

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA PŘÍRODOVĚDECKÁ

KATEDRA FYZIKÁLNÍ CHEMIE

**POROVNÁNÍ FINANČNÍ NÁROČNOSTI PŘÍPRAVY
DESTILOVANÉ VODY V LABORATOŘI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce:

Jaroslav Hurta

Studijní obor:

Management v chemii

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Tat'jana Nevěčná, CSc.

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou v seznamu použité literatury.

Souhlasím s tím, že práce je prezenčně zpřístupněna v knihovně Katedry fyzikální chemie, Přírodovědecké Fakulty, Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 10.5.2011

.....

Jaroslav Hurta

Děkuji doc. RNDr. Taťjaně Nevěčné, CSc. za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Při zpracování ekonomické části děkuji za konzultace Ing. Janě Bellové, Ph.D.

BIBLIOGRAFICKÉ ÚDAJE

Jméno a příjmení autora:	Jaroslav Hurta
Název práce:	Porovnání finanční náročnosti přípravy destilované vody v laboratoři
Typ práce:	Bakalářská
Pracoviště:	Katedra fyzikální chemie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Taťjana Nevěčná, CSc.
Konzultant práce:	Ing. Jana Bellová, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2011
Abstrakt:	Práce pojednává o možnostech přípravy destilované vody potřebné pro provoz chemické laboratoře. Nejprve byly popsány metody příprav destilované vody a jejich výhody a nevýhody. Dále byly vymezeny požadavky na kvalitu a množství destilované vody nutné pro provoz chemické laboratoře. Dále bylo u každé metody přípravy vybráno vhodné zařízení podle pořizovacích nákladů a nákladů na provoz. Kalkulačními vzorci byla vypočítána cena za 1 litr destilované vody produkované jednotlivými zařízeními. Tato cena potvrdila velkou náročnost destilačních přístrojů a ukázala ekonomickou výhodu a praktičnost přístrojů pracujících na principu reverzní osmózy.
Klíčová slova:	Způsoby přípravy destilované vody, destilovaná voda, demineralizovaná voda, deionizace, demineralizace, reverzní osmóza, kalkulace
Počet stran:	55
Přílohy:	7
Jazyk:	Český

BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

Author's first name and surname: Jaroslav Hurta

Title: Comparison of cost-demand of distilled water's preparation in laboratory

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of physical chemistry

Supervisor: doc. RNDr. Tat'jana Nevěčná, CSc.

Consultant: Ing. Jana Bellová, Ph.D.

The year of presentation: 2011

Abstract: The thesis discusses the possibilities of preparation of distilled water needed for the operation of chemical laboratories. Initially were described the methods of preparation of distilled water and their advantages and disadvantages. Furthermore were defined requirements on the quality and quantity of distilled water needed for the operation of chemical laboratories. Equally, for each method of preparation was selected equipment according to the purchase price and operation costs. By calculation formula was calculated price for 1 liter of distilled water produced by each device. This price acknowledged the high intensity of distilling apparatus, and showed the economic advantages and practicability of device operating on the principle of reverse osmosis.

Keywords: Methods of distilled water's preparation, distilled water, demineralized water, deionization, demineralization, reverse osmosis, calculation

Number of papers: 55

Number of appendices: 7

Language: czech

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. TEORETICKÁ ČÁST	10
2.2. Způsoby přípravy destilované vody.....	11
2.2.1. Destilace.....	11
2.2.2. Deionizace.....	11
2.2.3. Demineralizace.....	19
2.2.4. Reversní osmóza	19
2.2.5. Separáčnı́ účinnost semipermeabilnı́ch membrán	21
2.2.6. Provoznı́ zařizenı́ a předúprava	22
2.2.7. Výhody a nevýhody reverznı́ osmotickı́ho procesu.....	23
2.3. Kalkulace a jejich funkce.....	26
2.3.1. Pojem kalkulace a kalkulačnı́ vzorec.....	26
2.3.2. Druhy kalkulací	29
2.3.3. Rozbor kalkulací a jeho význam pro řizenı́ podniku	30
2.3.4. Metody kalkulace.....	32
3. EXPERIMENTÁLNı́ ČÁST	34
3.1. Vymezenı́ položek kalkulačnı́ho vzorce.....	34
3.2. Požadavky chemickı́ laboratoře na kvalitu vody	36
3.3. Porovnání výhod a nevýhod metod.....	37
3.4. Vybranı́ výrobci – dodavatelé	38
3.5. Vybrané typy přístrojů na úpravu vody	39
3.5.1. AQUAL® 29 XL	39
3.5.1.1. Určeni vı́robku	39
3.5.1.2. Základnı́ technickı́ údaje:.....	40
3.5.1.3. Popis technologie AQUAL® :.....	41
3.5.1.4. Provoz a údržba:	42
3.5.1.5. Garance:.....	43
3.5.1.6. Struktura kalkulace	43

3.5.2. Zařízení na přípravu ultračisté vody DEMIWA 10 roi	44
3.5.2.1. Struktura kalkulace	45
3.5.3. Destilační přístroj IDPE 10.....	46
3.5.3.1. Struktura kalkulace	48
4. VÝSLEDKY A DISKUSE	49
5. ZÁVĚR	51
6. SUMMARY	52
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
8. SEZNAM PŘÍLOH:	55

1. ÚVOD

Destilovaná voda je nedílnou součástí chemické laboratoře. Slouží jak pro technické účely, jako je různé promývání, nebo pouhé čištění laboratorního náčiní, tak pro mnohem důležitější chemické operace. Destilovaná voda je velmi důležitým rozpouštědlem. Vzhledem k tomu, že obyčejná tekoucí voda obsahuje značné množství solí, je pro jakékoli pokusy v chemické laboratoři nepoužitelná. Používáme ji pouze tehdy, když nepřichází do styku s ostatními reagenty, např. pro chlazení.

Základním způsobem úpravy vody je destilace. Každá chemická laboratoř bývá vybavena vlastní destilační aparaturou. Destilovaná voda postačí pro většinu chemických operací, ale pro některé speciální účely nemusí být její čistota dostatečná. Obsahuje především některé kationty, které se do ní dostávají ze součástí destilační aparatury, skla a elektrod. Její kvalitu lze zvýšit opakovanou destilací, tzv. redestilací, která se provádí ve speciální aparatuře z křemenného skla neuvolňující kationty.

Pro speciální účely, např. v laboratoři molekulární biologie, kde vadí i sebemenší kontaminace vody, se používá voda deionizovaná, která se ještě následně sterilizuje v autoklávu. Příprava deionizované vody je založena na kombinaci několika separačních metod vedoucích k odstranění jednotlivých skupin kontaminantů. Soustava je většinou složená z dílčích separátorů odstraňujících hrubší nečistoty (filtry), ionty (iontoměniče), nepolární látky (absorbent) a jako poslední bývá zapojen membránový filtr. Některé aparatury pracují i na principu reversní osmózy. Jednotlivé filtry je však nutno po několika měsících provozu vyměňovat a příprava deionizované vody není proto levnou záležitostí.

Hlavním kritériem čistoty vody je její specifická vodivost. U běžné destilované vody se pohybuje okolo hodnoty $10 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Deionizovaná voda pak mívá tuto hodnotu ještě o řád nižší. Připravenou destilovanou či deionizovanou vodu skladujeme převážně v plastových nádobách. Skleněné nádoby nejsou pro dlouhodobější uskladnění vhodné, jelikož se do vody zpětně uvolňují některé kationty. A pokud to podmínky dovolují, skladujeme vodu v chladu a ve tmě, čímž zabráníme možné kontaminaci autotrofními mikroorganismy. (1) Cílem této práce je nalezení optimálního způsobu přípravy destilované vody v laboratoři. Optimální způsob byl vybrán podle několika parametrů u vybraných přístrojů firem na českém trhu.

Základem bylo zvolení vhodného produktu tak, aby odpovídal produkci destilované vody, která je potřebná pro chemickou laboratoř, dalším kritériem porovnání je čistota produkované vody (konduktivita), účinnost přístroje - porovnání skutečně produkované destilované vody a celkového průtoku napájecí vody, dále jsou uvedeny hodnoty spotřeby energie, je-li u přístroje vyžadována. Dalším kritériem porovnání byla samozřejmě cena produktů na trhu. V závěrečné části jsou vypracovány kalkulační vzorce a produkty jsou podle nich seřazeny dle jejich výhod a nevýhod.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Charakteristika destilované vody

Destilovanou vodu popisuje česká norma ČSN 68 4063. Tato norma platí pro vodu destilovanou v destilačních aparaturách a určenou pro laboratorní použití. Voda destilovaná se připravuje destilací vodovodní vody.

Chemický vzorec: H₂O

Relativní molekulová hmotnost: 18,015

Destilovaná voda je čirá, bezbarvá kapalina, bez chuti a zápachu, jejíž teplota varu při tlaku 101,325 kPa je 100 °C a hustota při 4 °C je 1,000 g. cm⁻³. Destilovaná voda se používá převážně v chemických laboratořích pro analytické účely. Destilovaná voda nesnáší dlouhodobé skladování vzhledem ke snadnému znečištění (změny iontových rovnováh, únik či absorpce plynů, difúze, mikrobiální rozklad). Z toho důvodu se doporučuje ji uchovávat při teplotě +4 °C v temných, suchých místnostech, prostých chemických výparů. Vodu destilovanou se doporučuje spotřebovat do 10 dnů, nejdéle do 1 měsíce ode dne výroby. Nejvhodnějším obalem pro vodu destilovanou je polyethylenová láhev se šroubovacím uzávěrem. Lze použít i bezbarvého, chemicky odolného skla. ⁽²⁾

Jakost vody pro analytické účely pro 2 st. jakosti vody popisuje ČSN ISO 3696
ČSN ISO 3696 Norma obsahuje ISO 3696:1987. Určuje požadavky a odpovídající zkušební metody pro tři stupně jakosti vody pro laboratorní účely k rozboru anorganických chemikálií. Není vhodná pro vodu pro organické stopové rozboru, vodu k rozboru povrchově aktivních činidel nebo pro vodu k biologickým či lékařským rozborům. Pro některé účely (např. pro určité analytické metody nebo pro zkušební metody, ve kterých se vyžaduje sterilní voda neobsahující pyrogen nebo mající určené povrchové napětí) jsou nutné ještě doplňkové zkušební metody a další čištění nebo jiná úprava. Tato norma rozlišuje v kapitole 3 - Klasifikace, celkem tři stupně jakosti vody následovně: 1. stupeň jakosti: Bez rozpuštěných nebo koloidních anorganických a organických nečistot 2. stupeň jakosti: Velmi málo anorganických, organických nebo koloidních nečistot. 3. stupeň jakosti: Vhodná pro většinu laboratorních prací mokrou cestou a přípravu roztoku činidel. Největší část norma je věnována metodám zkoušení (kap. 7). Tato kapitola má tuto úvodní část: " Je nutné, aby

stanovení, uvedená v této kapitole byla provedena v bezprašném, čistém prostředí a vhodná bezpečnostní opatření zabránila jakémukoliv znečištění vzorku a zkušebních vzorků." ČSN ISO 3696 (68 4051) byla vydána v červenci 1994. ⁽³⁾

Nejjednodušší metodou získání destilované vody v chemické laboratoři je destilací pitné vody pomocí destilační aparatury, tato metoda je však velmi energeticky náročná. Proto je v současnosti nejběžněji používaná metoda reverzní osmózy, která poskytuje vodu kvalitnější než destilace. V chemických laboratořích jsou tedy před destilovanou vodou upřednostňovány levnější alternativy, jako je voda připravená deionizací, demineralizací či pomocí reversní osmózy.

2.2. Způsoby přípravy destilované vody

Existuje více způsobů příprav destilované vody, které jsou více či méně účinné a ekonomicky výhodné. Název destilované vody je odvozen od jejího způsobu přípravy-destilace, jsou známy ale i mnohem efektivnější a rychlejší způsoby příprav: deionizace, demineralizace a reversní osmóza.

2.2.1. Destilace

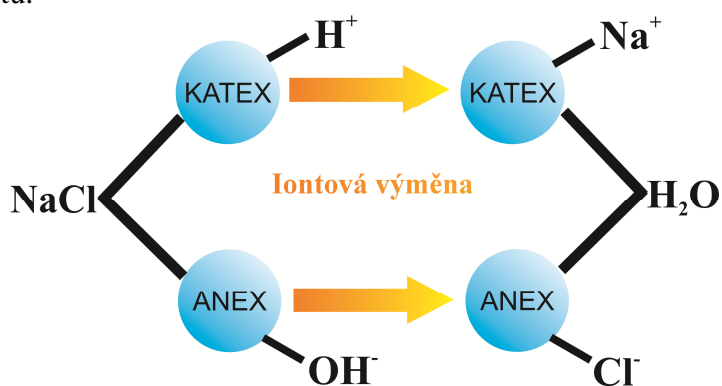
Destilace je pravděpodobně nejstarší metoda přípravy čištěné vody. Připravuje se kondenzací páry získané odpařováním. Voda je nejprve uvedena do varu. Vodní páry stoupají do chladiče, kde snižuje teplotu chladící voda, páry zde kondenzují a stékají do nádoby s permeátem. Většina nečistot zůstává v nádobě s kapalnou fází. Nicméně se můžou do permeátu dostat některé příměsi. Organické látky jako herbicidy a pesticidy s teplotou varu menší než 100°C nemohou být efektivně odstraněny a dokonce se můžou v permeátu koncentrovat. Další nevýhoda destilace je cena. Destilace vyžaduje velké množství energie a vody. ⁽⁴⁾

2.2.2. Deionizace

Před lety byla vysoce čistá voda používána jen v několika limitovaných aplikacích. Dnes se deionizovaná voda stala základní složkou ve stovkách aplikací v medicíně, chemických laboratořích, farmaceutice, kosmetice a mnoha dalších.

Deionizační proces

Velká většina rozpuštěných nečistot v moderních dodávkách vody jsou ionty vápenaté, sodné, chloridové, atd. Deionizační proces odstraňuje tyto ionty iontovou výměnou. Kladně nabité ionty (kationty) a záporně nabité ionty (anionty) jsou navzájem vyměněny za kation vodíkový (H^+) a anion hydroxidový (OH^-) díky větší afinitě pro ostatní ionty. Proces iontové výměny nastává na vazných místech pryskyřičných kuliček. Jakmile dojde k vyčerpání výměnné kapacity pryskyřice, je její vrstva regenerovatelná použitím koncentrované kyseliny a zásady, které stáhnou pryč nahromaděné ionty z původních míst vodíkových nebo hydroxidových iontů.



Obrázek č. 1: Iontová výměna

Typy deionizérů

Deionizéry existují ve čtyřech základních formách: kolony s nepohyblivou vrstvou ionexu, směsné lože (mixbed), kolony s ionexovou vrstvou ve vznosu a kontinuální jednotky. Dvoulůžkový systém používá k separaci kationovou a anionovou pryskyřičnou vrstvu. Deionizér se směsným lůžkem (mix-bed) využívá obě pryskyřice ve stejné nádobě. Největší kvalita vody je produkována směsnými deionizéry, zatímco dvoulůžkové deionizéry mají větší kapacitu.

Testování kvality deionizované vody

Kvalita vody z deionizérů se liší typem použité pryskyřice, kvalitou vstupní vody, průtokem, účinností regenerace, atd. Kvůli těmto proměnným je v mnoha aplikacích využívající deionizovanou vodu těžké znát její přesnou kvalitu. Měrný elektrický odpor a vodivost (konduktivita) jsou nejvhodnější metody k testování kvality deionizované vody. Deionizovaná

čistá voda je špatný elektrický vodič, mající měrný odpor $18,2 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ a konduktivitu $0,055 \mu\text{S}$. Je to množství ionizovaných látek, nebo solí rozpuštěných ve vodě, které určují schopnost vody vést elektrický proud. Proto jsou měrný odpor a jeho převrácená hodnota, konduktivita, základními parametry kvality vody.

Protože teplota výrazně ovlivňuje vodivost vody, jsou měřené vodivosti mezinárodně uváděny při 25°C , to umožňuje srovnávání různých vzorků. S běžnou vstupní vodou změni teplota vody její konduktivitu v průměru $2\%/^\circ\text{C}$, což je relativně snadno kompenzovatelné. Deionizovaná voda je však závislá na teplotě mnohem více, může se tedy přiblížit až k $10\%/^\circ\text{C}$! Přesná automatická teplotní kompenzace je proto „srdcem“ každého lepšího zařízení. ⁽⁵⁾

Tabulka č. 1: Přehled typů vody dle konduktivit ⁽⁵⁾

ULTRA ČISTÁ	ČISTÁ VODA	ČISTÁ VODA			PITNÁ VODA			MOŘSKÁ VODA		
0,055 μS	0,1 μS	0,2 μS	1 μS	10 μS	100 μS	1000 μS	10000 μS	50000 μS	100000 μS	1000000 μS

Tabulka č. 2: Převody jednotek

$\frac{1}{\text{M}\Omega} = \mu\text{S} = \mu\Omega$	$\frac{1}{\mu\text{S}} = \text{M}\Omega$
Příklad: $1 \mu\Omega = 1 \mu\text{S}$; $0,2 \mu\text{S} = 5 \text{M}\Omega$ (5000000Ω)	
$200 \text{k}\Omega = 0,2 \text{M}\Omega = 5 \mu\text{S}$	

Iontoměničové pryskyřice (ionexy)

Moderní vědy rozvinuly materiály běžně nazývané “iontoměničové“ pryskyřice neboli ionexy. Tyto pryskyřice mají formu malých umělých kuliček, vyrobených například ze styrenu, polyakrylátu, fenolformaldehydových pryskyřic, které jsou zesíťovány divinylbenzenem. Jakmile se kuličky vytvoří, jsou vařeny v kyselině sírové k zajištění negativně nabitého siřičitanového místa – kationová pryskyřice (katex), nebo zpracovány v roztoku amonné soli k zajištění pozitivně nabitého kvartérního amoniového místa – aniontová pryskyřice (anex). Tato nabitá místa pryskyřičných kuliček jim dávají jejich

iontoměničové vlastnosti. Bylo odhadováno, že kationová pryskyřičná kulička s průměrem půl milimetru v průměru obsahuje více než 280 miliard výměnných míst.

Kationové pryskyřice (katex)

Sířičitanové kationové pryskyřice jsou regenerovatelné kyselým roztokem. Kyselý roztok (H^+) odstraňuje z kationové pryskyřice pozitivně nabitě nečistoty jako je kation vápenatý (Ca^{2+}), hořečnatý (Mg^{2+}), sodný (Na^+) a draselný (K^+). Nečistoty se vážou na místa polymerů, odštěpí se vodík (H^+) zregenerovatelný kyselinou. Výsledná kapalina je směs kyselin způsobených spojením (H^+) vodíkového kationu z pryskyřice se všemi anionovými nečistotami ve vodě.

Anionové pryskyřice (anex)

Polymery s kvartérními amonnými místy jsou nazývány anionové pryskyřice a jsou regenerovatelné žíravými sodnými roztoky (NaOH), které jim dávají hydroxidový (OH^-) stav. Anionové polymery jsou pak schopny vyjmout negativně nabitě nečistoty, jako jsou chloridy (Cl^-), sírany (SO_4^{2-}) a uhličitany (CO_3^{2-}). Nečistoty se naváží na místa pryskyřice, odštěpí se anion hydroxidový (OH^-).

Deionizace

V tomto bodě jsou všechny vyměněné aniony a kationy, které byly ve vodě zadrženy na kationových a anionových vazebných místech pryskyřice. Vodíkové ionty (H^+) odštěpené z kationové pryskyřice se slučují s hydroxidovými ionty (OH^-) odštěpenými z aniontové pryskyřice a tvoří dohromady čistou vodu: $[H^+] + [OH^-] \rightarrow H_2O$. Tento proces pokračuje, dokud nemají pryskyřice většinu dostupných výměnných míst obsazeny nečistotami. Když se to stane, říká se o pryskyřici, že je vyčerpaná. Ale po tom, co je kationová pryskyřice ošetřena kyselinou a aniontová pryskyřice hydroxidem sodným je deionizér schopen opět pracovat. Schopnost iontoměničové pryskyřice regenerovat se a používat se znovu a znovu dělá z této metody čištění vody velmi praktickou a ekonomickou metodu.

Kationová regenerace

Jakmile se všechny místa na kladné iontové pryskyřici vzdají jejich H^+ iontu a zahlčí se kationovými nečistotami, musí být regenerovány. Pro regeneraci kationového sloupce pryskyřice přes něj propláchneme roztok 10% HCl nebo roztok 4% H_2SO_4 . Koncentrace vodíkových iontů v kyselém roztoku poskytuje hnací sílu k odstranění jiných kationtů z pryskyřice pro navázání vodíkového kationtu.

Anionová regenerace

Když je anionová pryskyřice zanesena anionovými nečistotami je regenerována propláchnutím roztokem 4% NaOH nebo KOH. Koncentrace hydroxidových iontů v zásaditém roztoku poskytuje hnací sílu k odstranění aniontových nečistot z pryskyřice pro aniont hydroxidový. Pryskyřice je poté znovu schopna plnit svou roli v deionizaci.

Separovaná deionizace

Separovaná nebo dvou-lůžková deionizace znamená, že jsou kationové a aniontové pryskyřice v oddělených nádobách. Regenerace je relativně jednoduchá a kvalita vody je okolo 200 000 ohmů/cm³.

Deionizace se směsnými lůžky (mixbed)

V deionizaci se směsnými kolonami jsou kationové a anionové pryskyřice smíchány po regeneraci a umístěny ve stejné nádobě. Účel míchání pryskyřic je dosáhnout velmi vysoké kvality deionizované vody. Když jsou pryskyřice smíšené, voda prochází pryskyřičnou kolonou a setkává se s kationovým pryskyřičným korálkem, potom s anionovým korálkem, potom kationovým, anionovým, kationovým a tak pořád dokola. Voda je deionizována, pak kontinuálně re-deionizována. Výsledkem je ultra vysoce čistý produkt.

Regenerace směsné deionizace tkví v komplikovaném faktu, že pryskyřice musí být nejdříve separovány do kationového a anionového sloupce, separovaně regenerovány a proplachovány. Poté jsou opět smíchány dohromady. Tento proces je dražší a obtížnější než regenerace separovaných lůžek a kapacita směsných lůžek je významně menší, než kapacita lůžek separovaných deionizérů. Ale produkovaná voda z řádně regenerovaného směsného

lůžka je nejkvalitnější, které lze dosáhnout. Směsná deionizační lůžka poskytují často jakost vody překonávající 18 MΩ.

Výběr deionizačního systému

Je důležité vybrat řádnou deionizaci pro specifickou potřebu. Obecně požadavky na vyšší kvalitu deionizované vody sebou přináší ale vyšší cenu. Nejlépe je vybrat si nejekonomičtější systém, který splňuje předem určené požadavky. ⁽⁶⁾

Dělení anexů

Podle schopnosti disociace/protonizace dělíme anexy na:

- silně bazické - jsou schopny disociace při jakémkoli pH. Funkční skupina je tvořena kvartérní amoniovou solí. Rozlišují se dva typy silně bazických anexů - typ I, který má na atomu dusíku navázané tři methylové skupiny; a typ II, který má na dusíku odlišné skupiny (dvě methylové skupiny a jednu hydroxyethylovou). Dalším typem je pak selektivní ionex pro odstraňování dusičnanů z pitné vody, který má na dusíku navázané tři ethylové skupiny. Zatímco Typy I a II upřednostňují vazbu se síranovým aniontem před dusičnanovým, tento ionex upřednostňuje vazbu s dusičnanovým aniontem.
- slabě bazické - protonizují pouze v neutrálním a kyselém pH, obvyklou funkční skupinou bývají aminoskupiny.

Dělení katexů

Katexy se dají rozdělit na:

- silně kyselé - disociují při všech hodnotách pH. Funkční skupinou bývá $-SO_3H$, která disociuje na $-SO_3^-$.
- slabě kyselé - disociují pouze v neutrálním a zásaditém pH. Funkční skupinou bývá karboxylová skupina $-COOH$, která disociuje na $-COO^-$. ⁽⁷⁾

Tři základní konfigurace deionizérů:

1. Dvoulůžkové kolony – slabý katex, anex: systémy produkují vodu vysoké kvality přes $20\,000\ \Omega/\text{cm}^3$ s pH menším než 7. Tyto jednotky z vody neodstraní oxid křemičitý nebo oxid uhličitý.
2. Dvoulůžkové kolony – silný katex, anex: systémy produkují vysoce čistou vodu okolo $50\,000\ \Omega/\text{cm}^3$ s pH okolo 7. Tyto jednotky již z vody odstraňují oxid křemičitý a uhličitý.
3. Směsné lůžka (Mixbed): deionizéry obsahující obě pryskyřice smíchané dohromady v jedné nádobě. Produkují vodu nejvyšší kvality, obvykle od $200\,000$ až do $18\ \text{M}\Omega/\text{cm}^3$.⁽⁶⁾

Použití ionexů:

- Změkčování vody

Pomocí ionexu se dají odstranit ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} . Pro tyto účely se používají silné katexy zpravidla v sodíkovém cyklu. Solnost roztoku zůstane zachována - ionty vápníku a hořčíku jsou nahrazeny sodnými ionty.

- Deionizace vody

Pro deionizaci vody se používá slabě kyselý katex v H-cyklu, který vymění všechny kationty. Za něj se zařazuje slabě bazický anex v OH cyklu, který vymění většinu aniontů. Produktem je deionizovaná voda.

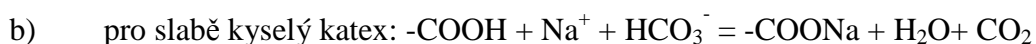
- Demineralizace vody

Demineralizovanou vodu získáme zařazením silně bazického anexu v OH cyklu za kolonu pro výrobu deionizované vody. Tento ionex odstraní i zbytky aniontů a oxid křemičitý.

- Dekarbonizace vody

Dekarbonizace vody je odstranění hydrogenuhličitanových aniontů. Provádí se silně kyselým katexem v H cyklu (moc se už nepoužívá) nebo slabě kyselým katexem. Odstranění lze provádět také "neutrální dekarbonizací", kdy se používá silně bazický anex v Cl-formě.

Probíhá reakce:



slabě kyselý katex vyměňuje jen kationty ekvivalentnímu obsahu HCO_3^-

- Odstranění dusičnanů

Používají se silně bazické anxy II. typu. Regenerační roztok po promývání obsahuje velké množství dusičnanů, které se likvidují obvykle elektrolýzou:



Vzniklý oxid dusičitý se odvětrává nebo dále zpracovává.

- Selektivní odstraňování těžkých kovů

Pro selektivní odstraňování těžkých kovů se používají komplexotvorné ionexy. Dřív měly především skupinu -SH nebo -S-S-H, reakcí s vícemocným kovem vznikl velmi pevný komplex, který se ovšem nedal regenerovat (musí se spalovat), jeho výhodou je silná afinita ke rtuti. Dnes se používají ionexy se skupinami typu IDA, NTA, nebo EDTA, které s kovem vytváří přes atom kyslíku nebo dusíku koordinační vazbu.

- Odstranění amoniakálního dusíku

Amoniakální dusík je ve vodě indikátorem fekálního znečištění. Pro jeho odstranění se používají především zeolity, protože jsou levné a mají dobrou afinitu k jednomocným kationtům. Na druhou stranu mají malou kapacitu a nedají se regenerovat.

- Likvidace roztoků s komplexně vázanými kovy

Tato technologie se používá především pro získávání vzácných kovů z roztoků, případně pro odstraňování toxických látek. Používají se ionexy, které dokážou kov z komplexu navázat na ionex, v roztoku zůstane pouze roztok komplexotvorného činidla. Jako funkční skupiny ionexů se používají například aminomethylpyridin, oligoethylenaminy (TETA, TEPA, PEHA,...) a podobně. Některé z nich jsou vysoce specifické.

- Odstraňování aniontů těžkých kovů

Používá se silně bazický anex v Cl cyklu. Pokud je v zachyceném aniontu drahý kov, ionex se spálí a kov se oddělí. Pokud ionex nelze spálit (nebo je to drahé), používá se regenerace rhodanidem draselným KSCN, z jeho roztoku se pak kov získá elektrolýzou.⁽⁷⁾⁽⁸⁾

2.2.3. Demineralizace

Deionizací se odstraní z vody ionty disociovaných molekul. Nedisociované molekuly se deionizačním mechanismem odstranit nedají.

Je-li stupeň disociace molekul příměsí vysoký, stačí i slabě kyselá resp. bazická tuhá látka k odstranění převážné části příměsí. Silně kyselá resp. bazické látky jsou účinné i pro odstranění látek s nízkým stupněm disociace molekul. Mluvíme pak o demineralizaci.⁽⁹⁾

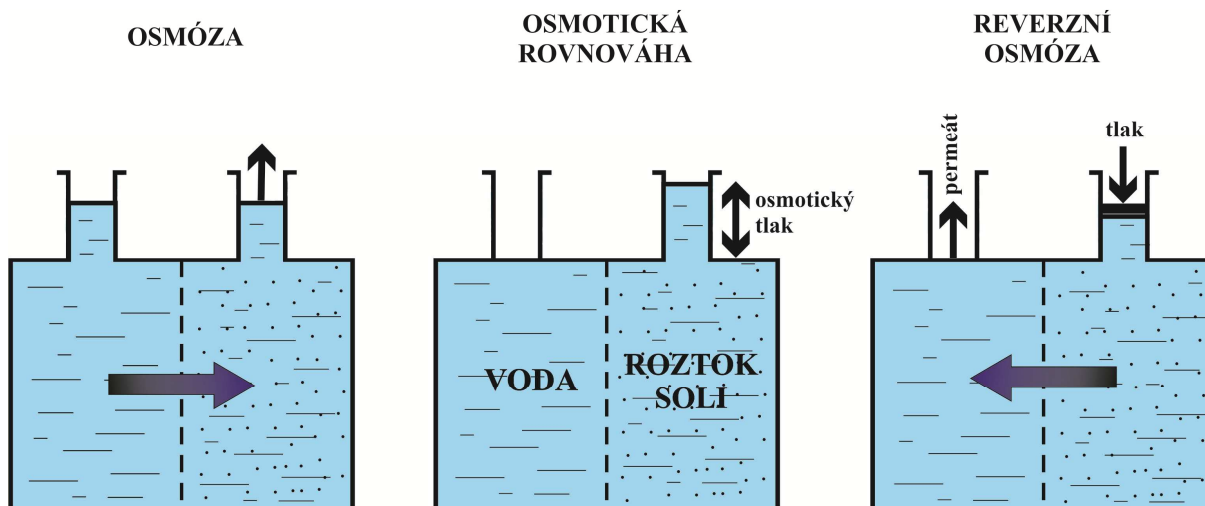
2.2.4. Reversní osmóza

Princip reverzní osmózy

Osmózu lze definovat jako průtok rozpouštědla membránou, přičemž:

- a) Mezi oběma stranami membrány musí existovat potenciálový spád.
- b) Membrána musí být propustná pro rozpouštědlo, nikoliv však pro rozpuštěné látky – odtud název polopropustná = semipermeabilní membrána.
- c) Rozpouštědlo směřuje ze zředěnějšího roztoku do koncentrovaného, což vede k vyrovnání koncentrací na obou stranách membrány a ke zvýšení tlaku na straně původně koncentrovanějšího roztoku. Tlak, který by bylo třeba vynaložit na zastavení uvedeného toku, se nazývá osmotický tlak.

Použije-li se na straně koncentrovanějšího roztoku vyšší tlak, než je odpovídající osmotický tlak, pak se po překonání osmotického tlaku obrátí tok rozpouštědla a směřuje z koncentrovaného roztoku do zředěného roztoku na druhé straně membrány jako tzv. permeát. Před membránou se pak v malém množství rozpouštědla zadržují v koncentrátu veškeré složky z původního koncentrovaného roztoku. Tento proces se nazývá reverzní osmóza (zpětná, obrácená osmóza, hyperfiltrace). Z řečeného je patrné, že hnací silou reverzní osmózy je snaha o vyrovnání chemických potenciálů rozpouštědla na obou stranách membrány. Průtok rozpouštědla membránou je možno zastavit působením určitého přetlaku na straně koncentrovanějšího roztoku – osmotického tlaku.



Obrázek č. 2: Princip osmózy a reverzní osmózy

Semipermeabilní membrány

Rozhodujícím prvkem reverzně osmotického separačního procesu jsou vhodné polopropustné membrány (acetát celulózy). Liší se podle použitého výrobního materiálu a podle formy.

Vhodná membrána pro reverzní osmózu musí splňovat tři základní požadavky:

- a) Vhodnou separační účinnost
- b) Vysokou permeabilitu
- c) Dostatečnou životnost

Účinnost membrán není závislá ovšem jen na membránách samotných, ale podílejí se na ní i jiní činitelé, např. separační schopnost určitého druhu membrány je závislá na koncentraci separovaného roztoku, na druhu separované látky a na rychlosti průtoku. Pro anorganické soli platí, že čím vyšší je valence anorganické soli, tím vyšší je separační účinnost membrány. Vlastnosti membrán může také ovlivnit hodnota pH separovaného roztoku, neboť nejnižší rychlost hydrolýzy je při pH 4,8 a na obě strany od této hodnoty se rychlost zvyšuje.⁽¹⁰⁾

Reverzní osmóza (RO) je membránový proces čištění, který odstraňuje většinu rozpuštěných látek, které jsou ve vodě rozpuštěny použitím obrácení přirozeného procesu osmózy. Tlak je aplikován na koncentrovaný roztok proti polopropustné membráně, což umožňuje čisté vodě pronikat přes membránu. Reverzní osmóza se stala důležitým procesem

pro širokou škálu aplikací v lékařství, laboratořích, odsolování, průmyslových odpadních vodách a pro úpravu pitné vody.

Testování kvality vody RO

Konduktivita je nejvhodnější metodou pro testování kvality vody získané reversní osmózou a výkonu membrány. Čistá voda je ve skutečnosti špatný elektrický vodič. Množství ionizovaných látek (soli, kyseliny, zásady) rozpuštěných ve vodě určuje její konduktivitu.

Oxidačně-redukční potenciál

Oxidačně-redukční potenciály a pH jsou důležitými parametry v měření úspěšnosti a životnosti RO membrány. Redoxní potenciály mohou být použity pro určení aktivity oxidovadla. RO membrány jsou náchylné k napadení oxidovadly jako je chlór, bróm, ozón a peroxid vodíku. Aktivita oxidovadel je informativnější, protože určuje schopnost a rychlost oxidace. Nízký redoxní potenciál může signalizovat biologickou aktivitu, která může způsobit znečištění membrány. ⁽¹¹⁾

2.2.5. Separační účinnost semipermeabilních membrán

Reverzní osmóza je kontinuální provoz čištění vody od rozpuštěných anorganických solí a organických látek za použití tlaku, přičemž plynule odchází koncentrát solí a permeát – čistá voda. K tomu je nutno poznamenat, že reálné semipermeabilní membrány neplní funkci dokonalých bariér. To znamená, že nastává částečně tok všech složek přítomných v roztoku. I u nejúčinnějších membrán je však tok rozpuštěné látky konečný, a proto je nutné brát v úvahu rozdíl osmotických tlaků při daných pokusných nebo provozních podmínkách, nikoliv pouze osmotický tlak roztoku určeného k separaci.

Separační účinnost je závislá na různých faktorech, především na povaze rozpuštěných látek a na podmínkách daných provozním zařízením. Průnik solí, popř. zadržovací schopnost jsou dány vztahy:

$$PS = \frac{c_p}{c_v} \cdot 100 / \% /$$

$$ZS = \frac{1 - c_p}{c_v} \cdot 100 / \% /$$

kde: PS – průnik solí v %

ZS – zadržovací schopnost solí v %

c_p – koncentrace solí v permeátu

c_v – koncentrace solí ve vstupní vodě.

Proto, aby mohl proces reverzní osmózy probíhat, musí obecně existovat dostačující vyšší tlak. Tlak ovlivňuje rychlost průtoku vody membránou. Zvyšováním použitého tlaku se zvyšuje rychlost průtoku, a tedy produkce i kvalita permeátu, protože průtok soli membránou je na tomto tlaku nezávislý a propustnost solí zůstává přibližně stejná. Přitom je však nutno dbát, aby nebyl překročen maximální provozní tlak, který záleží na konstrukci modulu a druhu membrány. ⁽¹⁰⁾

2.2.6. Provozní zařízení a předúprava

Posilovací čerpadla – používají se jen při nedostatečném tlaku ve vodovodním potrubí. Pro reverzní osmózu se používají tlaky 2,8 až 8 MPa.

Reverzně-osmotický modul – hlavní část zařízení, zbavuje vodu rozpuštěných solí až o 96%.

Předúprava a douprava – zařízení jsou doplňována podle kvality vstupní vody, použitých typů modulu, velikosti zařízení a aplikačních požadavků na permeát.

Použití předúpravy je určeno udržení provozuschopnosti a hospodárnosti reverzně-osmotického zařízení. Účelem předúpravy je:

- zajistit co nejmenší průnik solí a organických látek do permeátu
- vysoký výtěžek permeátu
- ochrana membrán před nepříznivou kvalitou vody a před jejich zanášením koloidními a suspendovanými látkami

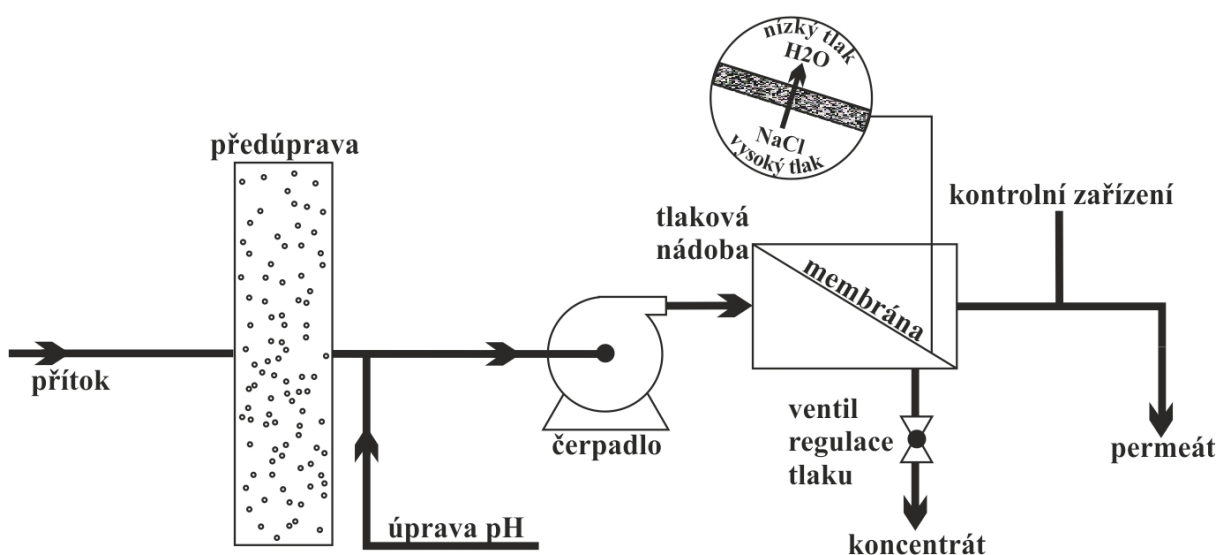
Při volbě předúpravy jsou rozhodující zvláště faktory, které mohou způsobovat poškození čerpadel a zanášení nebo destrukci membrán, a dále faktory ve vztahu k toleranci materiálu membrány, např.: pH vody, mechanické znečištění, zanášecí materiál anorganické i

organické povahy, mikrobiální nárůst a oxidační prostředky. Hlavní kritéria předúpravy byla vymezena takto:

- odstraňování tvrdosti prostřednictvím iontoměníčů
- přidávání chlóru či jiného biocidu pro likvidaci biologických nárůstů
- pojistná filtrace před reverzní osmózou k eliminaci nerozpuštěných, suspendovaných látek ve vodě.

Za nejjednodušší předúpravu je možno uvést mechanické filtry o různé pórovitosti (materiál většinou polypropylen, aktivní uhlí).

Následující schéma popisuje hlavní části reverzně-osmotických zařízení:



Obrázek č. 3: Schéma reverzně osmotického upravního procesu⁽¹⁰⁾

2.2.7. Výhody a nevýhody reverzně osmotického procesu

Stále se zvyšující požadavky na množství vody odpovídající kvality měly za následek zaměření pozornosti na takové technologie, které by byly schopné zpracovat velké objemy vody při přijatelné ekonomice a zanechávaly přitom malé množství koncentrovaného odpadu. Pro úpravu vody je k dispozici řada běžně a široce používaných procesů, schopných odstraňovat anorganické i organické kontaminanty o 50 až 80 i více procent. Většinu procesů je možno považovat za jednoúčelové, neboť odstraňují pouze určitou část kontaminantů.

V tab. č.3 jsou uvedeny technologické procesy, jejich účinnost, výhody a nevýhody. Prvních pět procesů jsou technologie obecně jednoúčelové. Mohou být velmi účinné, jsou-li použity v rámci svého určení.

Reverzní osmóza při porovnání účinnosti a kladů uvedených technologických procesů poskytuje významné výhody. Jde o jednoduchý proces, který je schopen odstraňovat téměř všechny ve vodě se vyskytující kontaminanty, rozpuštěné i nerozpuštěné, anorganického nebo organického charakteru, o 90 i více procent, a to při nízké spotřebě energie a malé nebo žádné spotřebě chemikálií. Tedy umožňuje větší účinnost za nižší cenu. Je možný kontinuální provoz bez regenerací, s minimálními požadavky na obsluhu a zařízení má dlouhodobou životnost.

Jako konkrétní příklad může posloužit porovnání reverzně osmotického procesu s použitím ionexů při odsolování vody:

- energetické požadavky jsou podle literárních údajů ze všech odsolovacích metod nejnižší
- ve srovnání s provozem ionexů jsou nižší provozní náklady (nutná regenerace ionexů)
- zařízení jsou vysoce automatizována, což znamená minimální náklady na obsluhu
- nezanášejí se žádné další komponenty do odpadní vody, koncentrát obsahuje jen to, co bylo ve vstupní vodě, a z toho vyplývají nižší náklady na zpracování odpadu ve srovnání s demineralizací pomocí ionexů
- průměrná životnost modulů se uvádí 1 až 3 roky, ale u konkrétních zařízení bývá i vyšší
- náklady na provozní zařízení nejsou tolik závislé na solnosti vstupní vody

Podobně jako všechny ostatní technologické procesy je i reverzní osmóza zatížena některými zápory, se kterými je nutno pro praxi počítat. Většinu z nich je možno eliminovat vhodně volenou předúpravou. Je nutné brát v úvahu hodnotu pH upravované vody. Hydrolýza membrán se zvyšuje směrem k nižším a vyšším hodnotám od optimálního pH kolem 4,8. Výrobci doporučují pH od 3 do 7. Proces hydrolýzy postupně snižuje separační účinek. Teplota se doporučuje maximálně do 27°C, při dalším zvyšování teploty se opět urychluje

proces hydrolýzy. Životnost membrán nepříznivě ovlivňuje přítomnost suspendovaných, nerozpuštěných látek. Existuje nesnášenlivost vůči některým chemickým látkám.

Nejsou-li membrány správně chráněny při skladování nebo při odstavení zařízení z provozu, podléhají biologickému zarůstání. Separální účinnost je velmi vysoká, není však absolutní. Je neúčinná pro velmi malé molekuly organických látek. Dlouhodobé působení tlaku způsobuje postupné nevratné změny aktivní vrstvy a snižuje separální účinnost. Skladování membrán v mokřem stavu působí určité komplikace. (10)

Tabulka č. 3: Účinnost, užití, klady a zápory různých technologických procesů úpravy vody

Proces	Účinnost	Přednosti	Zápory
Koagulace, sedimentace, filtrace	redukce suspendovaných látek o 90 - 98 %	nízká cena, jednoduchost	prostorový požadavek, neodstraňuje rozpuštěné soli a organické látky
Měkčení	snížení tvrdosti o 95 - 100 %	relativně nízká cena u nepřilíš tvrdých vod, jednoduchost	nutnost časté regenerace, potřeba chemické regenerace stoupá lineárně s tvrdostí, neodstraňuje rozpuštěné organické látky
Iontoměnič	snížení rozpuštěných solí o 95 - 100 %	možnost dosáhnout velmi nízké hladiny salinity	neodstraňují se rozpuštěné organické látky, nutná chemická regenerace, zvyšující se množství odpadu
Biologická úprava	redukce organického znečištění o 50 - 90 %	nízká cena	podléhá kolísání a změnám, neodstraní více než 90 % organických znečištěnin podléhajících biologické degradaci
Aktivní uhlí	redukce adsorbovatelných organických látek o 95 - 100 %	účinný způsob odstranění menších množství organických látek	relativně drahá regenerace, odstraňuje pouze určité organické látky
Destilace	odstranění rozpuštěných a suspendovaných látek	snadno proveditelné, použitelné pro široký okruh aplikací	vysoká energetická spotřeba
Reverzní osmóza	redukce téměř všech kontaminantů o 90 - 95%	jednoduchost, nízká energetická spotřeba	membrány podléhají zarůstání, nejsou-li správně chráněny, neúčinné na velmi malá molekuly organických látek, obecně předpoklad nějakého druhu předúpravy, omezená snášenlivost vůči chemickým látkám

2.3. Kalkulace a jejich funkce

2.3.1. Pojem kalkulace a kalkulační vzorec

Každé podnikání je provázeno určitou výší nákladů a podnikatel by tedy měl dopředu kalkulovat s jejich určitou výší, měl by si tedy sestavit tzv. předběžnou kalkulaci, aby věděl, zda jeho podnikatelský záměr je vůbec reálný a zda mu zvolený směr a oblast podnikání přinesou kýžený efekt. Navíc musí tyto kalkulece provádět nejen pro svou vlastní potřebu, ale i například pro banku, je-li součástí jeho podnikatelského úsilí i krytí určité části provozních či investičních nákladů bankovními úvěry.

Kalkulace nákladů je také nezbytným krokem k vyčíslení budoucí minimální ceny produkce nebo služby. Výrobce musí vědět, na jaké hranici ceny se musí pohybovat, aby měl ve své činnosti nějaký zisk, popřípadě v které oblasti nákladů by měl učinit úsporná opatření ke zvýšení zisku. I v případě smluvních cen je nezbytné provádět kalkulační činnost nejen před vlastním zahájením podnikání, ale rovněž i v jeho průběhu ve formě tzv. výsledných kalkulací, neboť reálné ekonomické údaje pak mohou časem korigovat původní předpoklady, a to, co se ukazovalo být dosti ziskové, může vlivem chybných předpokladů nebo četných aktualizacích změn v jednotlivých bodech kalkulece vést ke znehodnocení předpokladů, snížení předpokládaného zisku nebo naopak k jeho zvýšení. Proto provádění i průběžných kalkulací by mělo být trvalou součástí ekonomické činnosti podnikatele.

Kalkulace se v širším slova smyslu používá pro vyjádření různých propočtů, podnikatelského uvažování, které je podloženo ekonomickými výpočty. V užším slova smyslu kalkulací rozumíme způsob, metodu stanovení vlastních nákladů nebo výsledek tohoto výpočtu. Jednotlivé složky nákladů se vyčíslují v kalkulačních položkách. Doporučené kalkulační položky obsahuje všeobecný kalkulační vzorec, který – i když není závazný a jeho struktura je věcí daného ekonomického subjektu – je používán většinou organizací v České republice. Má tyto položky:

Všeobecný kalkulační vzorec:

1. Přímý materiál
2. Přímé mzdy
3. Ostatní přímé náklady
4. Výrobní (provozní) režie

Vlastní náklady výroby – položky 1 až 4

5. Správní režie

Vlastní náklady výkonu – položky 1 až 5

6. Odbytové náklady

Úplné vlastní náklady výkonu – položky 1 až 6

7. Zisk (ztráta)

Cena výkonu

Uvedený vzorec je prakticky kalkulací ceny, tj. cenovou kalkulací, kdy cena vzniká podle principu „náklady + zisk = cena“. Jde o tzv. nákladovou cenu. Ta se používá v případech, kdy cenu neurčí přímo trh, anebo jako výchozí podklad pro rozhodování marketingového útvaru o nasazení realizační ceny, která se může od nákladové ceny odchylovat (nahoru nebo dolů). Cenová kalkulace tak slouží především jako podklad pro jednání s odběrateli. Je-li cena určena jako maximálně dosažitelná na trhu a odběratel požaduje předložení kalkulace, je jejím cílem prokázat únosnost jednotlivých nákladových položek a zisku. K tomu je však uvedený kalkulační vzorec málo podrobný; rovněž nerozlišuje mezi relevantními a irelevantními náklady.

V kalkulačním vzoci jsou dvě základní skupiny nákladů: **náklady přímé (jednicové)** a **náklady nepřímé (režijní)**.

a) Přímé náklady

Přímé náklady se přiřazují jednotlivým druhům produktů bez jejich předchozího soustředování podle místa vzniku. Do položky přímý materiál patří zejména suroviny, základní materiál, polotovary, pohonné hmoty, pomocný a ostatní materiál (podle toho, co je předmětem kalkulace) Jde o materiál, který se zpravidla stává trvalou součástí produktu nebo přispívá k vytvoření jeho potřebných vlastností apod.

Do položky přímé mzdy zpravidla patří základní mzdy (úkolové, časové apod.), příplatky a doplatky ke mzdě a prémie a odměny přímo související s kalkulovanými výkony. V současné době u řady produkcí je obtížné rozlišit přímé a režijní mzdové náklady, neboť podíl přímých mezd klesá a často i mizí.

Do položky ostatní přímé náklady se zpravidla zahrnuje technologické palivo a energie, odpisy, opravy a udržování, příspěvky na sociální zabezpečení, ztráty ze zmetků a vadné výroby aj.

b) Režijní náklady

Režijní náklady jsou náklady společně vynakládané na celé kalkulované množství produkce nebo k zajištění chodu celé organizace, které není možné stanovit na kalkulační jednici přímo, nebo jejichž přímé určení by bylo nevhodné. Na jednotlivé výrobky se režijní náklady zúčtují nepřímo prostřednictvím přírážek podle určitých klíčů. Hranice mezi přímými a režijními náklady je relativní; obecně platí, že kvalita a využitelnost kalkulací roste přičítáním co největšího podílu nákladů přímo na kalkulační jednici. S tím ovšem rostou náklady na zjišťování přímých nákladů (na evidenci, stanovení norem aj.); hranicí pro vymezení obou forem nákladů je proto hospodárnost.

Výrobní (provozní) režie zahrnuje nákladové položky související s řízením a obsluhou produkce, které nelze stanovit přímo na kalkulační jednici. Patří sem především režijní mzdy, opotřebení nástrojů, odpisy hmotného investičního majetku, spotřeba energie, náklady na opravy, náklady na technický rozvoj, režijní materiál.

Do položky správní režie patří nákladové položky související s řízením organizace jako celku; příkladem jsou odpisy správních budov, platy řídicích pracovníků, poštovné a telefonní poplatky, pojištění aj.

Do odbytových nákladů patří náklady spojené s odbytovou činností, jako jsou náklady na skladování, propagaci, realizaci apod.

V každém oboru lidské činnosti existují však specifické, tzv. oborové kalkulační vzorce. I když obecně zahrnují všechny kalkulační vzorce v podstatě univerzální položky, každá profese, každý obor podnikání má své určité zvláštnosti, a proto je třeba odkázat při konkrétní tvorbě těchto kalkulací právě na tyto oborové kalkulační vzorce.

2.3.2. Druhy kalkulací

Existují různé druhy kalkulací, které můžeme třídit i dle různých hledisek. Podle časového hlediska se třídí na tři druhy kalkulací, tj. kalkulace předběžné, operativní a výsledné. Toto členění a především použití jednotlivých druhů kalkulací je však ještě poněkud širší.

1) Předběžné kalkulace

a) Kalkulace operativní – sestavované na základě plánovaných norem vyjadřujících konkrétní technické, technologické a organizační podmínky platné v době sestavování kalkulace.

b) Kalkulace plánové – sestavované na základě plánovaných norem přihlížejících k racionalizačním opatřením, která se mají v plánovaném období uskutečnit. Základem je plánová kalkulace roční, která se bezprostředně váže na roční plán výkonů, nákladů a tvorby zisku. Tato kalkulace se dále konkretizuje do plánových kalkulací čtvrtletních.

c) Kalkulace propočtové – sestavované obvykle pro nové nebo neopakovatelné produkty v případě, že dosud nejsou k dispozici spotřební normy. Hlavní uplatnění mají v dlouhodobém plánování a strategickém řízení.

2) Dělení podle předmětu kalkulace

a) Kalkulace nákupní – v rámci této kalkulace provádíme výpočty, které souvisejí s hledáním nejvýhodnějšího dodavatele, tzn. s pořízením kapitálu.

b) Kalkulace prodejní – provádíme výpočty související s hledáním nejvýhodnějšího dodavatele.

c) Kalkulace provozní – v rámci této kalkulace sestavujeme kalkulaci nákladů (nákladovou kalkulaci) a kalkulaci ceny (cenovou kalkulaci). Tato kalkulace je použita v praktické části této práce pro stanovení nákladů na výrobu 1 litru destilované vody. Podle této kalkulace jsou pak dále srovnáváni dodavatelé destilačních a demineralizačních přístrojů.

3) Kalkulace z hlediska struktury

Sestavují se jako postupné nebo průběžné. Toto třídění má svůj důvod stupňovité produkci, ve které se polotovary vlastní produkce předcházejících fází výroby spotřebovávají v produkci následujících fází výroby (např. v kompletaci).

- a) Postupná kalkulace – obsahuje položku „polotovary vlastní produkce“, ve které se uvádějí vlastní náklady na produkci polotovarů předcházejících fází výroby.
- b) Průběžná kalkulace – neobsahuje položku „polotovary vlastní produkce“, vlastní náklady na tyto polotovary se uvádějí v členění podle položek kalkulačního vzorce. Průběžných kalkulací se používá pro plánování vlastních nákladů.

4) Kalkulace z hlediska úplnosti nákladů

- a) Kalkulace úplných nákladů – kalkuluje veškeré náklady, nazývají se také absorpční kalkulace (absorbují všechny náklady)
- b) Kalkulace neúplných nákladů – přesněji (přímých) variabilních nákladů. Tato kalkulace rozlišuje náklady fixní a variabilní, a k produktům přičítá pouze náklady variabilní.

Účel a obecný význam kalkulací je především v tom, že pomáhají managementu podniku především určit:

- jak jednotlivé druhy produktů přispívají k hospodářskému výsledku organizace,
- jaké je pořadí výhodnosti produktů a optimální skladba produktů,
- zda je výhodnější určité zařízení nakoupit, nebo najmout,
- zda je výhodné určitý proces mechanizovat či automatizovat,
- jaká je minimální hranice ceny produktu,
- jaké náklady tvoří převažující část celkových nákladů.

2.3.3. Rozbor kalkulací a jeho význam pro řízení podniku

Kalkulace jsou základním nástrojem podnikového a vnitropodnikového řízení. Rozbor kalkulací slouží k odhalování nedostatků v řízení. Základním nástrojem analýzy kalkulací je komparace. Srovnáváme výsledné kalkulace s plánovanými kalkulacemi, výsledné kalkulace

stejných produktů produkovaných v různých organizacích, srovnáváme kalkulace našeho podniku a našich výrobků s podniky a výrobky zahraničními.

Srovnávání kalkulací poskytuje informace o změně celkových nákladů a o změnách jejich struktury. Nepříznivé odchylky ukazují na nedostatky v organizaci práce, na neplnění norem spotřeby produkčních činitelů, nedodržování limitů režijních nákladů apod. Je třeba přihlížet k výsledkům produkce (objemu a struktuře, dosažené kvalitě), ke změnám technologie (ty např. vedou k záměně živé práce přístroji a tím ke snížení přímých mezd a k růstu režijních nákladů) techniky, energetických či dopravních změn atd.

Při srovnávání kalkulací výrobků, vyráběných v různých organizačních jednotkách, musíme přihlížet k rozdílným podmínkám, jako je např. různý objem produkce, stupeň využití kapacity, použitá technologie, úroveň mechanizace, automatizace či robotizace, struktura pracnosti jednotlivých operací, k dalším položkám režie, různé kvalifikaci pracovníků atd.

Výsledkem srovnávání a analýzy příčin rozdílů by měl být návrh opatření k odstranění nedostatků, které vyplynuly z rozborů.

Podstatnou část nákladů výrobků tvoří přímé náklady, které jsou normovány. Východiskem rozboru jsou proto normy určující spotřebu materiálu, práce a energie na jednotlivé produkty. Často je výsledkem pokyn managementu k aktualizaci těchto norem, neboť nová technika či technologie například silně působí na změnu norem. Kontrolovat by se měly náklady na spotřebu materiálu, zjištěné odchylky by se měly analyzovat a zjistit jejich příčiny. Obdobně se analyzují přímé mzdy a ostatní přímé náklady. Analyzovat by se proto měla celá normativní základna organizace, k tomu lze využít srovnání s konkurencí. O přímých nákladech však nerozhoduje jen naturální spotřeba produkčních činitelů, kterou stanoví normy, ale i její ocenění (ceny materiálu, mzdové aj. tarify). Výběrem dodavatelů, dopravců apod. lze dosáhnout snížení nákladů. Samostatnou kapitolu při analýze kalkulací jsou samozřejmě režijní náklady, které tvoří podstatnou část nákladů každého podniku a každé instituce, a které mají z hlediska obsahu především výrobní režie (elektřina, plyn, voda a další strategické položky) tendenci k neustálému růstu.

2.3.4. Metody kalkulace

Stanovení nákladů na kalkulační jednici je závislé na typu výroby. V zásadě rozeznáváme výroby homogenní (stejnorodé, například výroba jednoho typu výrobku během jedné směny) a heterogenní (výroba více různorodých výrobků během jedné směny). Heterogenní produkce je náročnější na správné přiřazení režijních nákladů na kalkulační jednici.

Metodou kalkulace rozumíme způsob stanovení jednotlivých složek nákladů na kalkulační jednici⁽¹²⁾

Kalkulační jednice je jednotkou výkonu (výrobku, práce, služby) vymezená množstvím nebo časem. Kalkulační jednice je určena počtem kusů, délkou, plochou, objemem (v našem případě jde o 1 litr destilované vody).⁽¹³⁾

Metody kalkulace závisí na předmětu kalkulace, tj. na tom, co se kalkuluje (v našem případě jednoduchý produkt – destilovaná voda), na způsobu přičítání nákladů výkonům (jak se přiřazují náklady na kalkulační jednici), na požadavcích kladených na strukturu a podrobnost členění nákladů.

Typy kalkulačních metod:

- 1) Kalkulace dělením – používají se většinou v homogenní produkci, štěpí se dále na metody:
 - a) prostá kalkulace dělením – náklady na kalkulační jednici se zjišťují podle položek kalkulačního vzorce dělením úhrnných nákladů za období počtem kalkulačních jednic vyrobených v daném období. Používá se nejčastěji v hromadné produkci, jde o nejjednodušší způsob stanovení nákladů na kalkulační jednici.
 - b) stupňovitá (stupňová) kalkulace dělením – odděluje výrobní, správní nebo odbytové náklady. Tím se zabezpečí, aby produkty, které v daném období byly sice vyrobeny, avšak nebyly dosud vyfakturovány, nebyly zatěžovány odbytovými a správními náklady.
 - c) kalkulace dělením s poměrovými čísly – používá se u výrobků, kde by zjišťování výrobních nákladů bylo obtížné. Poměrová čísla zvolíme podle poměru spotřeby času na výkony, popř. podle více ukazatelů. Objem produkce v poměrových jednotkách vypočteme pronásobením poměrových čísel a příslušného objemu produkce a jejich

sečtením. Celkové náklady dělíme součtem poměrových jednotek. Tím dostaneme náklady na 1 jednotku základního produktu. Náklady ostatních produktů zjistíme vynásobením nákladů základního produktu poměrovými čísly.

- 2) Kalkulace přírážkové – používají se pro kalkulaci režijních nákladů při produkci různorodých produktů (heterogenní výroby).
- 3) Kalkulace ve sdružené produkci – sdružené produkce je rovněž typem heterogenní výroby. Ve sdružené produkci vzniká v jednom technologickém postupu několik druhů produktů, vzniklé „sdružené“ náklady proto musíme rozdělit na jednotlivé produkty. K tomu se používá zůstatkové metody nebo rozčítací metody kalkulace.
- 4) Kalkulace rozdílové – spočívají v tom, že se předem stanoví výše nákladů jako úkol (norma, standard) a pak se zjišťují rozdíly skutečných nákladů s tímto úkolem (normou).

Představitelem rozdílových metod je:

- a) metoda standardních (normálových) nákladů – metoda eviduje náklady ve dvou složkách, a to jako náklady předem určené (standardní, normované) a rozdíly mezi předem určenými a skutečnými náklady (odchylky od standardních, normovaných nákladů). Odchylky se analyzují podle příčin vzniku a odpovědnosti, nebo i z hlediska využití produkčních činitelů.
- b) normová metoda – spočívá v tom, že se předem stanoví normy přímých nákladů a zjišťují se odchylky skutečných nákladů od těchto norem a změny norem. Používá se operativních norem platných k určitému datu. Normová kalkulace a evidence nákladů umožňuje řízení podle odchylek. Management se při běžném řízení zaměřuje na vzniklé odchylky od norem (odchylky od předem stanoveného průběhu činnosti). (12)

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Vymezení položek kalkulačního vzorce

1. Přímý materiál – pitná voda, náhradní spotřební materiály.
2. Přímé mzdy – vynechány z důvodu nenáročné odsluhy destilačních přístrojů a nepodstatnosti pro porovnání.
3. Ostatní přímé náklady – energie spotřebovaná destilačními přístroji

Ostatní položky všeobecného kalkulačního vzorce nejsou potřebné, neboť jde pouze o získání kalkulace na jeden výrobek (destilovaná voda), který není vyráběn za účelem prodeje a tvorby zisku, ale pouze pro zásobování provozu chemické laboratoře. Jde o získání nákladů na kalkulační jednici (1 litr destilované vody) jen pro potřebu porovnání mezi různými typy destilačních přístrojů a pro návrh nejekonomičtější metody pro použití v chemické laboratoři pro dobu 10 let.

Kalkulace dělením

Nejjednodušší metoda kalkulace použitelná při výrobě pouze jednoho druhu výrobku (v tomto případě destilovaná voda). Náklady na **kalkulační jednici** C_k se zjišťují podle položek kalkulačního vzorce, a to dělením **celkových nákladů** X_k **za období** počtem **vyrobených kalkulačních jednic** n_k :

$$C_k = \frac{X_k}{n_k} \quad (14)$$

V případě výroby destilované vody v chemické laboratoři pomocí laboratorních přístrojů byly vymezeny položky kalkulačního vzorce následovně:

X_k = cena přístroje + spotřeba vstupní vody + spotřeba energie + servisní náklady (výměny filtrů, membrán, elektrod, servisní práce) vynaložené na chod přístroje **po dobu 10 let**.

n_k = **506 000 litrů demineralizované vody** - budeme-li uvažovat produkci demineralizované vody 200 l/den, tj. teoretických 50 600 l/rok (za 253 pracovních dní v roce 2011), tj. 506 000 l/10 let.

Produkce přístrojů:

200 l/den ... 50 600 l/rok (rok 2011 – 253 pracovních dní) ... 506 000 l/10 let.

Cena spotřebované pitné vody za 10 let:

Výtěžnost RO přístrojů je okolo 80%:

80 % 506 000 litrů permeátu

100 % 632 500 litrů = celková spotřeba pitné vody za 10 let.

1 m³ pitné vody 70,56 Kč vč. DPH 10%.

632,5 m³ pitné vody 44 629 Kč vč. DPH 10%

Cena pitné vody pro rok 2011

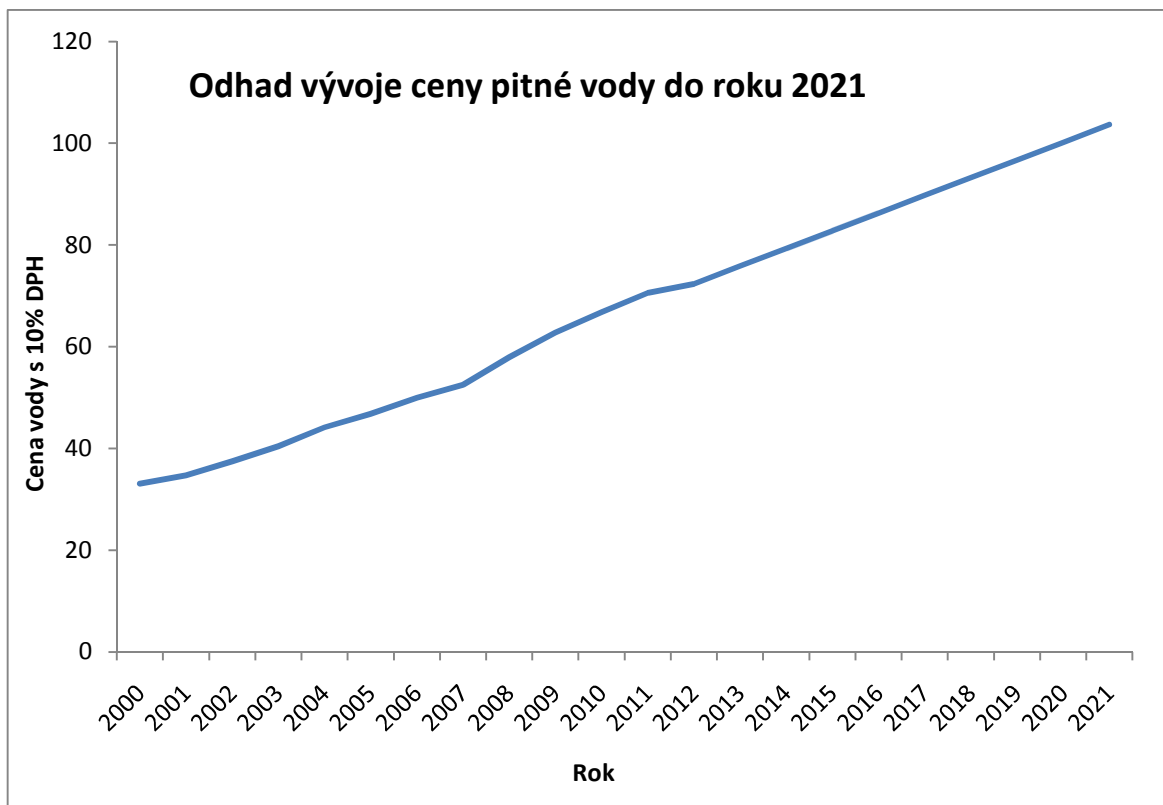
Cena vody zahrnuje vodné – tedy veškeré náklady spojené s výrobou a distribucí pitné vody a stočné – náklady spojené s odváděním a čištěním odpadních vod. ⁽¹⁵⁾

Tabulka č. 4: Ceník pitné vody

Cena vody pro rok 2011	Cena bez DPH Kč/m ³	Cena s DPH 10 % Kč/m ³
vodné	29,74	32,71
stočné	34,41	37,85
celkem	64,15	70,56

Tabulka č. 5: Vývoj cen pitné vody od roku 2000 ⁽¹⁶⁾

Vodohospodářská společnost Olomouc, a.s. - VEOLIA						
cena vody s DPH 10%						
rok	vodné	stočné	celkem	růst	inflace	růst%
	Kč/m ³	Kč/m ³	Kč/m ³	%	%	za 7 let
2011	32,71	37,85	70,56	5,61		50,83
2010	32,16	34,65	66,81	6,39	2,00	
2009	31,08	31,72	62,80	8,44	1,00	
2008	28,78	29,13	57,91	10,24	6,30	
2007	26,10	26,43	52,53	5,21	2,80	
2006	24,81	25,12	49,93	6,73	2,50	
2005	23,92	22,86	46,78	6,00	1,90	
2004	22,83	21,30	44,13	9,10	2,80	
2003	20,93	19,52	40,45	7,92	0,10	
2002	19,31	18,17	37,48	8,01	1,80	
2001	17,45	17,25	34,70	5,02	4,70	
2000	16,54	16,50	33,04		3,90	



Graf č. 1: Vývoj ceny pitné vody

Graf č. 1 znázorňuje vývoj cen pitné vody od roku 2000 do roku 2011, od roku 2011 se jedná o pouhý odhadovaný vývoj cen.

3.2. Požadavky chemické laboratoře na kvalitu vody

Obecné požadavky na kvalitu a produkci demineralizované vody v chemické laboratoři, podle kterých byly vybrány demineralizační a destilační přístroje uvádí tabulka č.5:

Tabulka č. 6: Přehled požadavků chemické laboratoře na produkci demineralizované vody

Požadavky na produkci demineralizované vody	200 l/den
Výstupní kvalita vody	pod 1 μ S/cm
Certifikace dle ČSN ISO 3696, jakost vody pro analytické účely pro 2 st. jakosti vody.	
Certifikace dle Českého lékopisu 2005.	
Certifikace ČSN ISO 3695, jakost vody pro analytické účely pro 3 st. Jakosti vody.	

3.3. Porovnání výhod a nevýhod metod

Následující tabulky porovnávají výhody a nevýhody metod používaných při výrobě demineralizované vody.

Tabulka č. 7: Destilace⁽⁴⁾

Destilace	
Výhody	Nevýhody
Odstraní širokou škálu kontaminujících látek Opětovné použití	Některé kontaminanty mohou být přeneseny do kondenzátu K zajištění čistoty je třeba pečlivé údržby Velká spotřeba energie a vody Systém zabírá velký prostor

Tabulka č. 8: Deionizace⁽⁴⁾

Deionizace	
Výhody	Nevýhody
Účinně odstraní rozpuštěné anorganické látky Možnost regenerace (nutný servis) Relativně nízké pořizovací náklady	Nedokonalé odstranění částic (řešení předfiltry), pyrogeny nebo bakterie Vysoké dlouhodobé provozní náklady

Tabulka č. 9: Reverzní osmóza⁽⁴⁾

Reverzní osmóza	
Výhody	Nevýhody
Účinně (96-99%) odstraní všechny typy kontaminujících látek (částice, pyrogeny, mikroorganismy, koloidy a rozpuštěné anorganické látky) Vyžaduje minimální údržbu	Rychlost toku je obvykle omezena na jistý počet litrů/den (pro chemickou laboratoř je ale dostačující)

3.4. Vybraní výrobci – dodavatelé

Dodavatelé, prodávající zařízení pro úpravu destilované vody byly vybrány podle lokality, z důvodu provádění servisu přístrojů a nutnosti výměny jednotlivých částí, dále podle určení jednotlivých zařízení a jejich parametrů a v neposlední řadě dle ceny.

Pro správný výběr přístroje je nutno zodpovědět následující otázky:

- 1) kvalita vstupní vody (tvrdost, pH, vodivost) a vstupní tlak
- 2) požadovaná kvalita výstupní vody (vodivost)
- 3) účel použití upravené vody
- 4) předpokládaná spotřeba vody/hod. či za směnu
- 5) požadavky na doplňkovou výbavu (konduktometr, vodoměr, UV lampa,...)⁽¹⁷⁾

Bakalářská práce je podrobněji zaměřena na dodavatele přístrojů Aqual, jelikož jsou tyto přístroje používány v laboratořích na Katedře fyzikální chemie na UP Olomouc, pod kterou je zpracovaná tato práce. Katedra fyzikální chemie je zásobována demineralizovanou vodou přístrojem Aqual 29 XL, který zásobuje 4 laboratoře o celkové spotřebě demineralizované vody okolo 200l/den. Tudíž byly vybrány přístroje o výkonech okolo 200l demineralizované vody za 1 den, které jsou schopny produkovat vodu o kvalitě pod 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dále jsou nabídnuty alternativy konkurenčních dodavatelů. Konkurenční dodavatelé byli vybráni v lokalitě nejbližší Olomouci z důvodu provádění servisních prací. V Olomouci se ale žádný vhodný dodavatel přístrojů nenašel, takže nejbližší dodavatelé jsou většinou z Brna, kde je již výběr hned několika dodavatelů. Vybrané výrobce a jejich dodavatele uvádí následující tabulka č. 9:

Tabulka č. 10: Vybraní výrobci a jejich dodavatelé:

Výrobce	Dodavatel	Přístroj	Cena s DPH
AQUAL s.r.o. (Brno)	MERCI, s.r.o. (Brno)	Aqual 29 XL	31 908 Kč
	VERKON s.r.o. (Brno)		31 908 Kč
	VITRUM Rožnov s.r.o.		31 908 Kč
WATEK, s.r.o. (Ledeč nad Sázavou)	VERKON s.r.o. (Brno)	DEMIWA 10 roi	33 372 Kč
	VITRUM Rožnov s.r.o.		33 372 Kč
	Fisher Scientific, spol. s r.o.		33 372 Kč
WATEK, s.r.o. (Ledeč nad Sázavou)	VERKON s.r.o. (Brno)	DIWA 10 ria	32 724 Kč
	VITRUM Rožnov s.r.o.		32 724 Kč
KAVALIERGLASS, a.s. (Praha, Sázava)	MERCI, s.r.o. (Brno)	I-DPE 10	27 600 Kč
	VERKON s.r.o. (Brno)		27 600 Kč
	VITRUM Rožnov s.r.o.		27 588 Kč
	Fisher Scientific, spol. s r.o.		27 588 Kč

3.5. Vybrané typy přístrojů na úpravu vody

3.5.1. AQUAL® 29 XL

3.5.1.1. Určení výrobku

Přístroje jsou určeny pro přípravu vysoce kvalitní demineralizované vody, která se používá pro analytické i technické účely. K výrobě není potřeba elektrická energie (úprava pouze tlakem vstupní vody - náhrada elektrodestilace) a podle výrobce jsou náklady na výrobu 1 litru vysoce kvalitní demineralizované vody výrazně nižší než u jiných systémů úpravy vody. Přístroje typu AQUAL® 29 XL jsou vyráběny s výkonem 9 l/hod.

U typu přístroje AQUAL® 29 XL probíhá úprava vody následně. Vstupní voda prochází nejprve přes hrubý předfiltr kombinovaný s aktivním uhlím, který slouží k odstranění hrubých mechanických nečistot a k dechloraci a jemný mechanický filtr o hrubosti 1 μ , kde se vstupní voda zbavuje zbývajících jemných mechanických nečistot. Takto předupravená voda dále proudí do dalšího stupně, ve kterém je uložen reverzně osmotický modul, který vodu zbavuje podstatné části rozpuštěných minerálních solí a ostatních příměsí

minimálně na 96 % vůči vstupní vodě. Posledním stupněm je iontoměničová kolona, která zbavuje již předupravenou vodu zbývajících iontů. Zařízení AQUAL® 29 XL je vybaveno kolonou o objemu iontoměničové pryskyřice 7 litrů, nazýváme je DEMIKOLONOU. U těchto DEMIKOLON je největší výhodou (vzhledem k velkému obsahu iontoměničové náplně) její dlouhá životnost, z čehož plynou minimální nároky na obsluhu. ⁽¹⁷⁾



Obrázek č. 4: AQUAL® 29 XL

3.5.1.2. Základní technické údaje:

Filtr H-FJ 9-CAPA-1

- mechanický filtr kombinovaný s výměnnými patronami
- náhradní filtrační patrony 9-CAPA-1 – hloubkový filtr, materiál: čistý navinutý polypropylen, granulované aktivní uhlí F 100
- porozita 20 μm
- signalizace překročení povolené tlakové ztráty – opticky pomocí manometrů
- výměna filtračních patron při tlakové ztrátě 0,1 MPa nebo po 4 měsících provozu

Filtr H-FJ 9-FQ-1

- mechanický filtr s výměnnými patronami
- rozměr filtru: průměr 125 mm, výška 297 mm
- filtrační patrony 9-FQ-1 – hloubkový filtr, materiál: čistý polypropylen
- porozita 1 μm
- signalizace překročení povolené tlakové ztráty – opticky pomocí manometrů
- výměna filtračních patron při tlakové ztrátě 0,1 MPa nebo po 4 měsících provozu

Reverzně osmotická jednotka vybavená:

- snímáním pracovních tlaků manometry
- 2 x RO modulem FILMTEC 1,8“x 12“
- reálný pracovní tlak 0,3 MPa – 0,8 MPa
- mezní pracovní tlak 0,85 MPa
- odstranění iontů (odsolení)
 - min. odsolovací schopnost 96 %
 - typická odsolovací schopnost 98 %
 - částice 100 %
 - bakterie, pyrogeny 99,99 %
 - organické látky (nad velikost molekuly 300) 99 %
- životnost membrány cca 3 roky

Demineralizační kolona:

- tlaková nádoba je ze sklolaminátu, osazena PVC rozváděcí hlavou s horním sběrným košem, středovou trubkou a dolním difusorem.
- iontoměničová pryskyřice

Digitální měření kvality vody

- digitální konduktometr složí pro orientační přímou kontrolu produkované vody, měří pouze při chodu stanice a je napájen bateriemi.

3.5.1.3. Popis technologie AQUAL[®] :

Vstupní voda je na kombinovaném filtru s aktivním uhlím **H-FJ 9-CAPA-1** zbavována volného aktivního chloru a části organických látek. Filtr obsahuje výměnné patrony s porozitou 20 µm a vrstvou aktivního uhlí.

Ve druhém stupni předúpravy je voda na hloubkovém filtru **H-FJ 9-FQ-1** zbavována zbývajících mechanických nečistot do hrubosti 1 µm. Filtr obsahuje výměnné patrony s porozitou 1 µm, který chrání účinnou povrchovou vrstvou membrány membránové jednotky stanice reverzní osmózy, před případnými úlety drobných částic filtračních hmot z předchozích stupňů a jemnými mechanickými nečistotami ve vstupní vodě.

Výměny všech filtračních patron se provádějí ručně, podle údajů rozdílů tlaku na příslušných manometrech nebo v předepsaných intervalech.

Kompletně předupravená voda je přivedena na vstup reverzně osmotické jednotky. Výkon RO modulů je závislý na teplotě vody, s klesající teplotou klesá a naopak. Zařízení má dostatečnou rezervu ve výkonu. Reverzně osmotická jednotka je sestavena ze dvou membránových modulů typ TFC 1,8“ x 12“ umístěných v tlakových pouzdech. Pro předúpravní technologii jsou použity konstrukční materiály s hygienickým atestem pro pitnou vodu. To platí rovněž pro vstupní a koncentrátovou část RO stanice. Použité konstrukční materiály na permeátové části zařízení můžou být PP, PA a PVC-U.

Demi voda z RO stanice (permeát) je dočištěna na filtru demineralizační kolony s náplní mix bedu speciální čistoty. Kvalita permeátu je monitorována vodivostní sondou a hodnota vodivosti je zobrazena na čelním panelu digitálního konduktometru. Výměna se provádí přepojením rezervní demikolony nebo servisním pracovníkem firmy, který provede výměnu výměnným způsobem. Demineralizační kolony se používají o objemu 7l pryskyřice – kapacita cca 4-5000 l pod 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20 l – kapacita cca 12 – 15 000 l pod 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a dále 30 l – kapacita cca 16 – 20 000l pod 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Uvedené životnosti jsou orientační – záleží na kvalitě vstupní vody. Tímto způsobem lze vyrobit deionizovanou vodu s vodivostí výrazně nižší než 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Permeát natéká přes UV lampu do zásobní nádrže o objemu 50l. Dále je demineralizovaná voda pomocí dopravního čerpadla dopravována do tlakového rozvodu, který je určen pro tlakové napájení zařízení jako např. myčka laboratorního skla, analyzátor pro rozbor krve, ale také pro běžný odběr (pouze při použití zásobní nádrže, automatického řízení RO a dopravního čerpadla).

3.5.1.4. Provoz a údržba:

Pro zařízení bez zásobní nádrže a automatického řízení:

Zařízení se spouští manuálně pomocí ventilu vstupní vody. Na manometrech musí být tlak v rozmezí 0,3 – 0,8 MPa. Po úpravě potřebného množství vody se musí přívodní ventil znovu zavřít, aby nedošlo k vytopení.

3.5.1.5. Garance:

Výrobce garantuje minimální výkon u zařízení AQUAL 29 XL 9 l/hod, denní produkci min. 216 l/den. Dále je garance kvality vody na výstupu s hodnotou vodivosti pod 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Přístroje jsou certifikovány dle ČSN ISO 3696, jakost vody pro analytické účely, pro 2. stupeň jakosti vody a dle Českého Lékopisu 2005.⁽¹⁸⁾

Tabulka č. 11: Parametry výstupní vody:

Obsah těžkých kovů:	max. 0,01 mg/l
Obsah specifických látek (CHSK):	max. 0,1 mg/l
Odsolení vůči vstupní vodě (AQUAL 29 XL)	min. 96%
Odsolení vůči vstupní vodě (AQUAL 29 XL s demikolonou)	pod 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$

3.5.1.6. Struktura kalkulace

Tabulka č. 12: Náklady na provoz pro 10 let:

Náklady	min. životnosti	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena s DPH
Cena přístroje Aqual 29 XL	120 měsíců	1	31 908 Kč	31 908 Kč
Filtrační svíčka - aktivní uhlí 20 μm **	4 měsíce	30	432 Kč	12 960 Kč
Jemná filtrační svíčka 1 μ **	4 měsíce	30	264 Kč	7 920 Kč
RO membrána 9 l/hod	36 měsíců	3	4 200 Kč	12 600 Kč
Ionex MIX v DK 618-07	cca 5 000 l	127	1 008 Kč	128 016 Kč
Energie*		0	3,20 Kč/kWh	0
Cena vstupní vody za 1 m ³		632,5 m ³	70,56 Kč/m ³	44 629 Kč
Náklady za 10 let celkem (X_k)				238 033 Kč

*přístroje nepoužívají k chodu el. energii, ale i v případě použití např. čerpadla se jedná o nepatrnou položku

**Dodavatel uvádí životnost 4-6 měsíců, nebo 20 m³, vzhledem k tomu, že odběr v laboratoři bude za 4 měsíce menší než 20 m³, dále je počítáno s dobou životnosti 4 měsíce.

Výpočet ceny na 1 litr:

$$C_k = \frac{X_k}{n_k}$$

$C_k = 238\,033/506\,000 = 0,47$ Kč za 1 litr destilované vody.

Přístroj Aqual 29 XL je tedy podle mých výpočtů schopen za 10 let provozu vyrábět demineralizovanou vodu za cenu 0,47 Kč za 1 litr.

3.5.2. Zařízení na přípravu ultračisté vody DEMIWA 10 roi

Přístroje jsou určeny pro přípravu velmi čisté vody z pitné vody reversní osmózou s výkonem 9 l/hod. Kvalitu výstupní vody je možno sledovat na zabudovaném konduktometru.

Demineralizovaná voda odpovídá vodě pro analytické účely, případně lékopisu pro aqua purificata ,s vodivostí až pod hranicí 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Napájecím médiem je pitná voda o minimálním tlaku 0,2 MPa.

Části zařízení

- filtrace - odstraní z vody mechanické nečistoty
- dechlorace aktivním uhlím
- reversní osmóza – odstraní z vody anorganické ionty s účinností 95 - 99 %, bakterie a mikroorganismy
- iontoměničové dočištění ⁽¹⁹⁾



Obrázek č. 5: Zařízení Demiva

Tabulka č. 13: Technické údaje

Zařízení		Výsledný produkt	Výkon [l/hod.]	Tlak	Vstupní voda [μS/cm]	El. příkon [W]
DEMIWA	roi	max. 1μS	10	Max. 1 MPa	1000	20
10						

3.5.2.1. Struktura kalkulace

Tabulka č. 14: Náklady na provoz pro 10 let:

Náklady	min. životnosti	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena s DPH
Cena přístroje Demiwa 10	120 měsíců	1	33 372 Kč	33 372 Kč
Modul - aktivní uhlí	4 měsíce	30	594 Kč	17 820 Kč
Vinutá vložka	4 měsíce	30	96 Kč	2 880 Kč
RO membrána 9 l/hod	36 měsíců	3	7 128 Kč	21 384 Kč
Ionex MIX*	cca 5 000 l	127	1 680 Kč	213 360 Kč
Energie*		0	0	0
Cena vstupní vody za 1 m ³		632,5 m ³	70,56 Kč/m ³	44 629 Kč
Náklady za 10 let celkem (X_k)				333 445 Kč

*dodavatel uvádí cenu nového ionexu na 200 Kč/1l. Cena byla přepočítána na 7 litrů z důvodu porovnání.

*přístroje nepoužívají k chodu el. energii, ale i v případě použití např. čerpadla se jedná o nepatrnou položku

Výpočet ceny na 1 litr:

$$C_k = \frac{X_k}{n_k}$$

$C_k = 333\,445 / 506\,000 = 0,66$ Kč za 1 litr destilované vody.

Přístroj Demiwa 10 roi je tedy podle mých výpočtů schopen za 10 let provozu vyrábět demineralizovanou vodu za cenu 0,66 Kč za 1 litr.

3.5.3. Destilační přístroj IDPE 10



Přístroje jsou určeny k destilaci vody běžné tvrdosti, složením odpovídající normě pro pitnou vodu. Topný element je elektrodový a tvoří ho grafitové tyče, nebo tvarované nerezové plechy. Elektrodové topení a způsob jeho zapojení nevyhovuje rozvodům s předřazenými proudovými chrániči, které jsou instalovány například v nově vybudovaných zdravotnických zařízeních. Množství destilované vody a životnost elektrod je úměrná složení vstupní vody. Během provozu ulpívá v prostoru vařáku kámen, který nelze odstranit pouhým proplachem a který má za následek snížení jak výkonu přístroje, tak i kvality destilované vody na výstupu. Zákazník by tedy při nákupu měl mít dobré informace o celkové

tvrdosti a tlaku vstupní vody v přívodním potrubí. ⁽²⁰⁾

Tabulka č.15: Technické parametry

Napětí	3 x 400V/50 Hz
Příkon	5,9–10,5 kW (závisí na tvrdosti vody)
Specifický příkon	720 + 70 W/l destilované vody
Proud	16 A
Vstupní voda	pitná voda
Tlak napájecí vody (před uzavěrem)	ustálený 0,1–0,6 MPa (1,0-6,0 kp/cm ²)
Celkový průtok napájecí vody	100–150 l/hod při vstupní teplotě 9–12 °C (průtok vody závisí na tvrdosti a teplotě)
Destilovaná voda	odpovídá ČSN ISO 3695 stupeň 3
Teplota odpadní vody	45–60 °C
Výkon přístroje	7,4–14,5 litrů destilované vody za hodinu při teplotě destilované vody 25 až 35 °C

Cena spotřebované pitné vody za 10 let: Jak vyplývá z tabulky č. 14, je spotřeba vstupní vody mnohem vyšší, než u zařízení na principu reverzní osmózy

Účinnost skleněných destilačních přístrojů:

Průměrný průtok vody.....125 l/h.....100%.

Průměrný výkon zařízení.....10,95 l/h.....8,76%.

Účinnost zařízení je tedy jen 8,76%.

Na 506 000 litrů permeátu:

506 000 l.....8,76%.

x l.....100%

x = 5 776 256 l

Spotřeba vstupní vody u skleněných destilačních přístrojů je tedy 5 776 256 l za dobu 10 let.

Cena za odebranou elektrickou energii

Spotřebovaná elektrická energie je definovaná jako odebíraný příkon za jednotku času.

Základní jednotkou je Watt-hodina (jinak také (J) Joule). V praxi se častěji používá jednotka (kWh) kilo-Watt-hodina.

$$Cena_{OE} = ZC_{1kWh} \cdot P_{kW} \cdot t_{hod}$$

kde $Cena_{OE}$ je cena za odebranou elektrickou energii (Kč)

ZC_{1kWh} je základní cena za 1kWh (průměrná cena je 3,2 Kč)

P_{kW} je činný příkon spotřebiče (závisí na solnosti – počítán průměr 8,2 kWh)

t_{hod} je doba, po kterou je příkon odebíráán v dané sazbě (hod) – stanovena dle požadavku vyrobit za 10 let 506 000 l destilované vody, při výkonu zařízení 10,95 l/h je požadovaná délka provozu přibližně 46 210 hodin. ⁽²¹⁾

$Cena_{OE} = 3,2 \cdot 8,2 \cdot 46\ 210 = \underline{1\ 212\ 550\ Kč}$ za dobu 10 let

3.5.3.1. Struktura kalkulace

Tabulka č. 16: Náklady na provoz pro 10 let:

Náklady	min. životnosti	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena s DPH
Cena přístroje IDPE 10	10 let	1	27 600 Kč	27 600 Kč
Náhradní elektrody	3 roky	3	960	2 880
Energie		378 922 kWh	3,20 Kč/kWh	1 212 550
Cena vstupní vody za 1 m ³		5 776,256 l m ³	70,56 Kč/m ³	407 573 Kč
Náklady za 10 let celkem (X_k)				1 650 603 Kč

Výpočet ceny na 1 litr:

$$C_k = \frac{X_k}{n_k}$$

$C_k = 1\,650\,603 / 506\,000 = 3,26$ Kč za 1 litr destilované vody.

Přístroj IDPE 10 je tedy podle mých výpočtů schopen za 10 let provozu vyrábět demineralizovanou vodu za cenu 3,26 Kč za 1 litr.

4. VÝSLEDKY A DISKUSE

V teoretické části této práce byly popsány způsoby přípravy destilované vody - destilací, deionizací pomocí iontoměníčů a metodou reverzní osmózy. Byly popsány zařízení pracující na těchto principech a jejich hlavní části.

Teorie ukázala, že v minulosti byla nejpoužívanější metodou přípravy destilované vody destilace. Jakmile ale docházelo ke zdražování cen pitné vody, jak ukazuje tabulka č.5 v experimentální části a zdražování energie, která je nutná pro přípravu destilované vody ve skleněných destilačních přístrojích, začaly se rozvíjet jiné metody příprav destilované vody, jako je deionizace pomocí iontoměníčů a metoda reverzní osmózy. Začaly se vyvíjet nové přístroje, které nebudou tolik závislé na cenách energie a pitné vody, a to hlavně snížením spotřeby pitné vody a energie. U skleněných destilačních přístrojů je účinnost zařízení jen kolem 8,7%, což ukazuje jak velká je spotřeba vstupní pitné vody přístroje k výrobě destilované vody. Je zde však ještě další velmi nákladná položka a to spotřeba elektrické energie, která se spotřebuje na ohřátí vody v destilačních přístrojích na teplotu varu, aby mohlo dojít k destilaci.

Reverzní osmóza je na rozdíl od metody destilace proces membránové filtrace a náklady na spotřebu elektrické energie jsou buď eliminovány úplně, nebo jsou jen minimální (v případě připojení pomocných čerpadel aj.) a metoda pracuje již s účinností 80% a výrazně snižuje náklady na spotřebu pitné vody. Sice jsou zde náklady vniklé na výměnu provozních částí přístroje, ale jedná se pořád o nižší náklady, než u destilace. Další velmi účinnou metodou je deionizace pomocí iontoměníčů. Tato metoda se však používá jen pro dočišťování vody za reverzní osmózou. Použití iontoměníčů k samotné demineralizaci by mělo za následek rychlé vyčerpání iontoměníčových náplní, jejichž výměna není zrovna levnou záležitostí. Použitím iontoměníčů k dočištění za reverzní osmózou je používáno hlavně k zajištění požadované čistoty vody pod $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}$.

V experimentální části jsou kalkulovány celkové náklady přístrojů pracujících na výše uvedených principech za dobu provozu 10 let a dle nich byla vypočítána cena 1 litru destilované vody produkovaná jednotlivými přístrojů. Tyto ceny shrnuje následující tabulka č. 17.

Tabulka č. 17: Přehled nákladů vybraných přístrojů

Typ přístroje	Pořizovací cena	Náklady pro 10 let	Cena výroby 1 l demi. vody
Aqual 29 XL	31 908 Kč	238 033 Kč	0,47 Kč
Demiwa 10 roi	33 372 Kč	333 445 Kč	0,66 Kč
IDPE 10	27 600 Kč	1 650 603 Kč	3,26 Kč

Dle pořizovacích nákladů jsou nepatrně levnější skleněné destilační přístroje. Tabulka č.17 ale potvrzuje již výše popsanou ekonomickou nevýhodnost destilace, která se projeví až za delšího chodu přístroje. Do budoucna lze podle vývoje cen pitné vody a energie předpokládat ještě větší znevýhodnění destilace a její úplné nahrazení reverzně osmotickými přístroji. Kalkulace uvedené v bakalářské práci jsou zpracovány dle aktuálních cen v roce 2011 a není tedy zohledněn nárůst ceny energie, vody a přístrojů samotných.

5. ZÁVĚR

Cílem práce bylo porovnání různých metod přípravy destilované vody v chemické laboratoři, čehož bylo dosaženo nejdříve porovnáním výhod a nevýhod těchto metod v teoretické části a následně ověřeno u vybraných přístrojů pracujících na těchto principech v části experimentální. Bylo ověřeno, že v současnosti se jeví jako nejekonomičtější a nejpraktičtější metoda reverzní osmózy. Na trhu je dostatečný výběr přístrojů, které pracují na tomto principu. Metoda reverzní osmózy nevyžaduje většinou žádnou spotřebu elektrické energie na rozdíl od klasických skleněných destilačních přístrojů a i spotřeba vstupní vody je mnohem menší, neboť účinnost přístrojů na principu reverzní osmózy je kolem 80%. U skleněných destilačních přístrojů je jen kolem 8,7%, což je z časového hlediska velkou nevýhodou. Nákladnost metody reverzní osmózy se však zvýší ještě dočištěním pomocí ionexů, aby bylo dosaženo požadované kvality permeátu. Ale i přesto jde o pořád nejvýhodnější metodu a kvalitou demineralizované vody nesrovnatelnou s destilací.

Co se týče cen přístrojů na trhu, jsou velice podobné u všech uvedených dodavatelů, včetně cen náhradních dílů a servisu a pro dobu 10.ti let. Ceny náhradních dílů nutných ke správné funkci reverzně osmotických přístrojů se jeví jako nepatrné částky ve srovnání s nákladností provozu destilačních přístrojů. U skleněného destilačního přístroje je pořizovací cena nevýrazně menší, než pořizovací cena RO přístrojů, ale spotřeba pitné vody a energie tohoto přístroje se nedá srovnat se spotřebou zařízení reverzní osmózy. Proto bych pro spotřebitele doporučil zařízení reverzní osmózy, neboť se skutečně jedná o nejekonomičtější a velice praktické zařízení.

6. SUMMARY

The aim of this thesis was comparison of different methods for the preparation of distilled water in a chemical laboratory, which was achieved first by comparing the advantages and disadvantages of these methods in the theoretical part and subsequently validated for selected devices operating on these principles in the experimental part. It was verified that at present appears to be the most economical and most practical method of reverse osmosis. On the market there is sufficient selection of devices that operate on this principle. Method of reverse osmosis requires mostly any electricity, unlike conventional glass stills, and even the inlet water consumption is much lower, because the effectiveness of instruments on the basis of reverse osmosis is about 80%. For glass distilling apparatus is only about 8,7%, which is from over time big disadvantage. Costingness of reverse osmosis method, however is increased by using ion exchange resins, to achieve the desired quality of permeate. But yet it's still the best method and qality of demineralized water is unmatched by distillation.

As regards the prices of equipment on the market, are very similar in all these suppliers, including the prices of spare parts and for time of 10 years. The prices of spare parts necessary for proper operation of reverse osmosis equipment appeared to be limited in amount compared to the costly operation of distillation equipment. The glass distillation unit price is slightly less than the price of reverse osmosis equipment, but the consumption of drinking water and energy of this device can not be compared with the consumption of reverse osmosis equipment. I would therefore for consumer recommend the reverse osmosis equipment, as is indeed most economical and very practical device.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Galuszka, Petr a Luhová, Lenka. *Laboratorní technika pro biochemiky*. Olomouc : UP Olomouc, 2005.
2. ČSN ISO 68 4063. *Voda destilovaná*. Praha : Vydavatelství úřadu pro měření a normalizaci, 1982.
3. ČSN ISO 3696. [Online] 2011. [Citace: 26. Duben 2011.] <http://normy.cz/Detailnormy.aspx?k=16429>.
4. Water World Engineering. [Online] [Citace: 28. duben 2011.] http://www.waterworld.com.bd/filter_method.html.
5. Myron L Company. [Online] 2009. [Citace: 17. Duben 2011.] http://www.myronl.com/PDF/application_bulletins/di_ab.pdf.
6. Cal Water. [Online] [Citace: 18. Duben 2011.] www.cal-water.com/pdf/DI_in_a_NutShell.pdf.
7. Marhol, Milan. *Měniče iontů v chemii a radiochemii*. Praha : Academica, 1976.
8. Samuelson, Olof. *Měniče iontů v analytické chemii*. Praha : SNTL, 1966.
9. Černohorská, Lilie. *Zhospodárnění lékarenského provozu uplatněním demineralisované vody*. Hradec Králové : Hradec Králové, 1972.
10. Veger, Jaromír. *Reverzní osmóza*. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský, 1983.
11. Myron L Company. [Online] 2008. [Citace: 28. Duben 2011.] http://www.myronl.com/PDF/application_bulletins/ro_ab.pdf.
12. Zlámal, Jaroslav, Bellová, Jana a Bohanesová, Eva. *Podniková ekonomie a management*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007.
13. Dyntarová, Věra a Papoušek, Lubomír. *Náklady, kalkulace a ceny*. Praha : ČVUT v Praze, 2009.
14. Macík, Karel. *Kalkulace a rozpočetnictví*. Praha : ČVUT v Praze, 2008.
15. Cena vody pro rok 2011. [Online] [Citace: 5. Květen 2011.] <http://www.smv.cz/clanek/cena-vody-pro-rok-2011.html>.
16. Vodné-stočné. [Online] 2008. [Citace: 5. Květen 2011.] <http://www.vodarenstvi.com/okres-olomouc/vodne--stocne.php>.

17. Vitrum. [Online] 2011. [Citace: 1. Květen 2011.] http://www.vitrum.cz/zarizeni-na-vyrobu-ciste-demineralizovane-vody_k1244_p1678.html.
18. Aqual s.r.o. [Online] 2011. [Citace: 24. Duben 2011.] <http://www.aqual.cz/cz/40/zakladni-typy---vykon-do-18-l-hod/32/aqual-2x>.
19. Demiva 10 roi. [Online] 2007. [Citace: 5. Květen 2011.] http://www.thermofisher.cz/eshop/8003_3022.html.
20. Příklad destilační IDPE 10/4-7. [Online] 2011. [Citace: 1. květen 2011.] http://www.thermofisher.cz/eshop/8002_1010.html.
21. Středisko vosvdf. [Online] 2011. [Citace: 5. Květen 2011.] http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/487/FVS_014_cviceni/014_mereni_prikonu.pdf.
22. Destilační přístroj IDPE 10. [Online] 2010. [Citace: 24. Duben 2011.] http://www.simax.cz/cz/laboratorni-zarizeni-a-davkovaci-cerpadla___destilacni-pristroj-idpe-10___technicke-sklo___laboratorni-sklo.html.
23. Čistá, ultračistá a laboratorní voda se zárukou i tradicí Watek. [Online] [Citace: 24. Duben 2011.] http://www.watek.cz/images/stories/downloads/Katalog_DEMIWA_verze_003-26-06-2006_CS.pdf.
24. Dorfner, Konrad. *Ion exchangers : Properties and applications*. místo neznámé : Ann Arbor, 1972.

8. SEZNAM PŘÍLOH:

- P. 1: Destilační přístroj IDPE 10. Katalog MERCI, s.r.o.
- P. 2: Reverzní osmóza Aqual. Katalog MERCI, s.r.o.
- P. 3: Ceník přístrojů reverzní osmózy. Katalog MERCI, s.r.o.
- P. 4: Destilační přístroj I-DPE. Katalog Fisher Scientific, spol. s r.o.
- P. 5: Demineralizační zařízení Demiwa 10. Katalog Fisher Scientific, spol. s r.o.
- P. 6: Ceny servisu přístrojů
- P. 7: Ceny servisu přístrojů