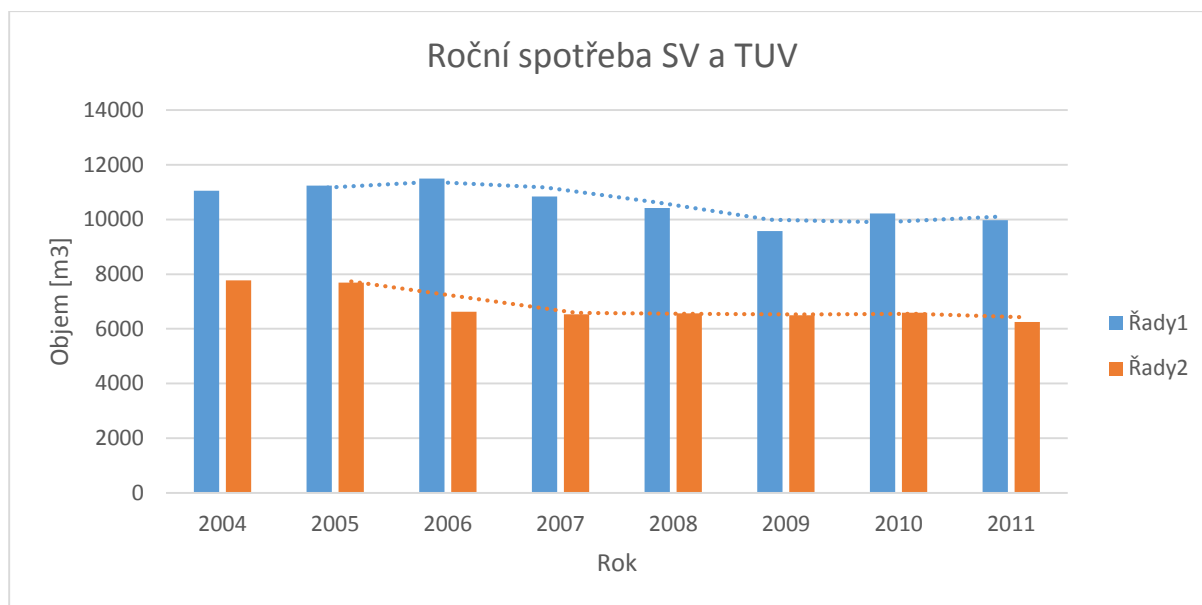
Roční spotřeba teplé užitkové vody		
rok	TUV [m3]	Cena za m3 [Kč]
2004	7768	41,3
2005	7691	42,68
2006	6630	44,31
2007	6528	50,36
2008	6561	52,27
2009	6499	54,95
2010	6595	56,45
2011	6245	60,28

Tabulka 2: Roční spotřeba teplé užitkové vody

Roční spotřeba studené vody		
rok	SV [m3]	Cena za m3 [Kč]
2004	11056	41,31
2005	11243	42,97
2006	11501	44,31
2007	10840	49,99
2008	10416	52,33
2009	9577	55,13
2010	10219	56,74
2011	9975	60,29

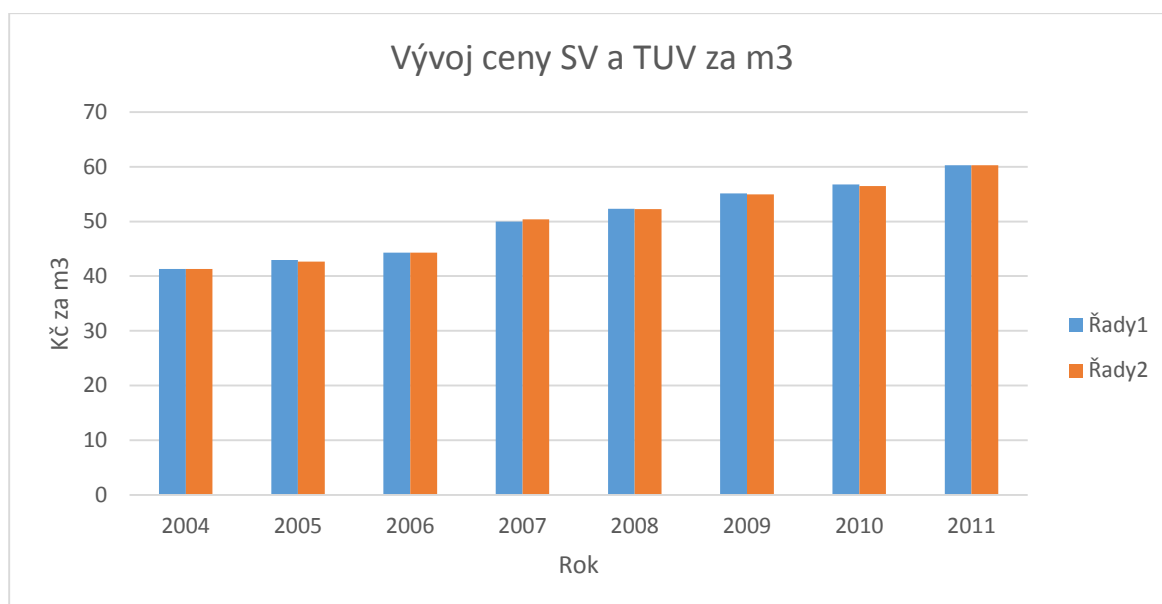
Tabulka 3: Roční spotřeba studené vody

Z níže vynesných závislostí můžeme tedy vidět nepatrný pokles spotřeba teplé užitkové vody zejména v roce 2009. Spotřeba studené vody opravdu zůstává víceméně konstantní.



Graf 1: Roční spotřeba SV a TUV

Při odečítání jsem pro porovnání vývoje odečítal také cenu za jeden metr krychlový jak studené vody, tak teplé užitkové vody. Studená voda a teplá užitková voda má velice málo odlišnou sazbu. Z odečtených a následně vynesných hodnot můžeme pozorovat jednoznačný souběžný růst ceny jak SV tak TUV. Na tento růst ceny má vliv hned několik různých faktorů jako například růst DPH, inflace, ale také na to může mít vliv růst lidské populace a tím se zvětšuje celkový odběr. Ovšem poslední uvedený příklad se velice pravděpodobně České republiky týkat nebude.



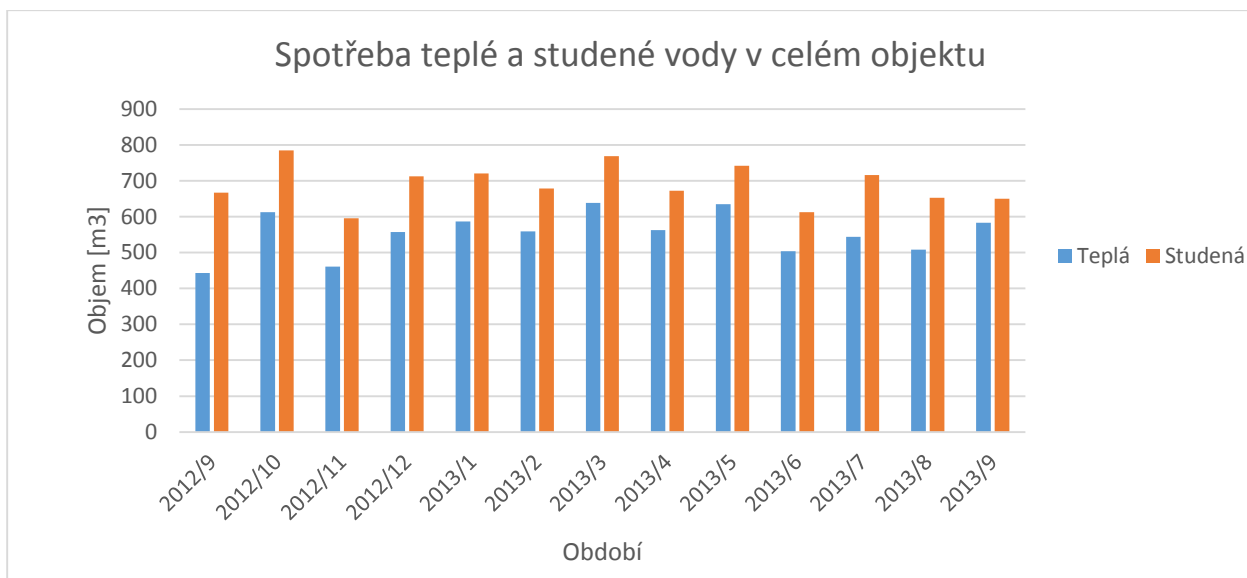
Graf 2: Vývoj ceny vodného a stočného

Měsíční spotřeba vody v BD

Z odečtů, které se uskutečnili v průběhu poslední dvanácti měsíců, jsem provedl přepočítání spotřeby vody na jednotlivé měsíce. Ve všech měsících převažuje spotřeba studené vody nad teplou. Z grafu můžeme vyzorovat mírné zvýšení spotřeby studené vody v letních měsících, za což může vyšší potřeba vody člověka. Naopak v chladnějších měsících jako leden až březen je větší spotřeba teplé vody.

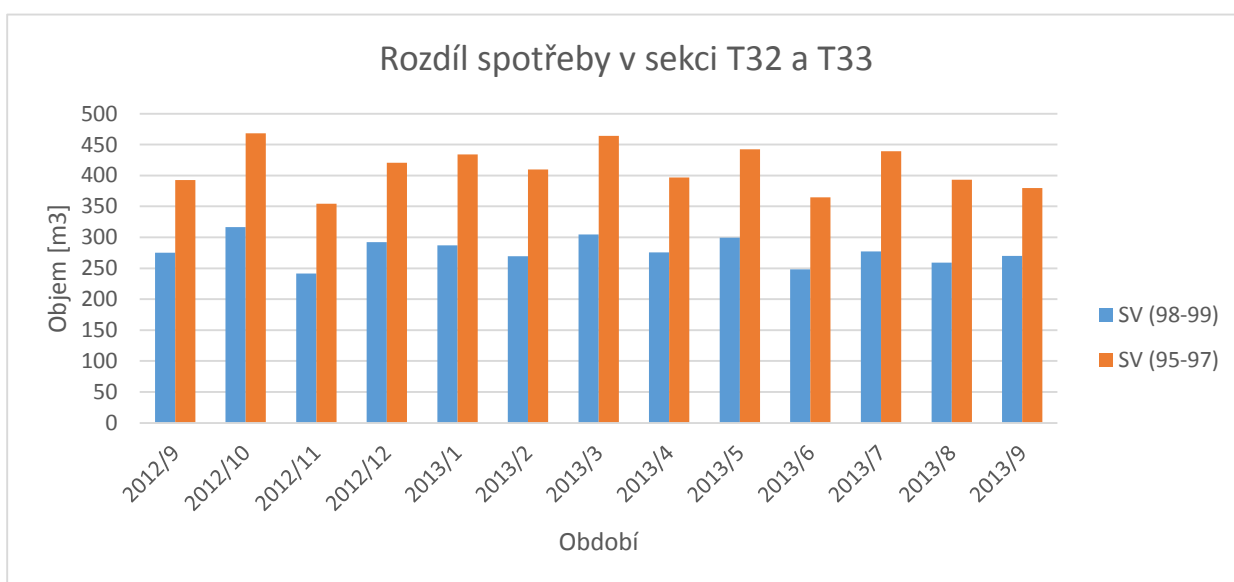
Měsíční spotřeba vody v bytovém domě				
Měsíc	Teplá [m ³]	SV (98-99) [m ³]	SV (95-97) [m ³]	Celkem [m ³]
2012/9	443	275	392	667
2012/10	613	316	468	785
2012/11	461	241	355	596
2012/12	557	292	420	712
2013/1	587	287	434	721
2013/2	559	269	410	679
2013/3	639	305	464	769
2013/4	563	275	397	672
2013/5	635	299	442	742
2013/6	503	248	365	613
2013/7	544	277	439	716
2013/8	509	259	393	652
2013/9	583	270	380	650

Tabulka 4: Měsíční spotřeba vody

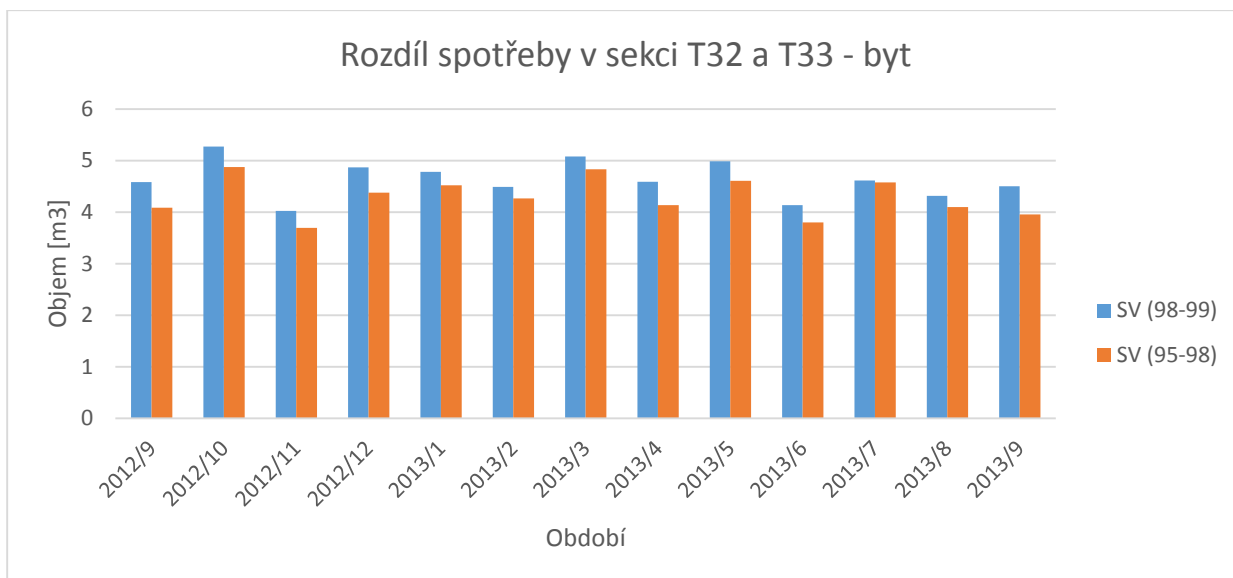


Graf 3: Spotřeba vody na přelomu roku 2012 - 2013

V níže uvedeném grafu je porovnána spotřeba studené vody sekce T32 a T33. Jasně vidíme, že vchody 1995 až 1997 převažují, ovšem musíme brát v úvahu poznatek, že se jedná o tři vchody, tedy o více bytů než je v sekci druhé. Při aproximaci počtem bytů dostaneme průměrnou spotřebu studené vody na jeden byt v dané sekci. O tom nám poskytuje obrázek další graf (obrázek číslo 9).



Graf 4: Rozdíl spotřeby v jednotlivých sekcích



Graf 5: Rozdíl v sekcích na úrovni bytu

Po aproximaci spotřeby studené vody v jednotlivých sekcích na jeden byt, můžeme vidět, že sekce T32 má prakticky v každém sledovaném období vyšší spotřebu studené vody. Tohle poměrně ustálené navýšení v každém měsíci může být zapříčiněno pár momentálně neobydlenými byty v sekci T33 nebo případně opravdu pouze rozdílnou spotřebou jednotlivých domácností.

Spotřeba SV a TUV v jednotlivých dnech

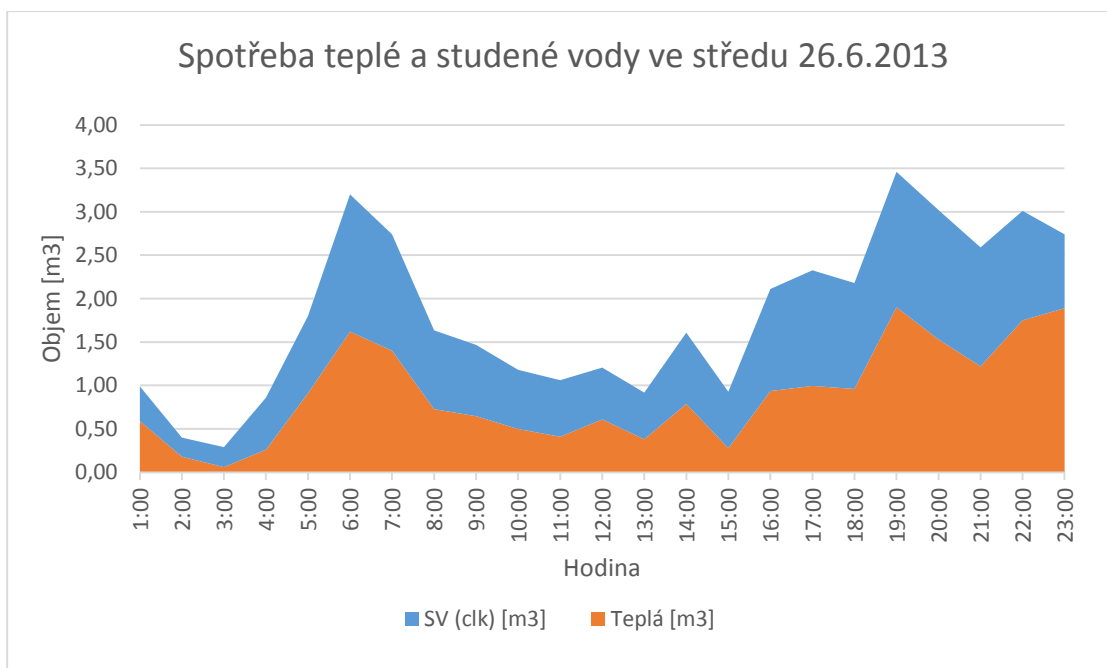
Měření bylo prováděno v průběhu zimního semestru 2013/2014. Ve snaze bylo vybrat vždy odlišný den ve smyslu spotřeby vody. S vlastními odečty spotřeby vody jsem začal poměrně pozdě, přesněji účastnil jsem se měření až 14. listopadu. Před tímto termínem se konaly dvě další měření, ze kterých mi kolegové poskytli data ohledně spotřeby vody, za což jim ještě jednou děkuji.

Vyhodnocení měření prostředku pracovní letního týdne

Měření se uskutečnilo ve středu 26. 6. 2013. Tento prostředek pracovního týdne byl poměrně pošmurný, rozhodně se nejednalo o typický letní den. Ve středu bylo v noci zataženo a čerstvý vítr, nad ránem začalo poprchávat a začal se zvedat vítr. Ráno se škaredé počasí drželo spolu poměrně silným větrem. Přes poledne se vítr utišil a také přestalo pršet. Odpoledne byly občasné přeháňky s mírným větrem, takové počasí vydrželo až do pozdních večerních hodin.

Středa 26. 6. 2013				
Hodina	Teplá [m3]	SV (98-99) [m3]	SV (95-97) [m3]	SV (clk) [m3]
1:00	0,59	0,14	0,26	0,40
2:00	0,18	0,08	0,14	0,22
3:00	0,06	0,08	0,15	0,23
4:00	0,26	0,17	0,43	0,60
5:00	0,91	0,36	0,53	0,89
6:00	1,62	0,65	0,93	1,58
7:00	1,40	0,45	0,89	1,34
8:00	0,73	0,34	0,57	0,91
9:00	0,65	0,29	0,53	0,82
10:00	0,50	0,30	0,38	0,68
11:00	0,41	0,26	0,39	0,65
12:00	0,61	0,14	0,45	0,60
13:00	0,38	0,16	0,38	0,54
14:00	0,79	0,18	0,64	0,82
15:00	0,28	0,27	0,38	0,65
16:00	0,94	0,55	0,63	1,18
17:00	0,99	0,49	0,84	1,33
18:00	0,96	0,46	0,76	1,22
19:00	1,90	0,66	0,90	1,56
20:00	1,53	0,54	0,95	1,49
21:00	1,22	0,55	0,82	1,37
22:00	1,75	0,43	0,83	1,26
23:00	1,89	0,27	0,58	0,85

Tabulka 5: Spotřeba vody 26. 6. 2013



Graf 6: Spotřeba vody 23. 6. 2013

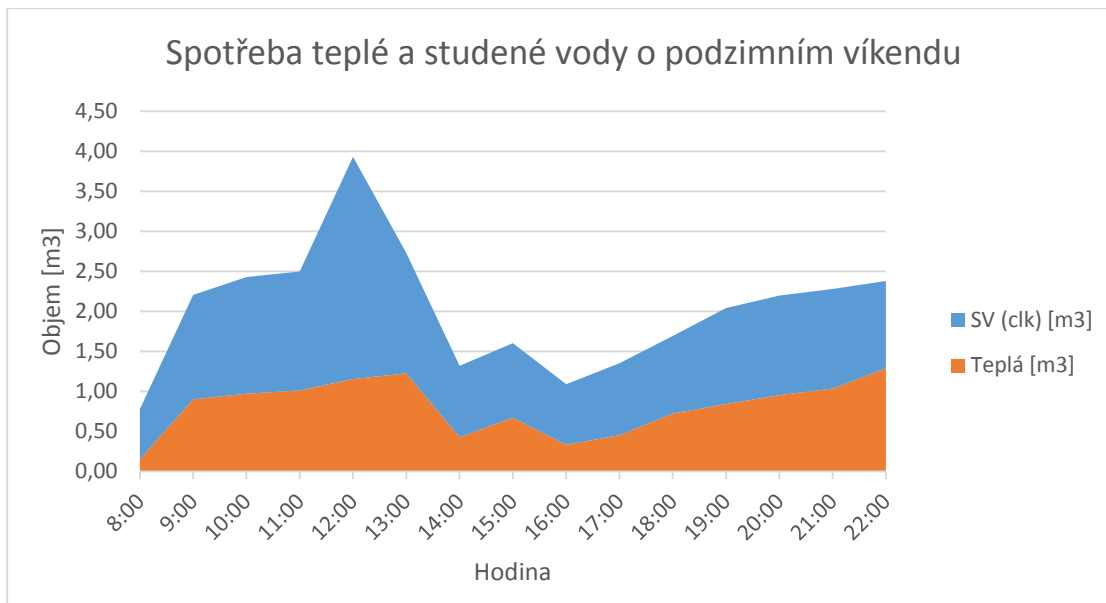
Z naměřených hodnot a následně možná i lépe z následně vyneseno grafu můžeme jasně vidět rozdíly spotřeby teplé a studené vody v průběhu celého dne. Spotřeba nám výrazně stoupla v brzkých ranních hodinách a to z pochopitelného důvodu vstávání a následného odchodu do práce. Během dne kdy většina lidí, je v práci spotřeba nebyla tak vysoká. Opět stoupla ve večerních hodinách s příchodem lidí z práce. Spotřeba teplé a studené vody byla víceméně ve stejném poměru během celého dne.

Vyhodnocení měření letního víkendu

Měření probíhalo sobotu 3. 8. 2013 a neděli 4. 8. 2013 a jednalo se o letní víkend, který se vyznačoval opravdu horkým vzduchem, dusným podnebím a celodenním sluncem, které značně ohřívalo ovzduší. Vzhledem k tomu, že jsme měřili v sobotu odpoledne a v neděli dopoledne, provedl jsem úpravu nutnou pro souvislost v tabulce a grafu, kdy jsem nedělní dopoledne předřadil sobotnímu odpoledne a získal jsem „slepence“ dvou dní.

Víkend 3. 8. 2013 a 4. 8. 2014				
Hodina	Teplá [m3]	SV (98-99) [m3]	SV (95-97) [m3]	Celkem [m3]
8:00	0,15	0,21	0,42	0,36
9:00	0,9	0,29	1,01	1,19
10:00	0,97	0,59	0,87	1,56
11:00	1,01	0,64	0,85	1,65
12:00	1,15	1,69	1,08	2,84
13:00	1,23	0,73	0,78	1,96
14:00	0,43	0,35	0,55	0,78
15:00	0,67	0,44	0,49	1,11
16:00	0,33	0,38	0,38	0,71
17:00	0,45	0,43	0,47	0,88
18:00	0,72	0,46	0,51	1,18
19:00	0,84	0,5	0,7	1,34
20:00	0,95	0,52	0,72	1,47
21:00	1,04	0,61	0,63	1,65
22:00	1,29	0,45	0,64	0,36

Tabulka 6: Spotřeba vody v letním víkendu



Graf 7: Spotřeba vody v letním víkendu

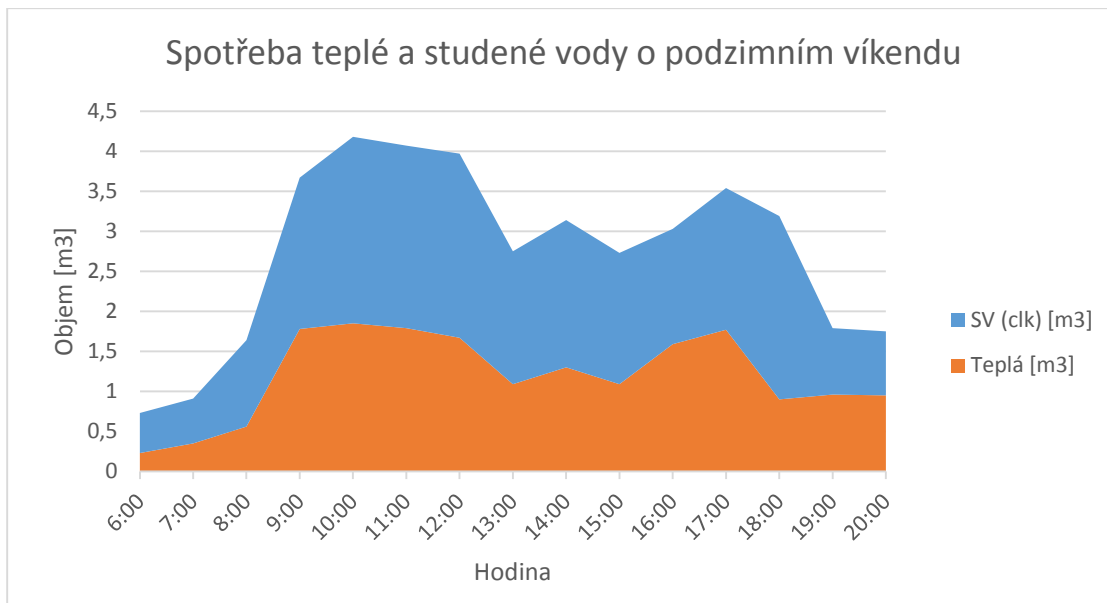
Spotřeba se vyvíjela poměrně dle předpokladu. Zvedla se v odpoledních hodinách, kdy venkovní teplota dosahovala vysokých hodnot, v pozdějších odpoledních hodinách spotřeba klesla. Večer spotřeba začala postupně stoupat, pravděpodobně z důvodu vykonávání osobních hygien.

Vyhodnocení měření podzimního pracovního dne

Ve čtvrtek 14. 11. 2013 bylo celý den pošmourno, slunce nesvítilo a ráno byly dokonce přzemní mrazíky. Jednalo se poměrně o klasický podzimní den těsně před obdobím zimy.

Čtvrtek 14. 11. 2013				
Hodina	Teplá [m3]	SV (98-99) [m3]	SV (95-97) [m3]	SV (clk) [m3]
1:00	0,24	0,17	0,17	0,35
2:00	0,21	0,11	0,12	0,24
3:00	0,44	0,19	0,14	0,33
4:00	0,44	0,19	0,14	0,33
5:00	0,44	0,19	0,14	0,33
6:00	0,36	0,19	0,29	0,47
7:00	0,72	0,68	0,99	1,67
8:00	1,33	0,55	1,07	1,61
9:00	0,86	0,52	0,67	1,19
10:00	0,74	0,37	0,58	0,95
11:00	0,66	0,44	0,42	0,85
12:00	0,63	0,36	0,47	0,83
13:00	0,63	0,36	0,47	0,83
14:00	0,56	0,32	0,46	0,78
15:00	0,59	0,26	0,60	0,86
16:00	0,89	0,35	0,59	0,94
17:00	0,81	0,53	0,53	1,05
18:00	1,10	0,57	0,77	1,33
19:00	1,45	0,71	0,78	1,50
20:00	1,79	0,68	0,98	1,66
21:00	1,49	0,42	0,77	1,20
22:00	1,53	0,65	0,80	1,45
23:00	1,72	0,53	0,74	1,27

Tabulka 7: Spotřeba vody 14. 11. 2013



Graf 8: Spotřeba vody 14. 11. 2013

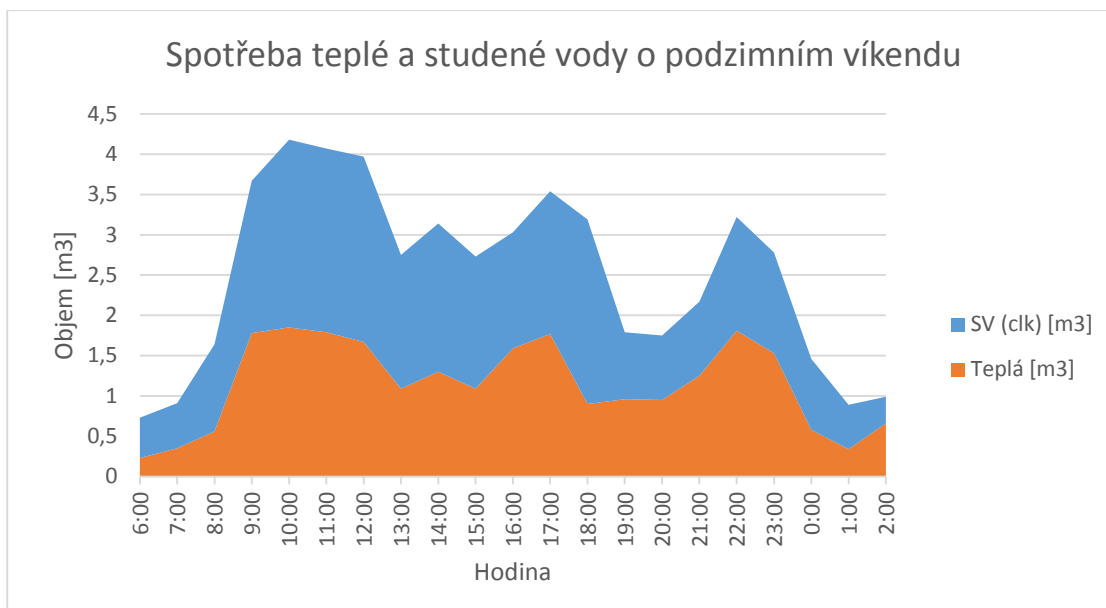
Spotřeba vody v tento podzimní pracovní den opět odpovídala předpokladům. V brzkých ranních hodinách se spotřeba začala zvyšovat z důvodu vstávání lidí, přes poledne se dostala na denní maximum, jednalo se víkend, kdy většina lidí nebyla v práci, ale doma.

Vyhodnocení měření podzimního víkendu

Měření se uskutečnilo o víkendu 30. 11. 2013 a 1. 12. 2013. Jednalo o typické dušičkové počasí, bylo pošmurno a poměrně chladno, celou dobu kolem dvou stupňů nad nulou. Vzhledem k tomu, že jsme měřili opět v sobotu odpoledne a v neděli dopoledne, tak jsem znovu utvořil „slepence“ dvou dní.

Víkend 3. 8. 2013 a 4. 8. 2014				
Hodina	Teplá [m3]	SV (98-99) [m3]	SV (95-97) [m3]	SV (clk) [m3]
6:00	0,23	0,23	0,27	0,5
7:00	0,35	0,29	0,27	0,56
8:00	0,56	0,51	0,57	1,08
9:00	1,78	0,75	1,14	1,89
10:00	1,85	1,02	1,31	2,33
11:00	1,79	0,81	1,47	2,28
12:00	1,67	0,98	1,32	2,3
13:00	1,09	0,56	1,1	1,66
14:00	1,3	0,64	1,2	1,84
15:00	1,09	0,63	1,01	1,64
16:00	1,59	0,5	0,94	1,44
17:00	1,77	0,82	0,95	1,77
18:00	0,9	1,53	0,76	2,29
19:00	0,96	0,11	0,72	0,83
20:00	0,95	0,1	0,7	0,8
21:00	1,25	0,23	0,69	0,92
22:00	1,81	0,5	0,91	1,41
23:00	1,53	0,5	0,75	1,25
0:00	0,58	0,36	0,52	0,88
1:00	0,34	0,3	0,25	0,55
2:00	0,66	0,15	0,18	0,33

Tabulka 8: Spotřeba vody o podzimním víkendu



Graf 9: Spotřeba vody o podzimním víkendu

Výpočet průměrné spotřeby šedých odpadních vod

Z naměřených hodnot je potřeba dostat průměrnou spotřebu šedých odpadních vod. Je také nutné stanovit si koeficient, který bude zastupovat přepočítání z všech odpadních vod na odpadní vody pouze šedé, tedy odpadní vody vyjma splachování WC. Daný koeficient se bude týkat pouze studené vody, teplá užitková voda spadá do množiny šedých odpadních vod celá, protože se na splachování WC nepoužívá.

Stanovení koeficientu

Z již výše zmíněné hodnoty spotřeby vody a to 112 litrů na jednu osobu na den, je potřeba určit, jakou část zastupují šedé odpadní vody, tedy vyřadit používání WC. Průměrný člověk jde na záchod 5x denně, přičemž spláchnutí vyžaduje cca 7 litrů vody. Poniží to spotřebu vody ze 112 litrů na 77 litrů, tedy o 68,8%. Z toho vyplývá, že člověk průměrně spotřebuje jednu třetinu z celkové spotřeby vody na splachování WC.

Výpočet z měsíčních hodnot

Ze spotřeby vody za jednotlivé měsíce roku 2012, je možné zjistit, že průměr spotřeby studené vody pro sekci T32 je 277,92 m³ a pro sekci T33 412,23 m³.

Sekce T33 má tedy vyšší spotřebu studené vody o 48,3%, což je samozřejmě dáno tím, že sekce má o jeden vchod více než sekce T32.

Pro spotřebu teplé užitkové vody, se musí použít přepočítání pro jednotlivou sekci, protože měřicí přístroj pro teplou užitkovou vodu je společný pro obě sekce. Průměrná spotřeba teplé užitkové vody pro obě sekce je 553 m³, při předpokladu, že navýšení spotřeby v sekci T33 bude stejné jako u studené vody, vyjde spotřeba pro sekci T32 180 m³ a pro sekci T33 373 m³ teplé užitkové vody.

Spotřeba šedých odpadních vod pro vchod T32 při výpočtu z měsíčních hodnot

Sekce T32 spotřebuje za měsíc 277,92 m³ studené vody a 180 m³ teplé užitkové vody, celkem tedy 457,92 m³ vody. Teplá voda se na WC nepoužívá, tedy do čističky poteče všechna a studená voda se musí vynásobit koeficientem pro šedou odpadní vodu, který dle předchozího výpočtu vychází 68,8%. Celkem tedy spotřeba šedé odpadní vody pro sekci T32 je 371,2 m³ za kalendářní měsíc. Po přepočtu na den spotřeba vychází 12,37 m³.

Spotřeba šedých odpadních vod pro vchod T33 při výpočtu z měsíčních hodnot

Větší sekce T33, která má tři vchody spotřebuje za měsíc 412,23 m³ studené vody a opět pomocí přepočtu dle spotřeby studené vody 373 m³ teplé užitkové vody. Po vynásobení spotřeby studené vody potřebným koeficientem a přičtení spotřeby teplé užitkové vody se celková spotřeba sekce T33 dostane na hodnotu 656,61 m³ za kalendářní měsíc, tedy 21,89 m³.

Souhrnná tabulka

Při sečtení spotřeby šedé odpadní vody obou sekcí se lze dostat na spotřebu šedé odpadní vody celého bytového domu a to **34,26 m³**. Vzhledem k tomu, že spotřeba zaznamenaná v letech 2004 – 2011 nenaznačuje růstovou tendenci, nebude potřeba soustavu nadměrně naddimenzovat.

Sekce	SV [m ³]	TUV [m ³]	Koeficient	SV - šedé [m ³]	Celkem / měsíc [m ³]	Celkem / den [m ³]
T32	277,92	180	68,8%	191,21	371,2	12,37
T33	412,23	373	68,8%	283,61	656,6	21,89

Tabulka 9: Tabulka spotřeby šedých odpadních vod

Možnost čištění šedých odpadních vod

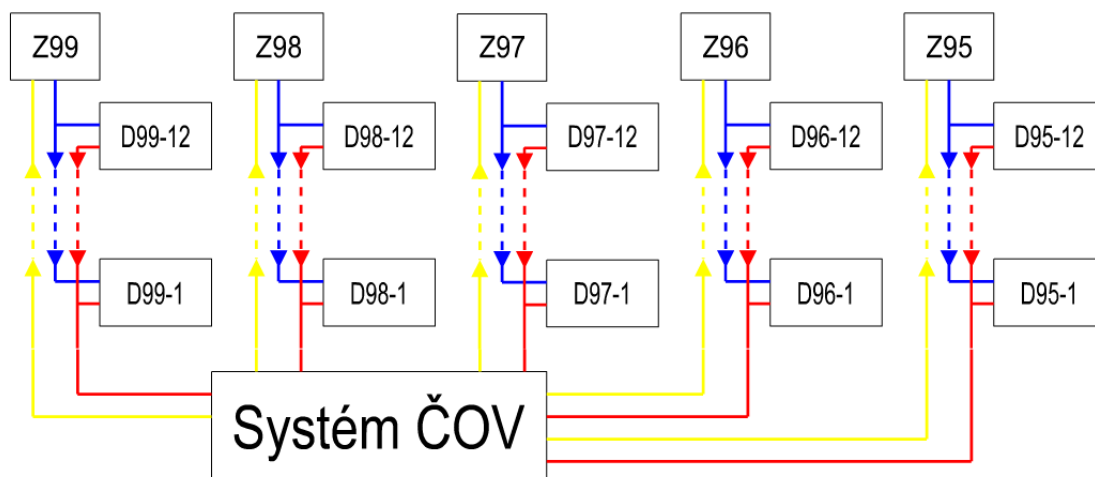
Z předchozí kapitoly je zjištěné, že všechny bytové jednotky spotřebují 34,26 m³ šedých odpadních vod. Tato varianta uvažuje možné vyčištění celého množství šedých odpadních vod. Vzhledem k tomu, že bytový dům spotřebuje pouze 7,17 m³ studené vody na splachování WC za den, znamenalo by to, že kdyby se vyčištěná voda využívala pouze na splachování WC, zbývalo by 80% vyčištěné vody v zásobnících. V případě vybudování čistícího systému s tak velkou kapacitou by bylo dále potřeba nalézt patřičné využití pro takové množství vyčištěné vody. Níže navržená varianta uvažuje s vybudováním systému čističky odpadních vod, který dokáže pokrýt splachování WC včetně možných denních výkyvů. Jako vstupní data pro denní výkyvy slouží denní diagramy z předchozích kapitol.

Pro realizaci vybudování vlastní čističky odpadních vod je možné nalézt pár možných míst pro vybudování celého systému. Jako místo pro umístění vlastní čističky odpadních vod je ovšem možné jenom jedno místo v celém bytovém domě a to místo kde je vchod z kolektoru. Do této vybudované čističky odpadních vod by stékala šedá odpadní voda přes svod vybudovaný ve stupačkách, na které se napojují jednotlivé domácnosti. Jako jedna z variant možného místa pro zásobníky vyčištěné vody se nabízí již zmíněné bývalé strojovny výtahů, ty se nachází nad výtahovou šachtou každého vchodu. Na dané řešení bude za potřebí výkonné čerpadlo k dopravě vyčištěné vody z čističky do zásobníku vody, ovšem následující čerpání vyčištěné vody by nevyžadovalo žádné další pomocné čerpadlo a dalo by se využívat pouze za pomoci gravitace. Napojení zásobníku vody na jednotlivé domácnosti je možné opět přes stupačky každého vchodu.

Technologické schéma

Níže na obrázku číslo 7 je znázorněné technologické schéma dané varianty. Z jednotlivých domácností je kanalizačním potrubím (červená) dopravena šedá odpadní voda do systému čističky odpadních vod. Doprava vyčištěné vody z čističky do jednotlivých zásobníků je znázorněna žlutou barvou a následně

modrou barvou je znázorněna doprava ze zásobníků zpět do jednotlivých domácností.



Obrázek 7: Technologické schéma projektu ČOV

Investiční náklady varianty

Investiční náklady neboli také kapitálové náklady jsou náklady na pořízení nového nebo případně obnovu starého zařízení nebo vybavení. V našem případě se jedná o náklady vynaložené při výstavbě vlastní čističky odpadní vod. Investiční náklady se odepisují, v našem případě se budou odepisovat 30 let, což je předpokládaná životnost čističky odpadních vod a zásobníku na vodu.

Stanovit předpokládanou cenu samotné čističky odpadních vod není zcela jednoduché. Vzhledem k tomu, že čistička odpadních vod, která vyčistí námi potřebné množství šedých odpadních vod, není typického rázu, rozhodl jsem se zprůměrovat ceny typových čističek odpadních vod a pomocí aproximace dostal potenciální maximální náklad na pořízení potřebné čističky odpadních vod. Aproximaci jsem se rozhodl udělat na dvou největších čističkách odpadních vod od firmy Ekocis.

Název	Typ	Přítok	Příkon	Cena
Ekocis	EK-S35	3,8 m ³	4,4 kW	163 125 Kč
Ekocis	EK-S50	5,3 m ³	5,3 kW	218 405 Kč
		7,17 m ³	6,3 kW	282 550 Kč

Tabulka 10: Jednotlivé čističky odpadních vod

Zásobníky na vodu musí uchovat množství potřebné na celý den s patřičnou rezervou, tedy celkově 7,17 m³ pro všechny vchody, kterých je pět. Zvolení nádrže s kapacitou 4 m³ pro každý vchod, by mělo být tedy plně dostačující.

Potřebné čerpadlo pro dopravu vyčištěné vody z čističky odpadních vod musí mít dostatečně velký maximální výtlač, aby dopravilo vodu až do zmíněných zásobníků. Pro naše účely by mohlo posloužit čerpadlo od firmy ELECTRA s výtlačem 45 metrů a příkonem 1000 W.

Nejvyšší investici zastoupí napojení všech domácností na čističku odpadních vod, doprava vyčištěné vody do zásobníků a následné opětovné napojení zásobníků na jednotlivé domácnosti. Jedná se o velmi rozsáhlou stavební úpravu. Pro svod šedé odpadní vody k čističce může být použito vnitřní kanalizační potrubí s cenou 417 Kč za 2 metry. Odhadovaná celková délka potřebného kanalizačního potrubí vzhledem k počtu vchodů a jejich jednotlivé vzdálenosti je 320 m. Vodovodní potrubí na dopravu vyčištěné vody do zásobníků zastoupí potrubí PE 100 v metráži s cenou 26 Kč za metr. To samé potrubí může být použito na napojení domácností na zásobník vody, o což se nám navýší jeho délka vůči potřebnému kanalizačnímu potrubí potřebnému na svod vody celkem tedy na odhadovaných 500 m.

Jako další je potřeba započíst materiál při napojování jednotlivých domácností, kde bude potřeba napojení WC na přívod vyčištěné vody od zásobníku, ale také samozřejmě svod šedé odpadní vody do čističky.

Nemalou součástí nákladů je práce. U většiny stavebních prací ve vodárenství a strojírenství používají pro odhad práce jednotný koeficient [materiál] * 0,7.

Souhrn všech investičních nákladů je sepsán v následující tabulce.

Položka	Počet	Jednotková cena [Kč]	Celkem [Kč]
ČOV	1	282 550 Kč	282 550 Kč
Kanalizační potrubí	160	417 Kč	66 720 Kč
Vodovodní potrubí	500	26 Kč	13 000 Kč
Napojení domácnosti	156	2 300 Kč	358 800 Kč
Čerpadlo	1	10 290 Kč	10 290 Kč
Zásobník na vodu	5	20 682 Kč	103 410 Kč
Práce	1	584 339 Kč	584 339 Kč
Celkem	-	-	1 419 109 Kč

Tabulka 11: Investiční náklady

Provozní náklady varianty

Do provozních nákladů se řadí všechny náklady, které jsou vynaloženy při provozování daného zařízení. Jedná se tedy o potřebné pravidelné revize čističky, ale také o spotřebu elektrické energie. Vzhledem k povaze stavby, čističky odpadních vod, jsou provozní náklady minimální. Čistička přisypávání jakýchkoliv příměsí nevyžaduje, spotřeba elektrické energie je pouze od dmyhadla v čističce a od čerpadla, které zajišťuje dopravu vyčištěné vody do nádrží umístěných v bývalých strojovnách nad výtahovými šachtami. Doporučována je pouze vizuální kontrola minimálně jednou za měsíc, která nevyžaduje vysoký stupeň odbornosti a je detailně popsána v příručce k čističce odpadních vod. V našem případě tedy elektrickou energii spotřebuje pouze dmyhadlo v čističce s příkonem odhadnutým na 6,3 kW, které poběží pořád a dále čerpadlo na dopravu vyčištěné vody do zásobníků, které poběží pouze ve stanovených intervalech.

Ekonomické ukazatele pro hodnocení investice

Pro vyhodnocení výhodnosti investice jako vybudování vlastní čističky odpadních vod lze použít několik kritérií. Dané ukazatele nám napoví, zda je investice výhodná nebo nikoliv nebo za jak dlouho se nám investice vrátí.

Výnosnost investice

Výnosnost investice neboli Return of Investment (ROI) porovnává účetní zisk vůči velikosti investice a udává se v procentech. Jedná se o jednoduché kritérium a je velmi oblíbené, ovšem jeho nevýhodou je, že zanedbává časovou hodnotu peněz. Níže uvedený vzorec počítá s průměrným ročním peněžním tokem a také s hodnotou počáteční investice. Kteriální podmínkou pro výnosnost investice je samozřejmě maximalizace hodnoty.

$$ROI = \frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{\text{Počáteční investice}}$$

Návratnost investice

Název ekonomického ukazatele návratnost investice stejně jako výnosnost investice naznačuje vše potřebné. Návratnost investice nám určuje lhůtu, dobu za jak dlouho období se splatí počáteční investice pouze pomocí čistého zisku, který souvisí s danou investicí. Uvedené kritérium je velice oblíbené vzhledem k jeho výpočetní jednoduchosti. Ovšem zanedbává jednu nemálo podstatnou věc a to, co se stane v době kdy již je investice plně splacená. Z toho vyplývá, že kritérium návratnost investice je důvěryhodně použitelné pouze pro poměrně jednoduché investice. Jako kteriální podmínkou pro tento ukazatel je co nejkratší možná doba.

$$\sum_{t=0}^T CF_t \geq 0$$

Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota neboli Net Present Value, zkráceně NPV vyjadřuje současnou celkovou hodnotu všech peněžních toků, souvisejících s daným projektem. Výslednou hodnotou NPV je celé číslo, kladné nebo záporné. Pokud číslo vyjde kladné, je doporučeno projekt uskutečnit a naopak, pokud vyjde NPV záporně je silně nedoporučeno projekt přijmout, protože projekt rozhodně nebude přínosem. Jednoduše by se dalo říct, že NPV nám říká, kolik peněz nám projekt za dobu jeho existence přinese nebo o kolik nás připraví. Výhodou čisté současné hodnoty je její uvažování při výpočtu s příspěvkem hodnoty firmy, ale její nevýhodou je složitější výpočet.

U výpočtu NPV je důležité správně stanovit někde odhadnout jeho parametry. Jeho nejdůležitější parametr jsou pravděpodobně budoucí finanční toky, které je možné vypočítat z rozdílu výdajů a příjmů. Náklady na údržbu, spotřebu energií nebo případně obsluhu je potřeba zahrnout do výnosů a do příjmů je potřeba správně odhadnout hodnotu podle plnění plánů nebo podle zkušeností.

Jako další klíčový parametr pro NPV je životnost projektu. Životnost projektu je velice pravděpodobně faktor, který čistou současnou hodnotu ovlivňuje nejvíce. Stačí pár let přidat nebo odebrat a rázem se z velice prodělečného projektu stane projekt výdělečný. Doba, po kterou je zařízení odepisována se většinou neuvažuje jako doba životnosti projektu, ta bývá z pravidla delší.

Poslední parametr, který se objevuje ve výpočtu NPV, je diskontní míra. Diskont reprezentuje úrokovou sazbu. Můžeme tedy hovořit, že se částečně jedná o ušlou příležitost. Když člověk vloží peníze do banky, budou se mu tak určitým úrokem úročit. Diskont by měl být rozhodně vyšší než úrok na spořicí účtu v bance, protože je spjat s určitým druhem rizika realizace celého projektu. Jednoduše se tedy dá říct, že diskont lze získat jako bezrizikovou úrokovou sazbu plus určitou prémii za podstoupené riziko. Jako kriteriální podmínka je již z předchozím informací jasné, snaha o co nejvyšší hodnotu.

$$NPV = \frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{(1+r)^t}$$

Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento, anglicky Internal Rate of Return, zkráceně IRR někdy nazývané jako ekonomické výnosové procento určuje, kolik procent na daném projektu vyděláme, samozřejmě je uvažováno s časovou hodnotou peněz. Jednoduše můžeme říct, že IRR je takovým diskontem, který když dosadíme do vzorce pro čistou současnou hodnotu, dostaneme výsledek nula. U vnitřního výnosového procenta je stejně jako u NPV důležité odhadnout budoucí finanční toky, životnost projektu, ovšem která se bere až od prvního roku, tedy neuvažuje se s nultým rokem (se samotnou investicí). Kriteriaální podmínka pro IRR je opět co nejvyšší hodnota.

$$\frac{\sum_{t=1}^T CF_t}{(1 + IRR)^t} - Investice = 0$$

NPV pro projekt ČOV

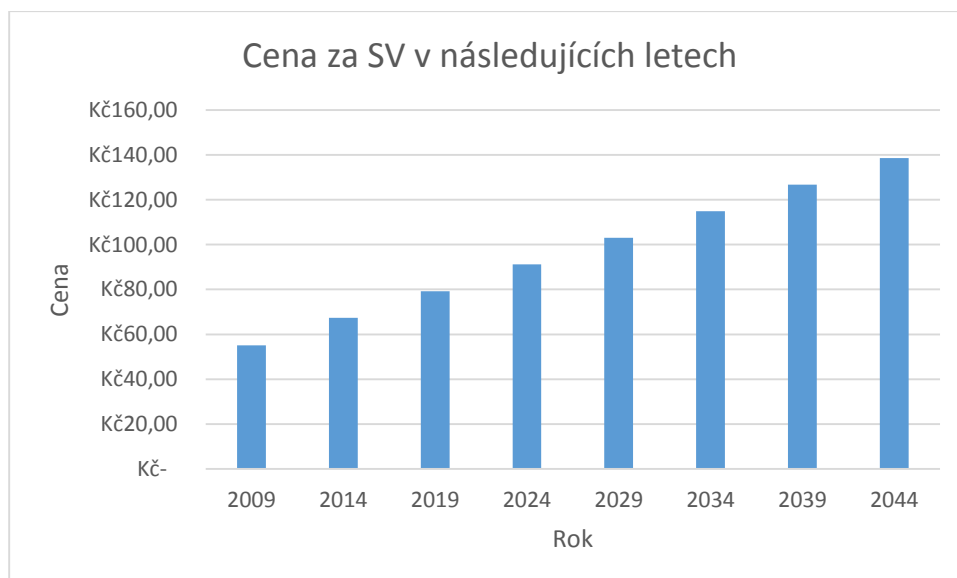
Jako hlavní rozhodovací kritérium výhodnosti projektu jsem zvolil ekonomický ukazatel NPV, čistou současnou hodnotu. Daný ukazatel nám ukáže, jak se bude vyvíjet investice do projektu v čase, včetně bodu, kdy se investice plně zaplatí. Vzhledem k tomu, že úspora potencionálně vznikne jenom na spotřebě studené vody, počítám tedy NPV pouze u studené vody spotřebované na splachování WC.

Jak již bylo výše zmíněno, největším problémem u výpočtu NPV bývá stanovit přesný finanční tok v budoucnosti. Jako výdaje jsem označil celé investiční a provozní výdaje na vybudování vlastní čističky odpadních vod.

U stanovení příjmů to není tak jednoduché. Obě sekce, tedy T32 i T33, spotřebují v průměru za měsíc celkem 690,15 m³ studené vody. Z toho jsem určil koeficient, že 68,8% jsou šedé odpadní vody, tedy zbylých 31,2% jsou použity na splachování WC. A právě tahle část studené vody bude ušetřena, protože WC se bude splachovat z vyčištěné vody z čističky.

Do výpočtu NPV zapadají dvě veličiny, které se budou značně měnit, velice pravděpodobně zvyšovat v následujících letech, cena za studenou vodu a cena za elektrickou energii. Dle vývoje ceny za studenou vodu v letech 2004 – 2011 jsem stanovil předpokládaný vývoj ceny za studenou vodu v následujících letech

a použil pro výpočet NPV. Stoupající cena se dá očekávat i dle teoretických předpokladů, protože konkurence v dodávkách vody velice pravděpodobně nevznikne. Vodárny se tedy chovají jako lokální monopoly.



Graf 10: Předpoklad růstu ceny za SV

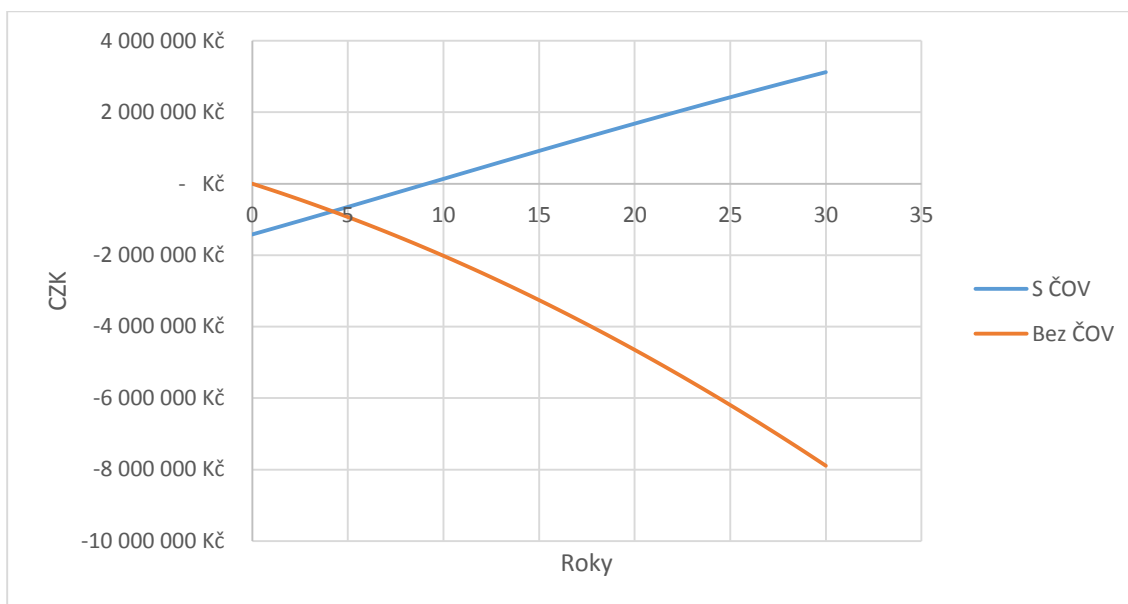
Vzhledem k tomu, že se v následujících letech nepředpokládá podobný růst ceny elektřiny jako u ceny vody, tak jsem se rozhodl pro výpočet použít aktuální sazbu ceny elektřiny od PRE po celou dobu, kterou bytový dům využívá v aktuálním období. ČOV i čerpadlo budou připojené na elektrickou síť dole v kotelně, kde je využívána sazba d25d.

Diskont jsem zvolil tříprocentní. Bytové družstvo využívalo úvěr na vybudování vlastní plynové kotelny, kde jim byl bankou nabídnut právě tříprocentní úrok. Je velice pravděpodobné, že úrok by byl velmi podobného charakteru. Pravděpodobnost, že by bytové družstvo investovalo peníze jinač je malá, tedy není potřeba diskont nadsazovat kvůli ušlému zisku.

Po dosazení hodnot vyjdou hodnoty níže v tabulce a v grafu. Pro názornost jsem spočítal NPV pro současný stav bez čističky odpadních vod se stejným diskontem.

	Vybudování ČOV	Bez ČOV
Diskont	3%	3%
Životnost	30 let	30 let
Investice	1 419 109 Kč	- Kč
NPV	3 121 634 Kč	- 7 891 975 Kč

Tabulka 12: NPV



Graf 11: NPV

Z grafu je hned na první pohled velice patrné, že investice do vlastní čističky odpadních vod je velice výhodná a ušetření pouze na studené vodě spotřebované na splachování WC je enormní.

IRR pro projekt ČOV

Jako další ekonomický ukazatel jsem se rozhodl použít vnitřní výnosové procento. Vnitřní výnosové procento je ziskatelné z výpočtu NPV, kdy vzorec položíme rovno nule, výsledný diskont bude vnitřním výnosovým procentem.

Vybudování ČOV	
Diskont	3%
Životnost	30 let
Investice	1 419 109 Kč
NPV	3 121 634 Kč
IRR	13,59%

Tabulka 13: IRR

Kriteriální podmínka pro vnitřní výnosové procento říká, že musí mít kladnou, nejlépe co nejvyšší hodnotu. V našem případě vychází 13,59%, což jednoznačně napovídá pro realizaci projektu.

Zhodnocení práce

Ze začátku práce bylo podstatné se seznámit s bytovým domem, na kterém v této práci proběhlo zjištění ekonomické výhodnosti vybudování a provozu vlastní čističky odpadních vod a následné srovnání s provozem bez vybudování čističky odpadních vod.

Prvním bodem zadání této bakalářské práce byl popis dosavadního stavu. V tomto bodě je popsána poloha a historie domu včetně složení bytů a celkové dispoziční řešení. Vzhledem k velké rekonstrukci celého objektu, která byla dokončena v roce 2012, jsou zde popsány také zdroje energie v domě a také bývalé strojovny výtahů, kde díky novým moderním výtahům vzniklo místo pro zásobníky vody.

Další část práce se věnuje průměrným spotřebám vody v jednotlivých domácnostech, jejich případným ztrátám a také kolísání potřeby vody. Vzhledem k využití metody gravitačního přivaděče na dopravu vyčištěné vody ze zásobníků do jednotlivých domácností se část práce také věnuje typům přívodů vody, jejich výhodám a nevýhodám.

Důvody pro vybudování vlastní čističky odpadních vod nemusí být pouze ekologické, ale jak již bylo zmíněno, v dnešní době bývají převážně ekonomické. I tento fakt může tlačit na technický pokrok v dané oblasti a díky němu vznikají nové metody čištění jako například membránová filtrace, která dosahuje velmi dobré kvality čištění a samotný systém čističky odpadních vod nevyžaduje téměř žádnou údržbu.

Velká část práce se zabývá zpracováním naměřených a získaných hodnot spotřeby studené vody a teplé užitkové vody v bytovém domě. Podklady poskytnuté z posledních let jsou zaznamenány do tabulek a grafů a jejich průměry použity pro kalibraci velikosti systému čističky odpadních vod. Do kalkulace jsou zahrnuty také maxima z naměřených denních hodnot vybraných dnů z průběhu celého kalendářního roku. Podstatný údaj je spotřeba šedých odpadních vod celého bytového domu. Ovšem vzhledem k tomu, že vyčištěná voda vybudovaným systémem by byla používána pouze na splachování WC, není možné tedy využít celý potenciál a je nutné tedy čistit

jenom takovou část, jakou lze spotřebovat. Pro využití celého potenciálu, tedy využití celého objemu šedých odpadních vod spotřebovaných celým bytovým domem, by bylo nezbytné najít další praktické využití, než je jen splachování WC. Z daného faktu se tedy odvíjí také investiční a provozní náklady varianty, která počítá s čištěním vody pouze pro pokrytí spotřeby splachování WC.

Posledním úkolem bakalářské práce je vyhodnocení z hlediska projektu, tedy zjištění efektivnosti vybudování takového systému vlastní čističky odpadních vod. Vyhodnocení z ekonomického hlediska ukazuje výhodnost vybudování vlastní čističky odpadních vod z hlediska následujících 30 let, dobu, která by měla zastupovat minimální životnost systému čističky odpadních vod. Pro takové vyhodnocení jsem se rozhodl použít dva hlavní ekonomické ukazatele a to čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento. V případě použití NPV jsem určil celé investiční a provozní výdaje na vybudování vlastní čističky odpadních vod jako výdaje. Jako příjmy jsem určil tu část studené vody, která je spotřebována na splachování WC a vzhledem k tomu, že se WC bude splachovat z čističky odpadních vod, bude tedy tahle část studené vody ušetřena. Po výpočtu vychází NPV pro projekt ČOV 3 121 634 Kč. Pro porovnání NPV pro provoz bez ČOV, kde spotřeba vody na splachování WC zastupuje výdaje vychází - 7 891 975 Kč. Výsledné hodnoty tedy ukazují, že by investice do vlastní čističky odpadních vod, byla správná. Stejně jako u druhé metody, vnitřního výnosového procenta, které vyšlo 13,59 %.

V obou ekonomických ukazatelích pro hodnocení investice se projekt pro vybudování vlastní čističky odpadních vod jeví za daných okolností jako velmi výhodná varianta.

Použitá literatura a zdroje

- [1] KOHOUT, Pavel. *Peníze, výnosy a rizika: příručka investiční strategie*. Vyd. 1. Praha: Ekopress, 1998, 190 s. ISBN 80-861-1906-8.
- [2] SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 95 s. Profi. ISBN 978-80-247-4504-6.
- [3] HAVLÍK, Antonín. Vliv počasí a životního rytmu obyvatel na spotřebu energie. Praha, 2010. Diplomová práce. ČVUT v Praze.
- [4] Rozhodovací metody pro výběr investic [online]. Praha, 2011. Dostupné z:
https://ekonom.feld.cvut.cz/web/images/stories/predmety/A7B16UFI/ufi09_rozhodovaci_metody_pro_investice.ppt. Přednáška z předmětu A7B16UFI. ČVUT v Praze. Autor práce Prof. Ing. Oldřich Starý, CSc.
- [5] KURKA, Josef. *Provoz a údržba vodovodních zařízení*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1973, 489 s.
- [6] Hodnocení investic: Čistá současná hodnota (NPV) stručně a jasně. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne>
- [7] Hodnocení investic: Vnitřní výnosové procento (IRR). [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-vnitri-vynosove-procento-irr>
- [8] Domovní čistírna odpadních vod. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://cistirny-cov.ekocis.cz/domovni-cistirna-odpadnich-vod-35-50-osob-ek-s50>
- [9] Ceník elektřiny: Pražská energetika a.s. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://www.sfinance.cz/energie/elektrina/cenik/prazska-energetika-a-s/133/komfort/295/>
- [10] Domácí automat ELECTRA 85/4. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://www.mountfield.cz/domaci-automat--electra-85/4-1voc1099>
- [11] Plastová nádrž - samonosná. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://cistirny-cov.ekocis.cz/plastova-nadrz-n5-ek-samonosna>

- [12] Vodovodní potrubí. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z:
<http://www.pkvplus.cz/p/vodovodni-potrubi-pe-100-32x3-0-sdr11-kotouc>
- [13] Kanalizační potrubí. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z:
<http://www.pkvplus.cz/p/htem-potrubi-dn-100-dl-2-m>

Přílohy

Seznam tabulek

Tabulka 1: Spotřeba vody v průměrné domácnosti	14
Tabulka 2: Roční spotřeba teplé užitkové vody	18
Tabulka 3: Roční spotřeba studené vody	18
Tabulka 4: Měsíční spotřeba vody	20
Tabulka 5: Spotřeba vody 26. 6. 2013	23
Tabulka 6: Spotřeba vody v letním víkendu	24
Tabulka 7: Spotřeba vody 14. 11. 2013	26
Tabulka 8: Spotřeba vody o podzimním víkendu	28
Tabulka 9: Tabulka spotřeby šedých odpadních vod	30
Tabulka 10: Jednotlivé čističky odpadních vod	32
Tabulka 11: Investiční náklady	33
Tabulka 12: NPV	39
Tabulka 13: IRR	39

Seznam grafů

Graf 1: Roční spotřeba SV a TUV	19
Graf 2: Vývoj ceny vodného a stočného	20
Graf 3: Spotřeba vody na přelomu roku 2012 - 2013	21
Graf 4: Rozdíl spotřeby v jednotlivých sekcích	21
Graf 5: Rozdíl v sekcích na úrovni bytu	22
Graf 6: Spotřeba vody 23. 6. 2013	23
Graf 7: Spotřeba vody v letním víkendu	25
Graf 8: Spotřeba vody 14. 11. 2013	27
Graf 9: Spotřeba vody o podzimním víkendu	29
Graf 10: Předpoklad růstu ceny za SV	38
Graf 11: NPV	39

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa z katastru.....	9
Obrázek 2: Pohled na celý bytový dům	11
Obrázek 3: Přívod vody do obytného domu.....	12
Obrázek 4: Přívod vody do sekce T33, SV - fotografie	12
Obrázek 5: Bývalá strojovna výtahu - uvnitř	13
Obrázek 6: Bývala strojovna výtahu - vně	13
Obrázek 7: Technologické schéma projektu ČOV	32

Obsah příloženého CD

Příložené CD obsahuje použité pořízené fotografie, doplňující obrázky, dokumenty o spotřebě vody v posledních letech a použité pomocné soubory Microsoft Excel s jednotlivými výpočty. CD též obsahuje kopii zadání bakalářské práce a dvě verze samotné bakalářské práce, jedna ve formátu Microsoft Word 2013 a druhá ve formátu PDF.