



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ**

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ PROJEKTŮ  
ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD A JEJICH DOPADU  
NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF PROJECTS OF WASTEWATER TREATMENT  
PLANTS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

DOCTORAL THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Ing. JIŘINA TURKOVÁ

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. JANA KORYTÁROVÁ, Ph.D.

**BRNO 2020**

## **Abstrakt**

Disertační práce se věnuje problematice hodnocení technicko-ekonomické efektivity projektů čistíren odpadních vod. Stejně jako u většiny veřejně prospěšných projektů, tak i zde je stěžejním důvodem realizace celospolečenský přínos, nikoliv dopad na investora. Provedená literární rešerše ukazuje přehled nejčastěji využívaných metod hodnocení environmentálních vlivů, které se liší jak náročností zpracování, tak také strukturou vstupních i výstupních informací. V souladu s Evropskou legislativou je na vybraný vzorek čistíren odpadních vod aplikována Analýza nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA), v její ekonomické části jsou standardně hodnocené celospolečenské dopady rozšířeny o další možné přínosy spojené s realizací projektu. Hlavním výstupem práce je pak vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu projektu, který je stanoven jako rozdíl ekonomické čisté současné hodnoty investice se standardními a individuálně navrženými socio – ekonomickými dopady. Jako alternativa k tradičnímu přístupu je v disertační práci dále simulována Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA), která na základě vícekritériálního hodnocení ukazuje technickou efektivnost stejného vzorku čistíren a slouží tak jako velmi účinný nástroj při manažerském rozhodování.

## **Abstract**

The doctoral thesis deals with the issue of evaluating of technical-economic efficiency of wastewater treatment plant projects. Same as most public benefit projects, the main reason for implementation is the societal benefit of the company, not the impact on the investor. The literature review provides an overview of the most commonly used methods of environmental impact assessment, which differ in both the difficulty of processing and in the structure of input and output information. In accordance with the European legislation, the Cost Benefit Analysis (CBA) is applied to a selected sample of waste water treatment plants, in its economic part, the standardly assessed societal impacts are extended by other possible benefits associated with the implementation of the project implementation. The main output of the thesis is the quantification of the increment to the societal benefit of the project, which is set to the difference between the economic net present value of the investment and the standard and individually designed socio-economic impacts. As an alternative to the traditional approach, the thesis also simulates the Data Envelopment Analysis (DEA), method is based on multi-criteria evaluation shows the technical efficiency of the sewage treatment plant sample and thus serves as a very effective tool in managerial decision-making.

### **Klíčová slova**

Analýza nákladů a přínosů, čistírna odpadních vod, ekonomická analýza, ekonomická čistá současná hodnota, metoda datových obalů, přírůstek k celospolečenskému přínosu, socio - ekonomické dopady, životní prostředí.

### **Keywords**

Cost Benefit Analysis, Wastewater Treatment Plant, Economic Analysis, Economic Net Present Value, Data Envelopment Analysis, Increment to Societal Benefit, Socio - Economic Impacts, Environment.

### **Bibliografická citace práce**

Ing. Jiřina Turková, *Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod a jejich dopadu na životní prostředí*. Brno, 2020. 174 s., 27 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem *Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod a jejich dopadu na životní prostředí* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

---

Ing. Jiřina Turková  
autor práce

**Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy závěrečné práce**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané disertační práce s názvem *Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod a jejich dopadu na životní prostředí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne

---

Ing. Jiřina Turková  
autor práce

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí své disertační práce, doc. Ing. Janě Korytářové, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a podnětné připomínky. Dále mé poděkování patří mému snoubenci, rodině a přátelům za jejich trpělivost a podporu během zpracovávání mé disertační práce.

## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2 CÍL PRÁCE, FORMULACE VÝZKUMNÝCH OTÁZEK, POSTUP ŘEŠENÍ</b>	<b>14</b>
2.1 Cíl práce .....	14
2.2 Formulace výzkumných otázek.....	14
2.3 Postup řešení .....	14
<b>3 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>15</b>
3.1 Globální problémy se zajištěním pitné vody .....	17
3.2 Investice do ochrany životního prostředí v oblasti vod v ČR.....	18
<b>4 STOKOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....</b>	<b>23</b>
4.1 Historický vývoj nakládání s odpadními vodami .....	23
4.2 Vývoj vodního hospodářství v českých zemích .....	25
4.3 Stručná charakteristika odpadních vod.....	27
4.4 Znečištění odpadních vod .....	27
4.4.1 Bodové znečištění.....	28
4.4.2 Difúzní a plošné znečištění.....	29
4.5 Klasifikace látek obsažených ve vodě.....	29
4.5.1 Léčiva jako nebezpečné polutanty v odpadních vodách.....	32
4.5.2 Pokročilé technologie a metody pro eliminaci léčiv z odpadních vod .....	34
4.6 Způsoby čištění odpadních vod.....	34
4.6.1 Předčištění a mechanické čištění .....	35
4.6.2 Biologické čištění .....	35
4.6.3 Terciární dočištění .....	36
4.7 Infrastruktura vodního hospodářství .....	36
4.7.1 Oddílný model provozování .....	37
4.7.2 Smíšený model provozování .....	38
4.7.3 Vlastnický model provozování.....	38
4.7.4 Model samostatného provozování.....	38
4.8 Zásobování vodou v ČR.....	38
4.8.1 Počet ČOV a jejich celková denní kapacita .....	38
4.8.2 Spotřeba a zásobování pitné vody.....	39
4.8.3 Kanalizační sítě.....	40
4.9 Důležité aspekty návrhu ČOV.....	41
<b>5 LEGISLATIVNÍ RÁMEC.....</b>	<b>43</b>
5.1 Základní dokumenty Evropské unie .....	43
5.1.1 Rámcová směrnice o vodě (směrnice 2000/60/ES) .....	44
5.2 Základní dokumenty České republiky.....	45
5.2.1 Vodní zákon.....	45
5.3 Strategické dokumenty .....	47
<b>6 REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU POZNÁNÍ: ANALÝZA METOD HODNOCENÍ DOPADŮ PROJEKTŮ ČOV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>49</b>
6.1 Posouzení životního cyklu (LCA).....	52
6.2 Analýza nákladů a přínosů (CBA) .....	58
6.3 Ostatní používané metody .....	65
6.4 Shrnutí provedené literární rešerše.....	68
<b>7 ANALÝZA NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ .....</b>	<b>71</b>



7.1	Historické základy metody, obecné pojetí a základní principy .....	71
7.2	Postup zpracování analýzy CBA .....	73
7.2.1	<i>Popis kontextu, definice cílů, identifikace projektu</i> .....	74
7.2.2	<i>Technická proveditelnost a ekologická udržitelnost</i> .....	74
7.2.3	<i>Finanční a ekonomická analýza</i> .....	75
7.2.4	<i>Hodnocení rizik</i> .....	77
7.2.5	<i>Závěrečné shrnutí</i> .....	79
7.3	Silné a slabé stránky CBA .....	79
7.3.1	<i>Silné stránky CBA</i> .....	79
7.3.2	<i>Slabé stránky CBA</i> .....	80
7.4	Specifika CBA u projektů ČOV .....	80
<b>8</b>	<b>FINANČNÍ ANALÝZA CBA</b> .....	<b>82</b>
8.1	Referenční období .....	83
8.2	Kritériální ukazatele finanční analýzy .....	84
8.2.1	<i>Čistá současná hodnota</i> .....	84
8.2.2	<i>Vnitřní výnosové procento</i> .....	85
8.2.3	<i>Index rentability</i> .....	86
8.2.4	<i>Doba návratnosti investice</i> .....	86
<b>9</b>	<b>EKONOMICKÁ ANALÝZA CBA</b> .....	<b>88</b>
9.1	Kritériální ukazatele ekonomické analýzy .....	89
9.2	Konverze z tržních cen na stínové ceny .....	90
9.2.1	<i>Stínové ceny</i> .....	90
9.2.2	<i>Náhražkové trhy</i> .....	90
9.2.3	<i>Kontingenční oceňovací metody</i> .....	90
9.3	Vyhodnocení netržních dopadů a korekce o externality .....	90
<b>10</b>	<b>FINANČNÍ A EKONOMICKÁ ANALÝZA PROJEKTŮ ČOV</b> .....	<b>94</b>
10.1	Specifikace vybraného vzorku ČOV .....	94
10.2	Simulace finanční analýzy .....	100
10.3	Simulace ekonomické analýzy .....	103
10.4	Návrh dalších socioekonomických dopadů .....	108
10.4.1	<i>Pořízení a provoz domácích čistíren odpadních vod</i> .....	108
10.4.2	<i>Vznik nových pracovních míst v souvislosti s výstavbou nové ČOV</i> .....	112
10.4.3	<i>Výpočet přírůstku k celospolečenskému přínosu</i> .....	117
<b>11</b>	<b>METODA DATOVÝCH OBALŮ</b> .....	<b>121</b>
11.1	Základní princip a vymezení metody .....	121
11.2	Výnosy z rozsahu .....	123
11.2.1	<i>Konstantní výnosy z rozsahu</i> .....	123
11.2.2	<i>Variabilní výnosy z rozsahu</i> .....	124
11.3	Hodnocení jednotek s více vstupy a výstupy .....	125
11.4	Základní modely DEA .....	126
11.4.1	<i>Modely CCR</i> .....	127
11.4.2	<i>Model BCC</i> .....	129
11.5	Silné a slabé stránky DEA .....	130
<b>12</b>	<b>APLIKACE METODY DEA</b> .....	<b>132</b>
12.1	Software pro hodnocení efektivnosti .....	132
12.2	Definice množiny produkčních jednotek .....	133
12.3	Identifikace vstupů a výstupů .....	133
12.4	Simulace modelu CCR .....	137

12.4.1	<i>Návrh optimalizace vstupů (CCR – I)</i> .....	139
12.4.2	<i>Návrh optimalizace výstupů (CCR – O)</i> .....	140
12.5	Simulace modelu BCC.....	142
12.5.1	<i>Návrh optimalizace vstupů (BCC – I)</i> .....	144
12.5.2	<i>Návrh optimalizace výstupů (BCC – O)</i> .....	145
<b>13</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>146</b>
13.1	Vyhodnocení stanovených výzkumných otázek .....	146
13.2	Přínosy disertační práce pro praxi .....	148
13.3	Shrnutí.....	149
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>150</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b> .....	<b>167</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>170</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>172</b>
	<b>PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI, PRÁCE NA PROJEKTECH, STÁŽE..</b>	<b>173</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>175</b>

## 1 ÚVOD

Voda pokrývá téměř 71 % zemského povrchu, jedná se o nenahraditelný a zcela nezbytný zdroj pro všechny živé organismy. Objem vody na celém světě, ve všech mořích, oceánech, ledovcích, atmosféře i objem vody podzemní a povrchové je odhadován na 1,386 mld. km<sup>3</sup>. To znamená, že pokud by voda rovnoměrně pokryla zemský povrch, rozprostíralo by se na Zemi moře o průměrné hloubce 2 620 m. Voda představuje nejrozšířenější kapalinu na světě, základ života a přírodní bohatství, které je jedním z hlavních faktorů životního prostředí. I přes obrovské množství vody na Zemi je nutné si uvědomit, že pouze necelé 3 % z celkového objemu představuje voda pitná. Převážné množství pitné vody je obsaženo v ledovcích a polárním ledu, dále také v živých organismech, rostlinách apod., povrchová voda využitelná pro člověka tak zaujímá pouze 0,01 % z celkového objemu vody<sup>1</sup>. Vlivem rostoucího počtu obyvatel, masivní produkce potravin, industrializace, ale také vlivem globálního oteplování se zejména pitná voda stává stále vzácnější komoditou. Snížení negativních dopadů lidské činnosti na vodní zdroje a životní prostředí je zakotvené v legislativě většiny států světa. Klíčové strategické cíle tak v sobě snoubí principy nejenom ekonomické, ale také environmentální a sociální.

Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavujícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států vztahujícího se na celou oblast životního prostředí je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000<sup>2</sup>. Tato směrnice, též označována jako Rámcová směrnice o vodách (RSV), cílí na zlepšení stavu vodních ekosystémů a vodního prostředí, podporuje také udržitelné užívání vody, zajišťuje snižování znečišťování podzemních vod a přispívá ke zmírnění účinku povodní a období sucha. Členské státy mají usilovat o snižování znečišťování podzemních vod, o zlepšení vodního prostředí a o dosažení přinejmenším dobrého stavu vod. Článek 5 směrnice 2000/60/ES nařizuje všem členským státům pro každou oblast povodí a pro část mezinárodní oblasti povodí ležící na jeho území zpracovat analýzu jejích charakteristik, zhodnotit dopady lidské činnosti na stav povrchových vod a podzemních vod a provést ekonomickou analýzu užívání vod.

---

<sup>1</sup> Dostupné z [on-line 30.11.2019]: <http://www.vodarenstvi.cz/svet-vody/>

<sup>2</sup> Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Ochrana vody a vodních zdrojů je součástí rozsáhlého výzkumu ochrany životního prostředí, jehož cílem je zajištění udržitelného rozvoje společnosti ve všech oblastech (ochrana ovzduší a klimatu, nakládání s odpadními vodami, nakládání s odpady, ochrana a sanace půdy, podzemních a povrchových vod, omezování hluku a vibrací, ochrana biodiverzity a krajiny). Samotný pojem udržitelný rozvoj se začal používat v 80. letech 20. století a pro jeho objasnění existuje celá řada definic (Balkema a kol., 2002). Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb.<sup>3</sup>, uvádí, že udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, aniž by snižoval rozmanitost přírody či přirozenou funkci ekosystémů. Z hlediska ekonomiky v rámci zachování udržitelného rozvoje nesmí mít dnešní růst blahobytu negativní důsledky pro blahobyt zítřejší, tedy zachování minimálně stejné úrovně ekonomických příležitostí.

Ve smyslu principu trvale udržitelného rozvoje je sledována efektivnost investičních projektů z hlediska ekonomického, environmentálního a sociálního. Ekonomika ochrany životního prostředí a přírodních zdrojů se zabývá problémy globálního rozsahu a významnosti z hospodářského pohledu. Na problematiku ekonomicky efektivní alokace přírodních zdrojů je nutné pohlížet jak z makroekonomické úrovně, tak i z té mikroekonomické. Proces ekonomického hodnocení environmentálních dopadů představuje přiřazení peněžní hodnoty netržním statkům tam, kde mají tyto peněžní hodnoty určitý význam.

Disertační práce se zabývá problematikou kvantifikace dopadů investičních projektů z oblasti vodního hospodářství na životní prostředí. Konkrétně se jedná o čistírny odpadních vod (dále také jako „ČOV“), které přinášejí jak pozitivní, tak také negativní externality. Ačkoliv jsou tyto dopady velmi obtížně ocenitelné (nemají zpravidla žádnou tržní hodnotu), jejich finanční vyjádření je pro posouzení ekonomické efektivnosti projektů ČOV nezbytné. Práce se zabývá aplikací analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, dále také jako „CBA“), která hraje při posuzování investičních projektů významnou roli, a to zejména při kvantifikaci neocenitelných nákladů a přínosů.

Analyzována bude také možnost implementace dalších metod, které by mohly nahradit současné způsoby hodnocení nebo je případně vhodně doplnit. Na vybraném vzorku ČOV tak bude modelována Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, dále také jako „DEA“) fungující na principu lineárního programování.

---

<sup>3</sup> Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb.

Na následujících stranách jsou nejprve specifikovány obecné podmínky ochrany životního prostředí zejména ve vztahu k vodním zdrojům, které jsou ovlivňovány řadou negativních vlivů. Čistírny odpadních vod, jako jeden z důležitých aspektů při dodávkách kvalitní pité vody, jsou popsány z hlediska jejich historie, užití technologie či průběhu jejich návrhu. Součástí kapitoly jsou také statistické údaje dokládající aktuální stav v České republice. Dále je shrnuto legislativní vymezení vztahující se k oblasti vodního hospodářství.

Pro hledání vhodných metod, které jsou nebo by mohly být využívány při investičním rozhodování o výstavbě, rekonstrukci či intenzifikaci projektů ČOV, je dále provedena podrobná literární rešerše metod hodnocení dopadů na životní prostředí obdobných typů projektů nejen v České republice, ale zejména v celosvětovém měřítku. S ohledem na místní podmínky i legislativu ČR je jako nejvhodnější metoda zvolena analýza nákladů a přínosů, která je již tradičním nástrojem pro hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů v různých oblastech.

Klíčová oblast metody zabývající se socio-ekonomickými dopady projektu je pak podrobněji specifikována včetně návrhu nových možných dopadů s jejich slovním ohodnocením.

Jako alternativa k tradičnímu přístupu je simulována metoda datových obalů, která je využívána spíše v oblasti hodnocení efektivity funkčních jednotek z pohledu výkonnosti, nikoliv dopadu na životní prostředí. Ačkoliv není metoda v České republice pro projekty čistíren odpadních vod využívána, může sloužit jako velmi účinný nástroj při manažerském rozhodování. Využití metody pro danou oblast potvrzují studie zahraničních odborníků, jejichž práce je v textu také citována.

## 2 CÍL PRÁCE, FORMULACE VÝZKUMNÝCH OTÁZEK, POSTUP ŘEŠENÍ

### 2.1 Cíl práce

*„Voda není běžný obchodní produkt, ale spíše dědictví, které je třeba chránit, střežit a podle toho s ním nakládat“ (Rámcová směrnice o vodě, 2000).*

Cílem disertační práce je průkazným a exaktním způsobem popsat metody vícekriteriálního rozhodování, které by mohly být úspěšně uplatněny v rámci ekonomického hodnocení projektů čistíren odpadních vod. Jedná se zejména o rozšíření analýzy nákladů a přínosů o ocenění dalších celospolečenských užitků, a dále o hledání alternativních metod, např. metody datových obalů. Konečným výstupem je výběr nejvhodnější metody s ohledem na zdůraznění pozitivního dopadu projektů na životní prostředí. Výsledek práce lze využít při ověřování a posuzování veřejných investic nejenom čistíren odpadních vod, ale i ostatních projektů z oblasti vodního hospodářství.

### 2.2 Formulace výzkumných otázek

Na základě uvedeného cíle a základních úkolů byly stanoveny vstupní výzkumné otázky pro směřování disertační práce:

- **VO1:** Prostřednictvím rozšířené analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA) lze přesněji stanovit ekonomickou efektivnost projektů ČOV s ohledem na dopady na životní prostředí při zachování cílů udržitelného rozvoje.
- **VO2:** Pro hodnocení technicko-ekonomické efektivnosti ČOV lze využít také metodu datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) založené na lineárním programování. Metoda měří výkonnost homogenních produkčních jednotek s konstantními i variabilními vstupy a výstupy, a může tak vhodně doplnit výsledky CBA zejména v provozní fázi projektu.

### 2.3 Postup řešení

Postup disertační práce bude spočívat v několika krocích. V první řadě bude popsána řešená problematika týkající se oblasti vodního hospodářství, následně pak bude provedena literární rešerše stávajícího stavu používaných metod hodnocení dopadů na životní prostředí ve zkoumané oblasti. Rešerše bude zaměřena nejen na české prostředí, ale zejména na hodnotící nástroje využívané v zahraničí. Na základě výsledků literární rešerše budou zvoleny dvě metody, které budou následně podrobně popsány včetně jejich silných a slabých stránek. Aplikace hodnotících nástrojů bude demonstrována na vybraném vzorku čistíren odpadních vod, výsledky budou náležitě okomentovány a vyhodnoceny.

### 3 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Ochrana životního prostředí představuje rozsáhlou problematiku zahrnující výzkum reprodukce přírodních zdrojů, vymezení a vyjadřování kritérií pro rozhodování o těchto zdrojích, zkoumání ekonomických aspektů ochrany životního prostředí apod. Spolu se vznikem globálních ekologických problémů a s prohlubováním neudržitelných trendů rozvoje společnosti byly představiteli většiny států světa přijaty cíle a opatření, která by měla dosáhnout udržitelného rozvoje společnosti (Rebitzer a kol., 2004; Mezříčský, 2005). K vyjasnění konceptu trvale udržitelného rozvoje existuje řada definic (Balkema a kol., 2002). Jedna z nejznámějších (Hanley a kol., 2001) byla v roce 1987 představena Světovou komisí pro životní prostředí a rozvoj<sup>4</sup>, která uvádí, že se jedná o takový rozvoj, který naplňuje potřeby současné generace, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací naplňovat potřeby své. Velmi podobnou definici uvádí také zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb., ve kterém je uvedeno, že udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, aniž by snižoval rozmanitost přírody či přirozenou funkci ekosystémů.

Třemi základními pilíři udržitelného rozvoje je ochrana a správa životního prostředí, hospodářský růst a sociální začlenění (Hoogmartens a kol., 2014). Otázkou, kterou si musejí klást všechny země, města, korporace i rozvojové organizace tak není, zda přijmout udržitelný rozvoj, ale jakým způsobem.

Organizace spojených národů (OSN) představila program udržitelného rozvoje na období let 2015 až 2030 na jehož přípravě se podílely nejen členské státy OSN, ale také zástupci občanské společnosti, podnikatelské sféry, akademické obce, ale také občané z různých kontinentů. V souvislosti s tímto rozvojovým programem byl vydán dokument *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* v českém překladu *Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030*. United Nations (2015), ve kterém je specifikováno a podrobně popsáno 17 cílů udržitelného rozvoje.

---

<sup>4</sup> World Commission on Environment and Development – WCED,  
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

Cíle jsou zaměřeny na vymýcení chudoby a hladu v postižených oblastech, dále na zajištění zdravého života, pitné vody a udržitelné hospodaření s vodou, podporu vzdělávání, dosažení genderové rovnosti, dostupnosti zdrojů energie, podporu průmyslu, inovací a rozvoje infrastruktury, na zajištění trvalého, inkluzivního a udržitelného hospodářského růstu, udržitelnosti výroby i spotřeby, pozornost bude věnována také boji proti změně klimatu, ochraně biodiverzity, zajištění míru, spravedlnosti a globálnímu partnerství atd.

Na oblast zabezpečení pitné vody a snížení jejího znečištění je primárně zaměřen cíl č. 6, který je dále rozdělen na šest dílčích tematicky orientovaných záměrů. Do roku 2030 by tak měla být např. zavedena integrovaná správa vodních zdrojů, rozšířena mezinárodní spolupráce, zvýšena efektivita využívání vody, zajištěn univerzální a rovný přístup k pitné vodě nebo také výrazně zlepšena kvalita vody, snížen podíl znečištěných odpadních vod a zavedena účinná recyklace. Aktivity spojené se zajištěním ochrany a obnovy ekosystému souvisejících s vodou by pak měly být splněny do roku 2020 (OSN, 2015).

S názorem nutnosti a potřebnosti udržitelného hospodaření s vodními zdroji a zajištění bezpečného přístupu k pitné vodě jako jedním z klíčových problémů rozvoje se ztotožňují také autoři Bdour a kol. (2009), Rowe a kol. (2017) a řada dalších. Klíčovými riziky v evropském měřítku jsou dle autorů Rowe a kol. (2017) zejména změny klimatu, které zapříčiňují vznik povodní či eroze pobřežních oblastí. Tato situace má poté za následek znečištění podzemních vod, které jsou hojně využívány nejen pro domácí použití, ale také v energetice, průmyslu a zemědělství.

Principy ekonomické, environmentální i sociální, se tak staly součástí strategických cílů většiny států světa, které prostřednictvím svých legislativních rámců vymezují negativní dopady lidské činnosti nejen na vodní zdroje, ale na životní prostředí jako takové.

Stejně jako je tomu v České republice, také ve světě byly zavedeny finanční nástroje sloužící k ochraně životního prostředí, a to prostřednictvím rozličných poplatků a daní. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (Organization for Economic Co-Operation and Development, OECD) spolu s Evropskou agenturou pro životní prostředí (European Economic Area, EEA) vytvořili rozsáhlou databázi nazvanou Database on Instruments Used for Environmental Policy and Natural Resources Management. Databáze obsahuje údaje o environmentálních daních a poplatcích, systémech obchodovatelných povolení, depozitně refundačních systémech, environmentálních podporách a dobrovolných přístupech. Data jsou pravidelně aktualizována a jsou určena pro více jak 80 členských zemí OECD a EEA a dalších spolupracujících států (OECD, 2017).



### 3.1 Globální problémy se zajištěním pitné vody

V dnešní době si obyvatelé vyspělých států světa jen těžko dokáží představit svůj každodenní život bez neomezeného přístupu k pitné vodě, funkčního kanalizačního systému, bez toalet apod. Denní spotřeba vody pro jednoho člověka se odhaduje v průměru od 90–150 litrů, přičemž pro zajištění základního přežití je potřeba pouze 5- 10 litrů. Vlivem rostoucího počtu obyvatel, masivní produkce potravin, industrializace, ale také vlivem globálního oteplování se zejména pitná voda stává stále vzácnější komoditou. Nárůst spotřeby vody demonstrují také údaje Světové banky (The World Bank, 2019), které uvádějí, že v roce 2014 byla celková spotřeba vody 10 810 mld. m<sup>3</sup>, přičemž největší spotřebu vody vykazují země jako je Indie, Indonésie, Rusko, Čína, Brazílie nebo USA. V současnosti postihuje nedostatek pitné vody více jak 40 % lidí na celém světě, v roce 2050 by to měl být dokonce každý čtvrtý člověk na Zemi.

Ze zprávy United Nations Development Programme vydané v lednu roku 2016 vyplývá několik následujících skutečností:

- 800 mil. lidí na světě nemá přístup k pitné vodě;
- 1,8 mld. lidí využívá kontaminované vodní zdroje;
- 40 mld. hodin ročně stráví ženy a dívky z oblasti subsaharské Afriky nošením vody;
- o 50 % bude předpokládané zvýšení poptávky po vodě do roku 2050 v důsledku růstu a urbanizace;
- 80 % množství znečištěné odpadní vody je vypouštěné přímo do vodních toků;
- 75 % světové populace bude ohroženo nedostatkem vody do roku 2025;
- v 10 zemích světa jsou již zcela vyčerpány obnovitelné zdroje pitné vody a obyvatelé jsou tak odkázány na alternativní zdroje.

Na kvalitu vody má z globálního pohledu vliv řada aspektů. Celá planeta Země se otepluje, což má za následek zmenšení rozsahu arktického a antarktického zalednění, naopak stoupá hladina světových oceánů. Změnami klimatu a teplotními anomáliemi se zabývají např. National Centers for Environmental Information (NOAA, 2015), kteří potvrzují neustálé oteplování planety. Zatímco ve 20. století byla průměrná teplota povrchu země 11,1 ° C, v roce 2015 byla již o 1,28 ° C vyšší.

Vzhledem k tomu, že voda je nezbytná pro správné fungování všech ekosystémů, život lidí, rostlin i živočichů, je zapotřebí koordinovat spotřebu vody pro průmyslové a zemědělské činnosti a dbát nejen na její kvantitu, ale také kvalitu.

### **3.2 Investice do ochrany životního prostředí v oblasti vod v ČR**

Ochrana vody obecně představuje komplexní soubor činností zaměřujících se na vody povrchové i podzemní, a to v souladu s legislativními požadavky daného státu. Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavujícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států vztahujícího se na celou oblast životního prostředí je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000.

Tato směrnice, též označována jako Rámcová směrnice o vodách (RSV), cílí na zlepšení stavu vodních ekosystémů a vodního prostředí, podporuje také udržitelné užívání vody, zajišťuje snižování znečišťování podzemních vod a přispívá ke zmírnění účinku povodní a období sucha. Bližší popis této směrnice je uveden v kapitole 5.1.1. Legislativní rámec zabývající se legislativními základy v oblasti vodního hospodářství.

Členské státy mají usilovat o snižování znečišťování podzemních vod, o zlepšení vodního prostředí a o dosažení přinejmenším dobrého stavu vod prostřednictvím stanovení a zavedení nezbytných opatření v rámci integrovaných programů.

Článek 5 směrnice 2000/60/ES nařizuje všem členským státům pro každou oblast povodí a pro část mezinárodní oblasti povodí ležící na jeho území zpracovat analýzu jejích charakteristik, zhodnotit dopady lidské činnosti na stav povrchových vod a podzemních vod a provést ekonomickou analýzu užívání vod.

Z pohledu kvality pitné vody patří Česká republika mezi šest zemí Evropské unie, které dosahují v mikrobiologických a chemických parametrech 99 až 100 procent požadovaných hodnot. Dle zprávy zpracované Českou informační agenturou životního prostředí – CENIA (CENIA, 2018) jsou příčinou zkvalitňování pitné vody především investice do zlepšení procesu úpravy odpadních vod a opatření prováděná na distribučních soustavách.

CENIA ve své zprávě o stavu životního prostředí v České republice pro rok 2018 uvádí, že vlivem dlouhodobé finanční podpory směřované do jednotlivých oblastí ŽP dochází k postupnému zlepšování stavu životního prostředí. Od roku 1990 jsou zaznamenány pozitivní změny v oblasti vodního hospodářství a jakosti vody, a to jak z pohledu odběru vody, vypuštění odpadních vod i jejich čištění. Agentura dále uvádí, že s rostoucím množstvím odebíraných vod, logicky roste také množství vod odpadních, které obsahují celou řadu znečišťujících látek. V tomto ohledu je pak klíčové zajištění dostupného a efektivního čištění vypuštěných vod (CENIA, 2018).

V souvislosti se státní politikou v oblasti životního prostředí byl vymezen plán pro období 2012-2020, který by měl výrazně přispět k efektivnímu využívání veškerých zdrojů a minimalizovat negativní dopady lidské činnosti na životní prostředí. Cílem je nejenom zkvalitnit prostředí pro občany České republiky, ale pro všechny obyvatele na světě. Jednou z tematických oblastí strategie je ochrana a udržitelné využívání zdrojů, mezi které spadá prioritou zajištění ochrany vod a zlepšování jejich stavu. V souladu se směrnicí 2000/60/ES budou realizována opatření související s výstavbou a rekonstrukcí ČOV v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel, opatření pro čištění městských odpadních vod, snižováno bude také znečištění povrchových a pozemních vod ze zemědělských zdrojů a řada dalších (MŽP, 2016)<sup>5</sup>.

Z hlediska financování projektů na ochranu životního prostředí jsou v České republice využívány následující nástroje:

- Evropské fondy – Fond soudržnosti a Evropský fond pro regionální rozvoj.
- Daně – označovány jako tzv. energetické daně, jedná se o daně z pevných paliv, zemního plynu a elektřiny, daně z minerálních olejů.
- Environmentální poplatky – na základě principu „znečišťovatel platí“ jsou negativní externality promítnuty do nákladů původců znečištění. V oblasti ochrany vod se jedná tyto poplatky:
  - za odebrané množství podzemní vody;
  - za vypouštění odpadních vod do vod povrchových;
  - za povolené vypouštění odpadních vod do vod podzemních;
  - k úhradě správy vodních toků a správy povodí (MŽP, 2018)<sup>6</sup>.

Podpora je poskytována prostřednictvím následujících grantů a programů:

- Operační program Životní prostředí – v gesci Ministerstva životního prostředí ve spolupráci se Státním fondem Životního prostředí.
- Národní program Životní prostředí – spravuje Státní fond životního prostředí, programy Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny nebo Program péče o krajinu.
- Granty nestátním neziskovým organizacím (MŽP, 2018)<sup>7</sup>.

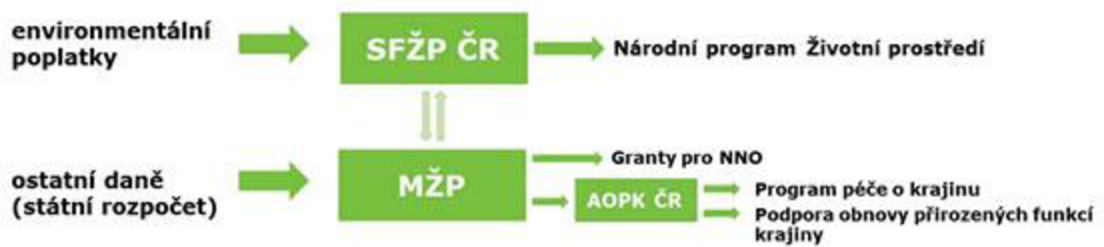
---

<sup>5</sup>Dostupné z [on-line 23.5.2018]:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi/\\$FILE/SOPSPZP-Aktualizace\\_SPZP\\_2012-2020-20161123.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/SOPSPZP-Aktualizace_SPZP_2012-2020-20161123.pdf)

<sup>6</sup> Dostupné z [on-line 23.5.2018]: <https://www.mzp.cz/cz/poplatky>

<sup>7</sup> Dostupné z [on-line 23.5.2018]: [https://www.mzp.cz/cz/narodni\\_programy](https://www.mzp.cz/cz/narodni_programy)



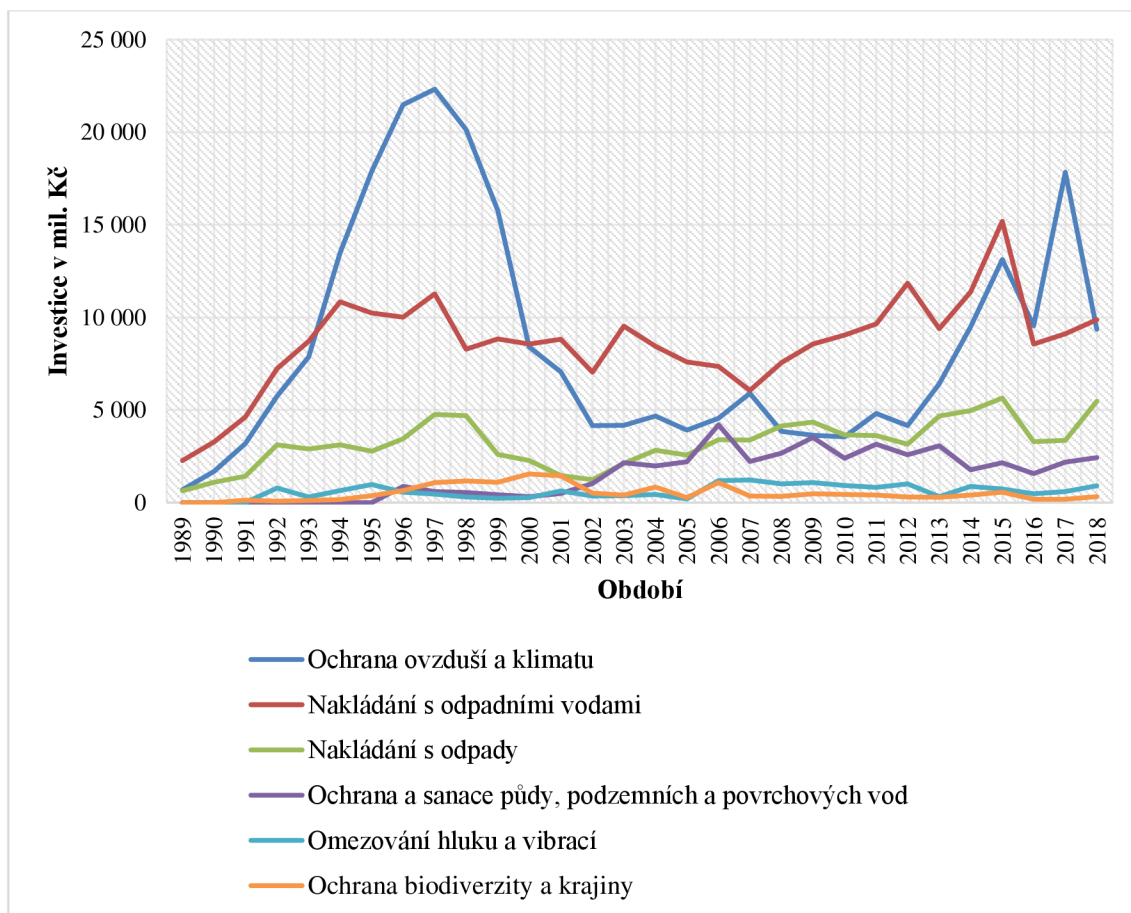
Obrázek 1 Schéma podpory ochrany životního prostředí prostřednictvím státního rozpočtu (MŽP, 2018)<sup>6</sup>

Z dat Českého statistického úřadu<sup>8</sup> (2020) týkajících se investic do ochrany životního prostředí vyplývá, že v roce 2018 bylo investováno celkem 31 028 mil. Kč. Výše investic do jednotlivých oblastí byly následující:

- ochrana ovzduší a klimatu – 9 364 mil. Kč;
- nakládání s odpadními vodami – 9 879 mil. Kč;
- nakládání s odpady – 5 476 mil. Kč;
- ochrana a sanace půdy, podzemních a povrchových vod – 2 428 mil. Kč;
- omezování hluku a vibrací – 907 mil. Kč;
- ochrana biodiverzity a krajiny 316 mil. Kč.

Nelze říct, že investice do ochrany životního prostředí, a to v jakékoliv oblasti, neustále rostou. Např. v roce 2015 bylo do oblasti nakládání s odpadními vodami investováno o 43 % více než v roce následujícím. Do téže oblasti bylo nejvíce investováno právě v roce 2015 z celého sledovaného období, a to 15 189 mil. Kč. V následujícím grafu je zobrazen průběh investic v jednotlivých letech ve všech oblastech.

<sup>8</sup> Investice na ochranu životního prostředí v letech 1989–2018. Český statistický úřad. Dostupné z [on-line 25.2.2020]; <https://www.czso.cz/documents/10180/91605337/2800221901.pdf/894610e8-2405-4a80-a508-e3a8e5c5ce92?version=1.0>.

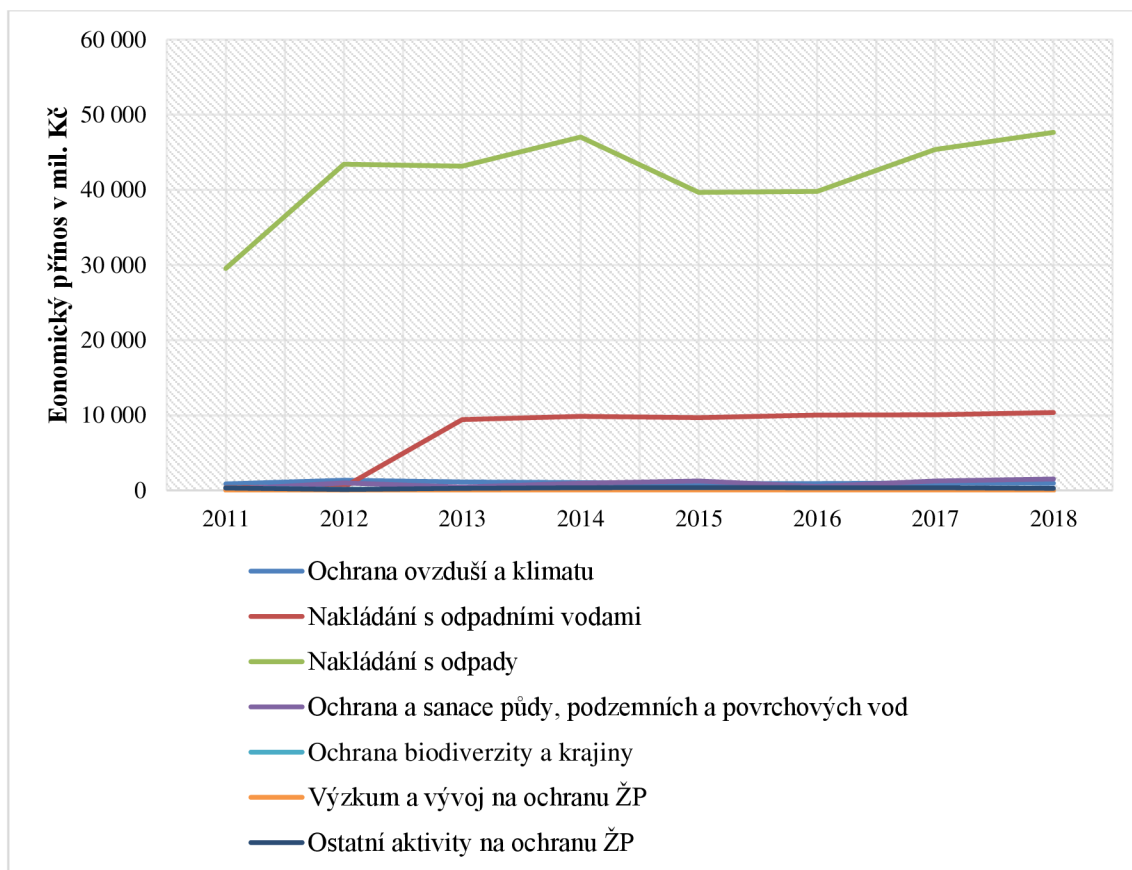


Obrázek 2 Investice na ochranu životního prostředí v letech 1989–2018 (ČSÚ, 2020; vlastní zpracování)

Aktivity spojené s ochranou životního prostředí přinášejí také ekonomický přínos, a to z tržeb z prodeje služeb na ochranu životního prostředí, z prodeje vedlejších produktů nebo také z úspor z využití vedlejších produktů. Ročně se tyto ekonomické přínosy pohybují do 60 mld. Kč, v roce 2018 se konkrétně jednalo o 60 921,49 mil. Kč (ČSÚ, 2020)<sup>9</sup>. Z následujícího grafu je zřejmé, že největší ekonomické přínosy vykazuje oblast „nakládání s odpady“, která ročně generuje přínos v průměru 40 mld. Kč, od roku 2013 je patrný také značný nárůst ekonomických přínosů v oblasti „nakládání s odpadními vodami“, a to ve výši cca 10 mld. Kč ročně.

Přínosy ostatních oblastí jsou v poměru s výše uvedenými malé do 1 mld. Kč, proto jsou v grafu znázorněny téměř při nulové hranici.

<sup>9</sup> Dostupné z [on-line 25.2.2020]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605337/2800221917.pdf/30cb60db-56ee-43ed-8887-a8b0cea277b1?version=1.0>.



Obrázek 3 Ekonomický přínos z aktivit na ochranu ŽP v letech 2011–2018, (ČSÚ<sup>10</sup>, 2020; vlastní zpracování)

<sup>10</sup> Ekonomický přínos z aktivit na ochranu životního prostředí podle programového zaměření v roce 2018. Český statistický úřad. Dostupné z [on-line 25.2.2020]: <https://www.czso.cz/documents/10180/91605337/2800221917.pdf/30cb60db-56ee-43ed-8887-a8b0cea277b1?version=1.0>.

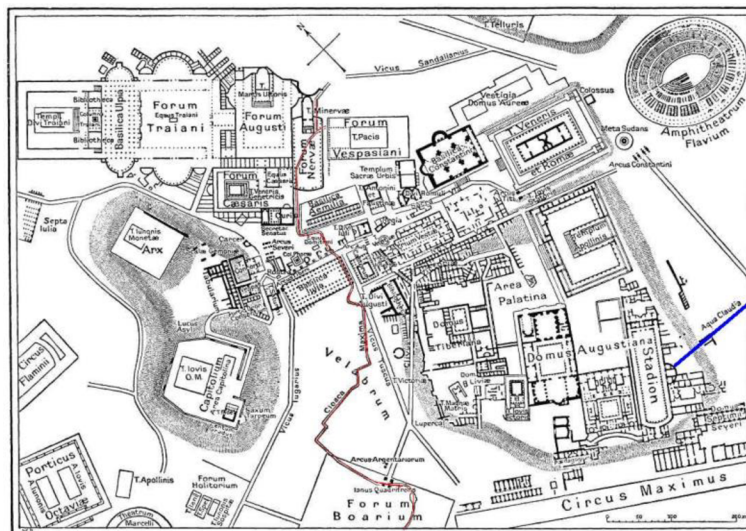
## **4 STOKOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD**

### **4.1 Historický vývoj nakládání s odpadními vodami**

Využívání vodních zdrojů a zejména pitné vody je staré jako lidstvo samo. Již před několika desítkami tisíc let lidé využívali vodní dopravy prostřednictvím vorů a člunů vydlabaných z jednoho kusu kmene. Historie vodního stavitelství a vodního hospodářství sahá až do období rozvoje starověkých civilizací. Ochranné hráze proti záplavám, odvodňovací a závlahové kanály jsou známy již z doby 4000 př. n. l. v Mezopotámii.

Před 4000 lety byly vystavěny první vodovody, a to v Babylónii a Sýrii. V hrobce egyptské královny Sahuré byla objevena první zachovalá kanalizace k odvádění dešťové vody z doby přibližně 2600 př. n. l. Známy je také první gravitační vodovod, který postavili Asyřané v Bavianu (Plecháč, 1999). K roku 1740 př. n. l. je datován projekt komplexního využití vodních zdrojů pro závlahy a úpravu toků v Babylónii, který je považován za první vodohospodářský projekt na světě. Ze stejného období pochází také první veřejná kanalizace.

Nejslavnější a také nejznámější stavby pocházejí z doby římského impéria, řada z nich se dochovala dodnes. Samotný Řím i dalších více jak 40 antických měst bylo zásobováno čistou vodou, která tekla akvadukty, fontánami a bazény (Hlavínek a kol., 2001). Každý den teklo 992 mil. – 1,3 mld. litrů vody přes 19 akvaduktů, 590 fontán a 700 bazénů, které zásobovaly město čistou vodou. Řím byl právem nazýván městem vody (Hlavínek a kol., 2003). K odvádění odpadních vod i k odvodnění neobyvatelné bažinaté oblasti starověkého Říma byla vybudována proslulá „Cloaca maxima“. Základy této městské kanalizace nechal kolem roku 600 př. n. l. položit 5. římský král Lucius Tarquinius Priscus. Dodnes je tento systém odpadních vod v Římě stále plně využíván. V roce 305 př. n. l. byl postaven vodovod Aqua Appia, který měřil 16,6 km, v roce 127 př. n. l. to byl vodovod Tepula o délce 189 km (Veselý, modul 3, 2004). V císařské době měl Řím celkem 12 vodovodů, které zásobovaly na 900 tisíc obyvatel (Plecháč, 1999).



Obrázek 4 Mapa centrálního starověkého Říma s vyznačením Cloaca Maxima – červeně (Wikimedia Commons, 2018<sup>11</sup>)

Po období rozvoje v oblasti odvádění odpadních vod přišel velký útlum. Ve středověku byla odpadní voda ve městech odváděna pomocí otevřených stok, které byly umístěny podél dlážděných ulic. Neustálý nárůst počtu obyvatel a špatná hygienická situace měly za následek šíření nemocí jako např. cholery, moru, tyfu atd. Obyvatele měst navíc trápil všudypřítomný zápach, což postupně vedlo k budování uzavřených kanalizací. (Vítěz a Groda, 2008).

Velké problémy se znečištěnými vodami logicky vykazovaly velké městské aglomerace, a to zejména v Anglii, která byla na přelomu 18. a 19. století zemí s největší koncentrací obyvatelstva a průmyslu. Právě Velká Británie je dodnes považována za jednu z prvních zemí na světě, která zahájila výzkum v oblasti zlepšení podmínek životního prostředí ve městech. V Anglii byl v roce 1775 objeven první splachovací záchod. V roce 1858 byla v Londýně zahájena výstavba kanalizačního systému, která byla dokončena o sedm let později. Odpadní vody byly odváděny přímo do řeky Temže, což, jak se později ukázalo, byl velmi špatný krok, který vrátil město pomyslně o několik let vývoje zpět. Naopak pozitivní změnu přinesl vynález aktivačního procesu v roce 1914, pod jehož objevem jsou podepsáni pánové Arden, Lockett a Fowler (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

---

<sup>11</sup> Dostupné z [on-line 4.9.2016]: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloaca\\_Maxima](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloaca_Maxima)



Velká revoluce v oblasti řízení čištění a stokování odpadních vod přišla až na počátku 20. století. V roce 1898 byla založena Royal Commission on Sewage Disposal volně přeloženo jako „královská komise pro odvádění odpadních vod“, jejímž úkolem bylo studium faktorů ovlivňujících kvalitu vody a vývoj čistírenských postupů. O deset let později byla uveřejněna metoda pro hodnocení organického znečištění recipientu stanovením BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní), která se používá dodnes. (Vítěz a Groda, 2008).

Výstavba čistíren odpadních vod byla v Evropě zahájena již před I. světovou válkou, během které však byla řada těchto staveb zničena. Značný rozmach tohoto odvětví pak byl zaznamenán až po konci II. světové války, a to zejména ve Spojených státech a ve Velké Británii. Od roku 1950 jsou přísně sledovány a dodržovány limity kvality vody a standardy pro rozhodování o stokování a čištění odpadních vod.

V roce 1996 proběhlo v Budapešti zasedání k projektu COST 682 Integrované hospodaření s odpadními vodami, které ukázalo, že současné způsoby odvádění a čištění odpadních vod odpovídají stupni rozvoje stávající společnosti a z technického i ekonomického hlediska se jeví jako dostačující (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

## **4.2 Vývoj vodního hospodářství v českých zemích**

První doložená zmínka odvádění odpadních vod pomocí kanalizace na českém území, konkrétně v Praze v dnešní Nerudově ulici, pochází z roku 1310 (Vítěz a Groda, 2008). Největší rozmach vodního hospodářství na českém území byl zaznamenán za vlády panovníka Karla IV., který dal postavit nejen slavný most v Praze, ale v roce 1340 zřídil nejvyšší vodohospodářskou instituci státu, tzv. Cech přisežných mlynářů zemských. Po celých Čechách byly stavěny stovky rybníků a v roce 1348 byl vybudován novoměstský vodovod. V roce 1660 byla postavena klenutá stoka od kostela sv. Jindřicha k Prašné bráně se zaústěním do městského příkopu. Soustavné kanalizace se však Praha dočkala až na počátku 20. století (Veselý, modul 3, 2004).

Mezi lety 1818 a 1828 byly vybudovány první 4 km stokové sítě. O několik let později, konkrétně v roce 1883, byl zřízen Samostatný stavební úřad kanalizační a v roce 1888 Kanalizační kancelář magistrátu Prahy (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

Výstavba kanalizačních systémů v České republice byla až do konce 19. století velmi pozvolná, až v roce 1893 navrhl Sir Lindley systém technického řešení odvádění odpadních vod z města Prahy do Vltavy, vody byly ještě před jejich vypuštěním čištěny. I přes počáteční ostré kritiky byl projekt realizován a slouží svému účelu dodnes. Jako pokrokový byl vnímán fakt, že generální plán pražské stokové sítě zahrnoval nejen historické centru města, ale také okolní oblasti.

Součástí projektu byla také první čistírna odpadních vod uvedena do provozu v roce 1906 v Praze – Bubenči, svou koncepcí patřila k nejmodernějším na celém kontinentě (Hlavínek a kol., modul 2, 2006). ČOV založena na mechanickém čištění fungovala až do roku 1967, kdy byla zpuštěna nová mechanicko-biologická čistírna pro celé hlavní město (Vítěz a Groda, 2008). Mezi nejstarší systémy odvodnění se řadí také soustava kanalizací v Brně, která byla vybudována v 70. letech 19. století a jednotlivé stoky jsou funkční dodnes. V roce 1959 zde byla postavena ČOV Modřice s, v té době moderním, mechanicko-biologickým čištěním. (Hlavínek a kol. 2003).



*Obrázek 5 Brněnská čistírna odpadních vod v Modřicích (Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., 2016<sup>12</sup>)*

V roce 1973 byl vydán tzv. vodní zákon č. 138/1973 Sb., který obsahoval mimo jiné i nařízení o nutnosti čištění vypouštěných odpadních vod tak, aby nebyly ohroženy vody podzemní a povrchové. Současně zde bylo vymezeno právy vlády České republiky stanovit ukazatele přípustného stupně znečištění vod č. 61/2003 Sb. Aktuálně je platné nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

---

<sup>12</sup> Dostupné z [on-line 3.6.2016]: <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cistení-odpadnich-vod/cov-brno-modrice/>

### 4.3 Stručná charakteristika odpadních vod

Odpadní vodou je nazývána voda, u které po použití došlo ke změně fyzikálních nebo chemických vlastností a která může současně ovlivnit jakost povrchových nebo podzemních vod. Jedná se tak o všechny druhy vod odváděných stokovou sítí, dále o vody z drenážních systémů, tekuté odpady, vody z výrobního provozu či vody odčerpávané z podzemní hydraulické ochrany u průmyslových objektů. Dle původu a druhu znečištění lze dále odpadní vody dělit na splaškové, průmyslové, infekční, dešťové, vody ze zemědělství a vody ostatní (Hlavínek a kol., modul 1, 2006).

Odpadní vody je nezbytné čistit, a to z důvodu eliminace zdravotních, biologických a estetických závad. Za chemicky čistou vodu je považována pouze destilovaná voda, jakékoliv jiné vody vyskytující se v přírodě jsou automaticky označeny za znečištěné, ačkoliv tomu tak být nemusí. Látky obsažené ve vodách se rozdělují na organické a anorganické, z fyzikálního hlediska pak na látky rozpustné a nerozpustné, jak je blíže popsáno v kapitole 4.5 Klasifikace látek obsažených ve vodě (Hlavínek a kol., 2003).

Odpadní vody lze rozdělit do čtyř skupin dle původu jejich vzniku:

- Průmyslové odpadní vody – jsou to odpadní vody z průmyslových provozů a zemědělství, které jsou zpravidla odváděny spolu s vodami splaškovými, podíl průmyslových odpadních vod však bývá více jak 80 %. Tyto vody jsou výrazným zdrojem nejen organického znečištění, ale i znečištění těžkými kovy a dalšími specifickými organickými látkami.
- Splaškové odpadní vody – jedná se o vody vypouštěné z domácností a dalších zařízení jako jsou např. školy, ubytovací a stravovací zařízení apod.
- Dešťové odpadní vody – odváděné z intravilánu obce prostřednictvím jednotné veřejné kanalizace.
- Balastní odpadní vody – podzemní vody vnikající do kanalizačního potrubí vlivem jeho netěsnosti (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

### 4.4 Znečištění odpadních vod

Při návrhu správného způsobu čištění odpadních vod je důležitá jednak samotná identifikace zdrojů polutantů a dále způsob přenosu znečišťujících látek. Zdroje znečištění lze rozdělit do tří skupin, a to na bodové, difúzní a plošné.

#### 4.4.1 Bodové znečištění

Jakost povrchových vod je ovlivněna zejména bodovým znečištěním z měst, průmyslových zón a zemědělské výroby. Charakteristickým prvkem bodového znečištění je jejich snadná identifikace díky jasnému vyústění, nachází se zpravidla u vyústění ČOV, u jednoduchých vyústění kanalizací, u nevyhovujících zádržných systémů atd.

Při posouzení produkce znečištění jsou sledovány následující ukazatele: BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní), CHSK (chemická spotřeba kyslíku), NL (nerozpuštěné látky sušené při 105 °C), RAS (rozpuštěné anorganické soli), N<sub>anog</sub> (celkový anorganický dusík) a P<sub>celk</sub> (celkový fosfor). V případě, že se jedná o průmyslové odpadní vody je často nutné sledovat také jejich toxicitu.

Dle Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2018 (MZe, 2019) množství vypouštěného znečištění každoročně klesá, od roku 1990 do roku 2018 pokleslo znečištění v ukazatelích BSK<sub>5</sub> o 96,6 %, CHSK o 91,2 % a NL o 95,4 %. Příčinou byl nejen vývoj nových technologií čištění, ale také cílená intenzifikace ČOV za použití biologického odstranění dusíku a biologického nebo chemického odstraňování fosforu.

Tabulka 1 Produkované znečištění v roce 2018 (MZe, 2018<sup>13</sup>; vlastní zpracování)

s. p. povodí	Produkované znečištění t/rok					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	RAS	N <sub>anorg</sub>	P <sub>celk</sub>
Labe	54 266	134 546	55 912	195 366	7 531	1 278
Vltava	85 905	207 699	92 024	111 005	9 009	2 305
Ohře	19 021	39 380	18 096	80 384	2 378	776
Odra	30 247	60 932	23 622	158 527	3 573	559
Morava	68 296	161 905	75 770	139 242	7 674	1 634

Tabulka 2 Vypouštěné znečištění v roce 2018 (MZe, 2018<sup>13</sup>; vlastní zpracování)

s. p. povodí	Vypouštěné znečištění t/rok					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	RAS	N <sub>anorg</sub>	P <sub>celk</sub>
Labe	1 366	10 557	2 466	191 955	2 133	199
Vltava	1 557	9 880	2 415	112 801	3 139	245
Ohře	426	3 378	1 225	89 769	1 321	259
Odra	538	4 658	1 153	180 449	1 045	123
Morava	1 187	7 268	1 506	132 505	1 992	185

<sup>13</sup> Tzv. Modrá zpráva. Dostupné z [on-line 10.11.2019]:  
[http://eagri.cz/public/web/file/640731/Modra\\_zprava\\_2018\\_web.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/640731/Modra_zprava_2018_web.pdf)

#### 4.4.2 Difúzní a plošné znečištění

Mezi difúzní a plošné zdroje patří zemědělství, průmysl, atmosférická depozice, splachy z půdy, výluhy ze skládek a další, jejichž původce je často nejasný. Plošné zdroje znečištění jsou odpovědné za přísun znečišťujících látek, které přicházejí do vodního toku z různých ploch v okolí. Znečišťující látky se do vody dostávají zpravidla v poměrně nízkých koncentracích, proto je velice obtížné je monitorovat a opatření vedoucí k minimalizaci jejich vlivu na životní prostředí bývají velice složitá (Švehla a kol., 2007).

#### 4.5 Klasifikace látek obsažených ve vodě

Látky obsažené v odpadní vodě lze rozdělit na chemické (organické, anorganické) a fyzikální (iontově rozpuštěné, nerozpuštěné). Těmito organickými látkami jsou zejména sacharidy, bílkoviny, tuky, volné aminokyseliny, vyšší mastné kyseliny a rozpuštěné organické kyseliny. Obsah anorganických látek v odpadní vodě se obvykle stanoví jako obsah iontů a solí v jejím zdroji. Při strategickém rozhodování o způsobu čištění odpadních vod je vhodné znát jejich jakost a množství. Znečištění vstupuje u producenta do vody pitné, která se po užití stává vodou odpadní. Podle množství vody (její spotřeby) je produkováno znečištění v různé koncentraci (Švehla a kol., 2007).

Současné čištění odpadních vod je zaměřeno především na snížení obsahu dusíku, solí fosforu a těžkých kovů. Odstraňování nežádoucích látek z odpadních vod je předmětem mechanického, biologického a případně také terciárního čištění, problematice se podrobněji věnuje kapitola 4.6 Způsoby čištění odpadních vod.

Základní sledované parametry určující kvalitu vody jsou tyto následující:

- **BSK<sub>5</sub>** (biochemická spotřeba kyslíku během 5 dnů) – vypouštěné, biologicky rozložitelné znečištění narušuje přirozenou rovnováhu kyslíku ve vodách. Pro charakteristiku odpadních vod je určující spotřeba kyslíku, kterou mikroorganismy ve vzorku dané odpadní vody odeberou za 5 dnů, aniž by přitom byl kyslík do vody dodáván.
- **CHSK<sub>Cr</sub>** (chemická spotřeba kyslíku během 5 dnů) - kromě biochemických reakcí může vypouštěné znečištění vázat kyslík i jinými chemickými reakcemi, a tak narušovat jeho rovnováhu v biotopu. Ukazatel CHSK<sub>Cr</sub> toto potenciální nebezpečí popisuje.
- **NL** (nerozpuštěné látky) - jsou z vody odstraňovány většinou mechanickou cestou. Z tohoto hlediska je lze rozlišit na usaditelné a neusaditelné. Mohou být původu organického či anorganického.

- **N<sub>Celkem</sub>** (celkový dusík) - větší koncentrace amoniakálního dusíku indikuje možný vznik bezkyslíkatých procesů (anaerobních) a může zabránit dalším biochemickým procesům nebo je omezit. Jedná se o nutrienty, které stimulují biochemické procesy, tvorbu buněčné hmoty a množení organismů.
- **P<sub>Celkem</sub>** (celkový fosfor) – patří také mezi nutrienty se stejným vlivem na biochemické procesy. Po vyčerpání živin (znečištění) nebo kyslíku biomasa odumírá a vytváří druhotné organické znečištění (MŽP, 2009<sup>14</sup>).

Tyto parametry jsou pravidelně sledovány a monitorovány napříč všemi ČOV bez ohledu na jejich velikost či umístění a následně zobrazovány v databázi Českého statistického úřadu.

Z hlediska kvality městských odpadních vod jsou sledovány hmotnostní nebo látkové koncentrace vybraných ukazatelů. Dle Hlavínka a kol. (modul 2, 2006) je nejvýznamnější složkou při posuzování kvality vody koncentrace BSK<sub>5</sub>, jejíž hodnoty se pohybují v rozmezí od 150 do 400 mg.l<sup>-1</sup>. Hodnocené vzorky musí být vždy odebírány v určeném bodě na přítoku i odtoku příslušné čistírny.

V souladu se Směrnicí Rady 91/271/EHS jsou stanoveny minimální roční počty odběru vzorků v závislosti na velikosti čistírny odpadních vod, např. 12 vzorků v prvním roce a dále 4 vzorky každý rok pro ČOV o kapacitě 2 000 – 9 999 PE (populační ekvivalent), 12 vzorků ročně pro 10 000 – 49 999 PE, 24 vzorků pro 50 000 a více PE. Příloha 1 této Směrnice také uvádí povolené limitní hodnoty koncentrace nebo úbytku vybraných ukazatelů, které jsou při vypouštění kladeny na čistírny městských odpadních vod.

---

<sup>14</sup> Dostupné z [on-line 20.6.2016]:

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/\\$file/Metodicka%20priru  
cka\\_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/$file/Metodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf)

Tabulka 3 Limitní hodnoty koncentrace a úbytku (Směrnice Rady 91/271/EHS; vlastní zpracování)

Ukazatel	Koncentrace	Min. procento úbytku	Referenční metoda stanovení
<b>BSK<sub>5</sub></b>	25 mg O <sub>2</sub> /l	70–90	Homogenizovaný, nefiltrovaný a nevyhnilý vzorek. Stanovení rozpuštěného kyslíku před pětidenní inkubací a po ní při 20 °C ± 1 °C v naprosté tmě. Přídavek inhibitoru nitrifikace.
<b>CHSK<sub>Cr</sub></b>	125 mg O <sub>2</sub> /l	75	Homogenizovaný, nefiltrovaný a nevyhnilý vzorek dichroman draselný.
<b>NL</b>	35 mg O <sub>2</sub> /l nad 10 000 PE, 60 mg O <sub>2</sub> /l při 2 000 – 10 000 PE	90 nad 10 000 PE, 70 při 2 000 – 10 000 PE	Filtrace reprezentativního vzorku membránovým filtrem 0,45 µm. Sušení při 105 °C a zvážení. Odstředění reprezentativního vzorku sušení při 105 °C a zvážení.
<b>P<sub>Celkem</sub></b>	2 mg/l (10 000—100 000 PE) 1 mg/l (více než 100 000 PE)	80	Molekulární absorpční spektrofotometrie
<b>N<sub>Celkem</sub></b>	15 mg/l (10 000—100 000 PE) 10 mg/l (10 000—100 000 PE)	70–80	Molekulární absorpční spektrofotometrie

Pro české prostředí jsou využívány limity stanovené dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. V příloze č. 1 tohoto Nařízení jsou vloženy tabulky emisních standardů, které jsou ve vlastním zpracování zobrazeny níže.

Tabulka 4 Emisní standardy koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.; vlastní zpracování)

Kategorie ČOV (EO)	CHSK <sub>Cr</sub>		BSK <sub>5</sub>		NL		N <sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub>		N <sub>celk</sub>		P <sub>celk</sub>	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 – 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Přípustné hodnoty (p) představují statisticky vyhodnocenou hranici ze všech v průběhu uskutečněných odběrů. Tento limit může být v povolené míře v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu překročen. Maximální hodnoty (m) jsou nepřekročitelné.

*Tabulka 5 Emisní standardy – přípustná minimální účinnost čištění odpadních vod (minimální procento úbytku) procentech (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.; vlastní zpracování)*

Kategorie ČOV (EO)	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL	N_NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N <sub>celk</sub>
<500	70	80	-	-	-
500 – 2 000	70	80	50	-	-
2 001 – 10 000	75	85	60	-	70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
> 100 000	75	85	-	70	80

#### 4.5.1 Léčiva jako nebezpečné polutanty v odpadních vodách

Znečišťujících látek, které odpadní vody obsahují i pouze v nepatrném stopovém množství je celá řada, spolu s rozvojem analytických metod jsou detekovány neustále další nové kontaminanty. Je však nezbytné rozlišit jejich vliv na životní prostředí a lidské zdraví. Tématem současné doby je neustále se zvyšující množství léčiv v odpadních vodách, které je přímo úměrné narůstající spotřebě léčiv ve světě. Léčiva se vyskytují ve vodě sice v nízkých koncentracích, ale mohou působit problémy lidem, zvířatům, i životnímu prostředí. Vliv na člověka není zatím zcela prozkoumán, bude potřeba dlouholeté toxikologické sledování účinků při chronické expozici.

Cesty vstupu kontaminované vody léčivy mohou být přímé zejména během příjmu potravy nebo také nepřímé při konzumaci rostlin, které byly zavlažovány kontaminovanou vodou. Prozatím průzkumy předpokládají, že běžná konzumace (tedy dávka 2 l/den) kontaminované vody by za celý život nenaakumulovala stejné množství léčiv, jaké je v jedné předepsané dávce. Reakce na léčiva ve velmi nízkých koncentracích může být různá, záleží na daném organismu. Vliv má pohlaví, stáří, aktuální zdravotní stav, citlivost, alergie, užívané léky apod. (Kotyza a kol., 2009; Úterský a kol. 2015).

Mezi nejčastěji aplikovaná léčiva v humánní medicíně patří tzv. beta-blokátory, jedná se o heterogenní skupinu látek, které byly syntetizovány počátkem šedesátých let jako léčiva mající antianginózní a antiarytmický účinek (Cífková, 2007). V rámci řešeného mezifakultního projektu specifického výzkumu MŠMT ČR, FAST/FCH – J-14-2422 byla zkoumána účinnost technologií vybraných ČOV z hlediska jejich eliminace beta - blokátorů, neboť konvenční čištění odpadních vod využívajících aktivovaného kalu není pro úplné odstranění těchto analytů dostatečně efektivní.



Jedná se o léčiva, kterou slouží k léčbě kardiovaskulárních onemocnění. Mezi nejčastější klinické nežádoucí účinky patří bronchospasmus, bradykardie a u neselektivních beta- blokátorů celková únava a pocit chladu v končetinách. Vzácně se objevují závratě, svalové slabosti, klaudikace, parestázie, sucho v ústech a dyspepsie (Vítovec a Špina, 2012).

Účinnost čistících procesů na ČOV je závislá na použité technologii a mezi jednotlivými zařízeními se velmi liší. Beta-blokátory jsou v průměru odstraněny z ČOV maximálně z 65 %, dále se dostávají do recipientu a kontaminují povrchové vody. Koncentrace beta- blokátorů se v odpadních vodách pohybují řádově v desítkách až stovkách ng/L, v povrchových vodách jsou to převážně jednotky ng/L (Vieno a kol., 2007; Jelic a kol., 2011; Gros a kol., 2010). Základní metody, jako je koagulace a flokulace využívané na ČOV k odstranění organického znečištění, nelze označit při eliminaci léčiv až na pár výjimek za dostatečné. Jedním z nejdůležitějších parametrů při redukci množství farmak v odpadní vodě je doba zdržení pevných částic (Kotzya, 2009).

V rámci mezifakultního projektu byla zjišťována účinnost čistírenských technologií u ČOV Mikulov, ležící 50 km jižně od Brna. Čistírna je technologicky navržena jako mechanicko-biologická s terciálním dočištěním. Po dobu 7 dní v období od 31.7. – 6.8.2014 byly pravidelně odebírány vzorky vody na přítoku i odtoku. V odebrané odpadní vodě byla zjišťována rezidua sulfonamidů, které patří do skupiny často aplikovaných léčiv v humánní medicíně. Jednalo se o tato léčiva: sulfamerazin (SMR), sulfamethazin (SMT), sulfamethoxazol (SMX), sulfapyridin (SPY) a sulfathiazol (STZ).

Izolace sledovaných analytů z matrice byla prováděna metodou extrakce na tuhou fázi (solid phase extraction – SPE). Pro izolaci byl použit SPE extraktor Baker a kolonky Supelclean Envi 18 (Supelco, USA). Po zakoncentrování extraktu na rotační vakuové odparce byla provedena finální analýza. Pro tuto analýzu byla zvolena separační metoda ultra účinné kapalinové chromatografie s detektorem diodového pole.

Z dosažených výsledků vyplývá, že u vybrané ČOV dochází pouze k částečné, nedokonalé eliminaci léčiv. Hodnoty účinnosti odstranění se u dotčených léčiv poměrně lišily, STZ vykazoval hodnoty v průměru 14,50 %, naopak SMR se nepodařilo eliminovat téměř vůbec. Procentuální vyjádření účinnosti je zobrazeno v tabulce 6 (Píšťková a kol., 2014; Turková a kol., 2014; Úterský a kol., 2015).

Tabulka 6 Účinnost odstranění léčiv čistícími procesy na ČOV Mikulov (Dadáková, 2014, vlastní zpracování)<sup>15</sup>

Léčivo	Účinnost eliminace v %						
	Datum odběru vzorků						
	31.7.	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.
STZ	9,32	31,02	28,98	5,38	16,70	2,74	8,49
SPY	3,34	2,06	4,37	2,18	0,43	1,15	0,74
SMR	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
SMT	0,22	0,24	0,46	0,12	0,02	0,00	0,00
SMX	16,65	12,92	0,29	0,00	52,99	2,24	10,14

#### 4.5.2 Pokročilé technologie a metody pro eliminaci léčiv z odpadních vod

Z výše popsaného experimentálního měření je zřejmé, že standardní metody pro čištění odpadních vod nemusí být z hlediska eliminace léčiv z odpadních vod dostatečně účinné. Ze současné praxe jsou však již známé pokročilé metody, které mohou tyto polutanty lépe odbourat, a to např. fotodegradace využívající mechanismus přímé fotolýzy nebo radikálového rozpadu, dále v evropských zemích poměrně běžně aplikovanou sorpci na aktivovaný kal, biodegradace, která představuje úplné rozložení léčiv, případně také nové progresivní metody chemické oxidace, filtrace přes aktivní uhlí nebo metody membránové (Úterský a kol., 2015; Kotyza a kol., 2009).

#### 4.6 Způsoby čištění odpadních vod

Z předchozích kapitol vyplývá, že odpadní vody představují zdroj nebezpečného znečištění, které musí být efektivně eliminováno. Jakost vody je důležitá pro správné fungování ekosystému, pro život lidí i živých organismů. Toxické látky obsažené ve vodě se mohou kumulovat v sedimentech a organických tkáních a následně vstupovat do potravního řetězce. I přes vysoce účinné způsoby čištění odpadních vod v dnešní době, není žádná technologie schopna zcela zachytit všechny látky, které se ve vodách objevují. Jedná se zejména o polutanty z léčivých přípravků, hormonálních léků aj.

Čištění odpadních vod lze rozdělit do třech základních skupin, a to:

- primární mechanické předčištění a čištění – založeno na odstranění hrubých a makroskopických látek;
- sekundární biologické čištění – představuje odstranění organických látek;
- terciální dočištění (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

<sup>15</sup> Text kapitol 4.5.1 a 4.5.2 a výsledky v tabulce č. 6 vznikly v rámci mezifakultního projektu „Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin z vodního ekosystému“, ozn. FAST/FCH-J-14-2422.

#### 4.6.1 Předčištění a mechanické čištění

Odpadní voda je na ČOV přiváděna hlavní stokou z kanalizační sítě, poté je upravována prostřednictvím mechanického předčištění, kdy je voda zbavována hrubých nečistot sedimentací pomocí lapačů šterku a písku. Pro jemné a hrubé cezení vody pak slouží česle odstraňující plovoucí nečistoty. Následují lapáky písku a tuků a plovoucích nečistot. Posledním zařízením mechanického čištění jsou usazovací nádrže, které slouží ke gravitační separaci suspendovaných látek obsažených v odpadní vodě. Sedimentovaná voda je rozdělena do tří frakcí: vespod se nachází surový kal, který je následně odčerpán a odváděn do vyhnívací nádrže, zde při teplotě 38 °C probíhá anaerobní stabilizace, při níž dochází k přeměně většiny rozložitelných organických látek na bioplyn. Uprostřed usazovací nádrže je mechanicky vyčištěná voda stále obsahující malý podíl nečistot a na povrchu se nachází usazeniny přiváděny dále do lapáku.

Při návrhu zařízení pro tento typ čištění je nezbytné zohlednit druh, charakter a stav stokové sítě, stupeň technického zabezpečení před průnikem hrubých nečistot, úroveň provozu stokové sítě a řešení stupňů čištění (Hlavínek a kol., modul 2, 2006; Drtil a Hutňan, 2007).

#### 4.6.2 Biologické čištění

Biologické čištění je založeno na biochemické oxidační redukční reakci za použití aktivačních systémů, biofilmových reaktorů a stabilizační nádrže. Cílem tohoto čištění je odbourání koloidních částic a stabilizace organické látky. Při aktivačním procesu přitéká surová nebo odsazená odpadní voda do aktivační nádrže, kde je smíchána s recirkulovaným kalem. Vytvořený aktivovaný kal (shluk mikroorganismů, většinou bakterií) se dále separuje od vyčištěné vody v dosazovací nádrži, aby byl po zahuštění opět vrácen do aktivační nádrže. Za neustálého vhánění vzduchu do nádrží probíhá proces mineralizace, kdy se odbourávají organické látky za vzniku CO<sub>2</sub> a vody.

Základní biochemické procesy jsou založeny na odstranění dusíku a fosforu z odpadních vod. Amoniakální dusík má vysokou spotřebu kyslíku, podporuje růst zelených organismů ve vodě a jeho vyšší koncentrace v pitné vodě mohou být zdraví nebezpečné zejména pro kojence. Pro jeho odstranění se využívá proces nitrifikace, jedná se o rozklad dusíku na dusičnany nebo také proces denitrifikace, při kterém jsou dusičnany redukovány na plynný dusík. Fosfor, který zapříčiňuje eutrofizaci povrchových vod, je z vody odstraňován chemickým srážením přidáním železitých, železnatých a hlinitých solí, případně vápna, anebo také pomocí bakterií, které jsou schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk, tzv. biologické odstraňování fosforu. (Hlavínek a kol., modul 2, 2006; Drtil a Hutňan, 2007).

### 4.6.3 Terciární dočištění

Poslední z řady čistících procesů je terciární dočištění, které představuje pokročilý způsob odstranění živých látek speciálními biologickými procesy za použití chemikálií nebo filtračních postupů. Odstraňovány jsou především zbytky fosforu, rozpustitelných látek a patogenů. Proces čištění zahrnuje flokulaci, biologickou eliminaci fosforu a finální sedimentační nádrže.

Směrnice Rady č. 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod uvádí povolené limity koncentrace nerozpuštěných látek, biochemické spotřeby kyslíku a chemické spotřeby kyslíku pro městské odpadní vody. Je tak nezbytné zohlednit požadavky na kvalitu vody spolu s technickými a ekonomickými možnostmi daného řešení. Jak uvádějí autoři Drtil a Hutňan (2007), zařazení chemicko-fyzikálního terciárního dočištění s sebou může nést značné investiční náklady, přičemž eliminace zbytkového znečištění je minimální.

## 4.7 Infrastruktura vodního hospodářství

Vodní hospodářství jako oblast technické infrastruktury patří k těm nejrozsáhlejším a nejrozmanitějším částem technické infrastruktury. Významný obor má v České republice dlouholetou tradici, stará se nejen o řeky a přehrady, ale také zajišťuje distribuci pitné vody všem obyvatelům a zároveň se stará o odpadní vody v kanalizacích. Do vodního hospodářství patří oblast vodárenství, stokování a čištění odpadních vod, hydrotechnika, hydromeliorace, vodní doprava či rybníkářství.

Problematikou vodního hospodářství, monitorováním aktuální situace či vydáváním odborných publikací a statistických ročenek se zabývá celá řada organizací. Jednou z nich je Sdružení oboru vodovodů a kanalizací České republiky – SOVAK ČR, které je dobrovolným a neziskovým sdružením sdružující subjekty, jejichž hlavním předmětem činnosti je zajišťování zásobování vodou nebo odvádění a čištění či jiné zneškodňování odpadních vod, a to jak z hlediska provozování a spravování, tak z hlediska vlastnictví, rozvoje a výstavby. Sdružení každoročně připravuje obsáhlou Ročenku se základními statistickými údaji o zásobování vodou a odvádění odpadních vod v ČR včetně přehledu právních předpisů, technických norem a směrnic a řadou dalších důležitých odborných údajů.

Statistické údaje nejenom o stavu vodního hospodářství lze nalézt zejména v publikacích Českého statistického úřadu (ČSÚ), který je ústředním orgánem státní správy České republiky.

Česká republika je společně s dalšími 26 zeměmi Evropské unie členem organizace EurEau sdružující evropské provozovatele pitné vody a odpadních vod, kteří poskytují vodárenské služby více jak 400 mil. lidí. Českým zástupcem je výše zmíněné sdružení SOVAK ČR. Hlavními aktivitami organizace jsou podpora společných zájmů evropského sektoru vodohospodářských služeb s institucemi a zainteresovanými stranami EU, dále řešení klíčových bodů vyplývajících z legislativních požadavků EU a jejich aplikace na národní úrovni a také podpora aktivit jednotlivých členů (EurEau, 2018).

Oblast vodního hospodářství lze obecně na dvě základní skupiny:

- oblast péče o vodní toky – povrchové i podzemní vody, které mohou být využity pro krytí potřeb společnosti;
- oblast péče o vodovody a kanalizace.

Zodpovědnost za fungování vodního hospodářství v jednotlivých oblastech spadá pod Ministerstvo zemědělství, které prostřednictvím státních podniků Povodí Labe, Povodí Ohře, Povodí Odry a státního podniku Lesy ČR zajišťuje správu vodních toků a vodních děl ve vlastnictví státu. Sekce vodního hospodářství je zodpovědná za kontrolní a metodickou činnost, plánování využití vodních zdrojů, dotační politiku státu, technickou bezpečnost vodních děl atd. (MZe, 2017<sup>16</sup>).

Provozovatelem vodohospodářské infrastruktury může být jak veřejný sektor, tak také sektor soukromý. Vlastníky samotné infrastruktury jsou zpravidla obce a města, samotný provoz je pak zajištěn smluvním provozovatelem, řada vlastníků si však provoz zajišťuje sama. Obecně lze rozlišit čtyři základní modely provozování:

#### **4.7.1 Oddílný model provozování**

Jedná se o nejčastější model provozování vodohospodářské infrastruktury, který pokrývá 67 % celého trhu v ČR. Provoz zajišťuje soukromý sektor na základě uzavřené dlouhodobé smlouvy s vlastníkem infrastruktury (veřejný sektor). Model je založen na spolupráci mezi vlastníkem a provozovatelem, který vybírá poplatky za vodné a stočné od uživatelů, vlastníkovi pak hradí nájemné za užívání vodovodu a kanalizace.

---

<sup>16</sup> Dostupné z [on-line 10.11.2016]: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/>

#### **4.7.2 Smíšený model provozování**

Smíšený model představuje situaci, kdy provozovatel a vlastník infrastruktury je jedna a tatáž osoba, avšak podíl zde může mít i soukromý sektor (nikoliv jen obecní vlastník). V ČR je tento model uplatňovaný v 18 % případů.

#### **4.7.3 Vlastnický model provozování**

Na českém trhu je zastoupen v malé míře (cca 2 %). V rámci tohoto modelu bývá klíčový veřejný sektor jakožto vlastník infrastruktury, který je zároveň stoprocentním majitelem provozní společnosti.

#### **4.7.4 Model samostatného provozování**

Tento nejméně využívaný model pokrývá pouze 1 % trhu. Jedná se o situaci, kdy obce a města provozují vodohospodářskou infrastrukturu samostatně na základě rozhodnutí krajského úřadu (SOVAK, 2016<sup>17</sup>).

### **4.8 Zásobování vodou v ČR**

#### **4.8.1 Počet ČOV a jejich celková denní kapacita**

Nejčastějším typem používaných čistíren odpadních vod v České republice je mechanicko-biologická čistírna. V roce 2018 bylo v České republice v provozu celkem 2 677 čistíren odpadních vod. Nejvíce čistíren se nachází ve středočeském kraji, konkrétně 516 ČOV, nejméně potom v hlavním městě a to 25. Denní kapacita všech čistíren odpadních vod v ČR se pohybovala v rozmezí od 107 764 m<sup>3</sup>/den do 907 615 m<sup>3</sup>/den, celková denní kapacita všech ČOV byla 4 274 245 m<sup>3</sup>. Celkový přehled všech ČOV včetně statistických údajů za rok 2018 je zobrazen v následující tabulce (ČSÚ, 2019<sup>18</sup>).

---

<sup>17</sup> Dostupné z [on-line 10.11.2016]: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/provozni-modely-ceskeho-vodarenstvi>

<sup>18</sup> Dostupné z [on-line 10.9.2019]: <https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211909.pdf/7ff82ef5-fcae-4c28-8a92-dfaf48eee56a?version=1.0>

Tabulka 7 Počet ČOV v rozdělení dle způsobu čištění (ČSÚ, 2019; vlastní zpracování)

Území, kraj	Mechanické	Mechanicko-biologické			
		Celkem	Z toho s dalším odstraněním		
			N (dusík)	P (fosfor)	N + P
<b>Česká republika</b>	<b>25</b>	<b>2 652</b>	<b>638</b>	<b>86</b>	<b>773</b>
Hl. město Praha	0	25	3	1	20
Středočeský	4	512	158	16	198
Jihočeský	7	357	63	13	52
Plzeňský	0	210	45	6	42
Karlovarský	1	98	36	3	16
Ústecký	5	195	61	2	31
Liberecký	1	84	13	1	19
Královéhradecký	2	135	39	3	36
Pardubický	0	134	37	6	42
Vysočina	0	209	27	4	77
Jihomoravský	0	247	58	19	112
Olomoucký	0	172	30	8	44
Zlínský	0	115	13	4	43
Moravskoslezský	5	159	55	0	41

#### 4.8.2 Spotřeba a zásobování pitné vody

Každoročně je monitorován podíl obyvatel zásobovaných vodou z vodovodu, který dosáhl v roce 2018 hodnoty 94,7 %, jednalo se tak o celkem 10 064 131 obyvatel. Největší podíl lidí zásobovaných vodou z vodovodu mělo hlavní město Praha (100 %), Karlovarský kraj (100 %) a Moravskoslezský kraj (99,9 %), naopak nejméně jich bylo v Plzeňském (86,4 %) a Středočeském kraji (86,3 %), (ČSÚ, 2019<sup>19</sup>). Meziročně však vzrostla spotřeba vody na osobu, průměrně tak člověk v roce 2018 spotřeboval za den 133,5 litru pitné vody.

Růst byl také zaznamenán v průměrných cenách za m<sup>3</sup> vody, který byl ve výši 38,10 Kč bez DPH. Při pohledu do jednotlivých krajů lze však vidět značné rozdíly v cenách vody, zatímco v libereckém kraji lidé zaplatili 44,20 Kč/m<sup>3</sup>, v plzeňském kraji to bylo o více jak 16 Kč méně. Celkem 609,7 mil. m<sup>3</sup> pitné vody bylo v roce 2018 přečištěno na úpravnách vody, díky ztrátám způsobením především kvůli průsakům ve starých potrubích, se ke spotřebitelům dostalo cca 85 % z celkového množství vody.

<sup>19</sup> Dostupné z [on-line 10.9.2019]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211906.pdf/2a079e11-192b-408e-9552-8c730e2ad3be?version=1.1>

Všechny výše uvedené informace vyplývají z tzv. modré zprávy, kterou každoročně připravuje Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem Životního prostředí a která pojednává o stavu vodního hospodářství a o přehledu dlouhodobého vývoje dané oblasti pomocí sledovaných ukazatelů (MZe, 2018).

*Tabulka 8 Srovnání spotřeby vody, ceny vodného a stočného v krajích v roce 2018 (MZe, 2018; vlastní zpracování)*

Území, kraj	Specifické množství vody fakturované celkem (l/os./den)	Specifické množství vody fakturované domácnostem (l/os./den)	Cena vody (Kč/m <sup>3</sup> bez DPH)	Cena stočného (Kč/m <sup>3</sup> bez DPH)
<b>Česká republika</b>	<b>133,50</b>	<b>89,20</b>	<b>38,10</b>	<b>33,40</b>
Hl. město Praha	174,0	107,50	42,0	34,0
Středočeský	125,80	88,20	40,90	33,10
Jihočeský	123,80	84,10	37,0	29,40
Plzeňský	138,10	88,40	39,20	27,80
Karlovarský	134,80	86,70	38,20	35,60
Ústecký	129,60	91,60	43,40	41,70
Liberecký	125,20	87,50	44,20	42,50
Královéhradecký	124,20	80,50	34,90	34,20
Pardubický	123,60	79,70	34,10	36,20
Vysočina	122,70	81,20	37,10	28,30
Jihomoravský	136,80	92,90	34,50	34,50
Olomoucký	120,80	83,20	33,10	32,10
Zlínský	114,60	75,70	35,80	30,80
Moravskoslezský	129,70	89,90	34,40	31,50

### 4.8.3 Kanalizační síť

Ve stejném období (rok 2018) bylo celkem 85,5 % obyvatel napojených na kanalizaci. Celkový počet obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci byl 9 089 999, přičemž jejich počet každoročně nepatrně roste. Z tohoto počtu obyvatel napojených na kanalizaci bylo celkem 8 759 057 dále napojeno na ČOV, z nichž 8 327 bylo napojeno pouze na čistírnu s mechanickým čištěním a 8 750 731 obyvatel na ČOV s mechanicko-biologickým čištěním (ČSÚ, 2019)<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Dostupné z [on-line 15.2.2020]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211908.pdf/6528126c-4742-4a86-8db2-797cdb61d22f?version=1.0>



Tabulka 9 Statistické údaje o kanalizacích za rok 2018 (ČSÚ, 2019; vlastní zpracování)

Kraj	Vypouštěné odpadní vody do kanalizace v tis. m <sup>3</sup>			Čištěné vody v tis. m <sup>3</sup>		
	Celkem	Splaškové	Prům. a ostatní	Celkem	Splaškové	Prům., srážkové a ostatní
<b>Česká republika</b>	<b>529 124</b>	<b>310 679</b>	<b>146 641</b>	<b>743 646</b>	<b>300 545</b>	<b>443 101</b>
Hl. město Praha	91 569	49 628	31 425	107 062	49 628	57 434
Středočeský	56 676	35 714	14 573	71 407	35 528	45 879
Jihočeský	33 147	17 862	9 457	48 408	16 845	31 563
Plzeňský	33 184	16 882	12 166	40 635	15 984	24 651
Karlovarský	15 367	8 526	4 823	28 355	8 519	19 836
Ústecký	34 156	23 290	6 548	56 198	22 992	33 206
Liberecký	16 647	10 284	4 127	34 516	10 090	24 426
Královéhradecký	25 666	13 444	7 392	47 842	12 782	35 060
Pardubický	22 933	11 442	6 644	32 303	11 271	21 032
Vysočina	22 344	14 894	4 071	32 740	13 066	19 674
Jihomoravský	60 553	37 324	15 503	71 505	36 677	34 828
Olomoucký	32 588	18 565	8 634	47 976	18 013	29 963
Zlínský	32 122	18 937	7 518	43 242	17 212	26 030
Moravskoslezský	52 170	33 886	13 759	81 457	31 938	49 519

V souladu s § 20 odst. 5 písm. c) vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění je nepřipustné napojení srážkových a balastních vod (přepady ze studen, zaústění pramenů či občasných a drobných vodotečí) do kanalizační sítě sloužící výhradně pro odvádění odpadních vod. Dle národních plánů povodí a plánů dílčích povodí je v současnosti vyžadována realizace oddílné splaškové kanalizace. Odvádění srážkových vod je řešeno např. pomocí vsakování, regulovaných odvádění do povrchových vod atd. V případě, že nelze využít žádnou z těchto možností, je následně povoleno regulované odvádění do jednotné kanalizace.

#### 4.9 Důležité aspekty návrhu ČOV

Stejně jako u kteréhokoliv jiného stavebního projektu, tak také při výstavbě ČOV musí být splněny podmínky dané zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) a jeho prováděcími předpisy v aktuálním znění.

V předinvestiční fázi projektu, která je úvodní částí životního cyklu projektu (případně stavby), je zjišťována nejenom ekonomická udržitelnost záměru, ale také její technická a finanční proveditelnost (Korytářová, 2006). Nedílnou součástí je pak hodnocení vlivů na životní prostředí, které bude podrobněji řešeno v následujících kapitolách.

Při návrhu musí být zohledněny podmínky urbanistické, vodohospodářské, hygienické, stavební, energetické, požární a další.

V případě projektů čistíren odpadních vod je nejprve nutné zvolit vhodné řešení z pohledu předmětné aglomerace, a to centrální, decentrální nebo individuální. Následně je vypočítána navrhovaná kapacita včetně vymezení možnosti kapacitního rozšíření nad uvažované limity z důvodu možných budoucích přísnějších požadavků na jakost vyčištěné vody. Při dimenzování ČOV je nezbytné vzít v úvahu budoucí objem odpadních vod s ohledem na počet ekvivalentních obyvatel, množství odpadních vod z průmyslu a zemědělství a také vody balastní.

Použitá technologie pro čištění odpadních vod musí být vždy navržena v souladu s požadavky vyplývajícími ze zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), jehož účelem je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství (Hlavínek a kol., modul 2, 2006).

Čistírny odpadních vod jsou vodním dílem, k jehož provedení je zapotřebí stavební povolení nebo ohlášení stavby. Prvním krokem je získání územního souhlasu nebo územního rozhodnutí, na jejichž základě je požádáno o vodohospodářské rozhodnutí a o povolení k vypouštění odpadních vod. Součástí dokumentace žádosti o vydání vodohospodářského rozhodnutí/ohlášky je např. žádost o nakládání vyčištěných vod, stanovisko správce povodí, vyjádření příslušného správce vodního toku v případě vypouštění odpadních vod z vodního díla do vod povrchových, HG posudek (vyjádření osoby s odbornou způsobilostí dle § 9 odst. 1 vodního zákona v případě vypouštění odpadních vod z vodního díla přes půdní vrstvy do vod podzemních), projektová dokumentace stavby (projekt), zpracována ve smyslu vyhlášky č. 499/2006 Sb., ve dvou vyhotoveních, není-li stavebním úřadem obecní úřad v místě, ve třech vyhotoveních atd.

## 5 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

### 5.1 Základní dokumenty Evropské unie

Společně se vstupem České republiky do Evropské unie v roce 2004 bylo nezbytné přijmout a aplikovat stávající i budoucí podmínky spojené s institucionálním rámcem EU. Současně byl všemi kandidátskými zeměmi podepsán soubor společných práv a povinností závazný pro všechny členy EU, který je označován jako „Acquis Communautaire“ (v překladu „komunitární právo“). V souvislosti s oblastí vodní politiky a hospodaření s vodou byla vydána řada směrnic a nařízení, kterými se musí členské státy EU řídit a jejich podmínky aplikovat také do svých platných právních předpisů. Mezi vybrané dokumenty patří např.:

- 2000/60/ES – Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- 2007/60/ES – Směrnice 2007/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- 98/83/ES – Směrnice 2007/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- 97/825/ES – Rozhodnutí Rady z 24. listopadu 1997 o uzavření Úmluvy o spolupráci pro ochranu a únosné využívání Dunaje.
- 96/61/ES – Směrnice rady z 24. září 1996 o sdružené prevenci a řízení znečištění.
- 95/337/ES – Rozhodnutí Komise z 25. července 1995 měnící Rozhodnutí 92/446/EHS z 27. července 1992 o dotaznicích ke Směrnicím v oblasti vody.
- 95/308/ES – Rozhodnutí Rady z 24. července 1995 o schválení, jménem Unie, Úmluvy o ochraně a využívání hraničních vodních toků a mezinárodních jezer.
- 91/676/EHS – Směrnice Rady z 12. prosince 1991 k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.
- 91/271/EHS – Směrnice Rady z 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod.
- 88/347/EHS – Směrnice Rady z 16. června 1988 měnící Přílohu II Směrnice 86/280/EHS o mezních hodnotách a jakostních cílech při vypouštění určitých nebezpečných látek, obsažených v Seznamu I Přílohy Směrnice 76/464/EHS.
- 86/574/EHS – Rozhodnutí Rady z 24. listopadu 1986 měnící Rozhodnutí 77/795/EHS z 12. prosince 1977 ustavující společný postup pro výměnu informací o jakosti povrchových sladkých vod ve Společenství.
- 86/280/EHS – Směrnice Rady z 12. června 1986 o mezních hodnotách a jakostních cílech při vypouštění určitých nebezpečných látek, obsažených v Seznamu I Přílohy směrnice 76/464/EHS.
- 86/278/EHS – Směrnice Rady z 12. června 1986 o ochraně životního prostředí, a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství.

### 5.1.1 Rámcová směrnice o vodě (směrnice 2000/60/ES)

Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie ze dne 23. října 2000 představuje nejvýznamnější a zatím nejucelenější právní úpravu pro oblast vody. Zahrnuje oblast celého vodstva a díky své komplexnosti se dotýká prakticky všech oblastí životního prostředí. Po celé Evropě zavádí principy integrovaného přístupu pro záležitosti spojené s kvalitou a kvantitou podzemních i povrchových vod a implementuje nové režimy správy vod a vodních zdrojů.

Hlavním cílem této směrnice je zajištění tzv. „dobrého stavu“, a to do roku 2027 ve třech časově i tematicky vymezených plánovacích obdobích. V bodě (33) této Směrnice je uvedeno, že *Cíl dosažení dobrého stavu vod má být uplatňován pro každé povodí, aby tak mohla být koordinována opatření ve vztahu k povrchovým a podzemním vodám náležejícím ke stejnému ekologickému, hydrologickému a hydrogeologickému systému.*

O povinnosti zpracování ekonomické analýzy pojednává bod (36) *Je nutné, aby byly provedeny analýzy charakteristik povodí a dopadů lidské činnosti, stejně jako ekonomická analýza užívání vod. Vývoj stavu vod má být sledován členskými státy na systematickém a srovnatelném základě v rámci celého Společenství. Tyto informace jsou nezbytné k tomu, aby poskytly spolehlivý základ členským státům k vytvoření programů opatření směřujících k dosažení cílů stanovených touto směrnicí.* A dále bod (38) *Využití ekonomických nástrojů může být vhodné jako součást programu opatření. Přitom má být vzata v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na životní prostředí a vodní zdroje spojených s poškozením nebo nepříznivým dopadem na vodní prostředí, a to zejména v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí. Pro tento účel bude nezbytná ekonomická analýza vodohospodářských služeb založená na dlouhodobé předpovědi nabídky a poptávky po vodě v oblasti povodí.*

*Článek 5 Charakteristiky oblasti povodí, přezkoumání environmentálních důsledků lidské činnosti a ekonomická analýza využívání vod* nařizuje všem členským státům provést analýzu charakteristik povodí, přezkoumat dopady lidské činnosti na stav povrchových vod a podzemních vod a **provést ekonomickou analýzu využívání vod.**

*Článek 9 Návratnost nákladů na vodohospodářské služby* pojednává o tom, že členské státy vezmou v úvahu zásadu návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně environmentálních nákladů a nákladů na využívané zdroje, s ohledem na ekonomickou analýzu provedenou podle přílohy III, a zejména v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí.

## 5.2 Základní dokumenty České republiky

Také v českém právním systému existuje velké množství zákonů, vyhlášek či nařízení, která se váží k problematice vodního hospodářství. Jedná se např. o:

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.
- Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- Vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
- Vyhláška č. 123/2012 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

### 5.2.1 Vodní zákon

Důležitou úlohou zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů je naplňování podmínek směrnice 60/200/ES, rámcové směrnice o vodě, která je popsána v kapitole 5.1.1., a aplikace evropských požadavků do české legislativy zabývající se problematikou vodního hospodářství. Aktuální znění zákona je platné od 1.2.2020 do 31.12.2021, na období následující je připravena novela zákona, která bude platit od 1.1.2021.

Níže je uvedeno několik citací vodního zákona, které vysvětlují účel a předmět zákona, a dále také nařízení týkající se ochrany jakosti vod. V některých případech jsou u jednotlivých citací vybrány pouze důležité pasáže vztahující se k řešené problematice této práce.

## *§ 1 Účel a předmět zákona*

*(1) Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství<sup>1</sup>). Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo záviselých suchozemských ekosystémů.*

*(2) Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí.*

## *§ 38 Odpadní vody*

*(1) Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.*

*(3) Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod.*

*(4) Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad tímto rozhodnutím stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření.*

*(8) Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty jejich množství a znečištění. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, normami environmentální kvality, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitosti a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod, včetně specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínek jejich použití, které stanoví vláda nařízením.*

### **5.3 Strategické dokumenty**

- Státní politika životního prostředí České republiky 2012–2020:
  - zajištění šetrného hospodaření s vodou v sídelních útvarech podporou opatření vedoucích k zachycení a následnému využití srážkové a užitkové vody v místě;
  - dokončení výstavby a rekonstrukce chybějících ČOV v obcích nad 2 000 EO, zajištění podpory výstavby a rekonstrukce ČOV s kanalizací v obcích do 2 000 EO;
  - dosažení alespoň dobrého ekologického stavu nebo potenciálu a dobrého chemického stavu útvarů povrchových vod, dosažení dobrého chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod.
- Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR:
  - podpora integrovaného plánování v oblasti vod;
  - koncepční a legislativní řešení zvládnutí dlouhodobého nedostatku vody;
  - úprava systému povolování vypouštění odpadních vod tak, aby kladl maximální důraz na aplikaci BAT (nejlepší dostupné techniky);
  - snižování spotřeby kvalitní pitné vody pro účely, k nimž není tak vysoká kvalita nezbytná.
- Strategie resortu Ministerstva zemědělství ČR s výhledem do roku 2030:
  - vytváření podmínek pro udržitelné hospodaření s omezeným vodním bohatstvím tak, aby byly sladěny požadavky na užívání vodních zdrojů s požadavky ochrany vod a zároveň s realizací opatření na snížení škodlivých účinků vod vyvolaných hydrologickými extrémy, tj. povodněmi a suchem.
- Národní akční plán snižování používání pesticidů v ČR:
  - preventivní opatření vedoucí ke snížení výskytu reziduí v povrchových a podzemních vodách s důrazem na zdroje využívané nebo využitelné pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou.
- Plán rozvoje vodovodu a kanalizací území ČR:
  - základní koncepce optimálního rozvoje zásobování pitnou vodou, odkanalizování a likvidace odpadních vod v ČR.

- Plány rozvoje vodovodu a kanalizací území krajů ČR:
  - základní prvek plánování v oboru vodovodu a kanalizací;
  - koncepce řešení zásobování pitnou vodou a odkanalizování a čištění odpadních vod v územních celcích ČR.
- Plány Mezinárodních oblastí povodí Labe, Odry, Dunaje:
  - určují rámec pro jednotlivé Národní plány povodí.
- Národní plány povodí:
  - podpora připojování obyvatel v okrajových místech obcí a obyvatel malých obcí na vodovod a kanalizaci pro veřejnou potřebu;
  - urychlení obnovy poruchových a zastaralých vodovodních sítí, a tím snížení ztrát pitné vody ve vodovodních sítích na  $5\ 000\ \text{l.km}^{-1}.\text{den}^{-1}$  a snížení počtu havárií;
  - snížení znečištění nebezpečnými látkami, nutrienty a organickými látkami a zabránění jejich vnosu z plošných zdrojů;
  - zastavení nebo postupné odstraňování emisí, vypouštění a úniku nebezpečných prioritních látek;
  - zamezení nebo omezení vstupu znečišťujících látek do podzemních vod;
  - zamezení zhoršení stavu útvaru povrchových vod, dosažení dobrého stavu vodních útvaru pomocí stanovených cílů.
- Plány dílčích povodí:
  - návrhy konkrétních opatření k postupnému odstraňování nejvýznamnějších vodohospodářských problémů;
  - souhrn konkrétních cílů a programů opatření ke zlepšování jakosti povrchových a podzemních vod.



## **6 REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU POZNÁNÍ: ANALÝZA METOD HODNOCENÍ DOPADŮ PROJEKTŮ ČOV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

Předložená disertační práce mimo jiné zkoumá otázku, zda je možné ocenit negativní či pozitivní dopady investičních projektů čištění odpadních vod na životní prostředí. A pokud ano, jaké jsou nevhodnější metodické nástroje používané pro hodnocení vlivů na kvalitu ekosystému, lidského zdraví či přírodních zdrojů?

V rámci provedené literární rešerše byly podrobně zkoumány vědecké články a odborné publikace nejenom českých autorů, ale zejména těch zahraničních. Hlavním zdrojem dat byly abstraktové a citační databáze odborné recenzované literatury Scopus, Sciencedirect, Web of Science apod. Za použití anglických klíčových slov jako např. Environmental Impact of WWTP, Environmental assessment, Economic Evaluation of WWTP atd., bylo analyzováno celkem 63 odborných článků zaměřených na danou problematiku vydaných v letech 2000–2019.

Na základě provedené literární rešerše bylo zjištěno, že jedním z nejčastěji aplikovaných nástrojů pro hodnocení dopadů na životní prostředí u čištění odpadních vod je metoda, kterou lze začlenit do souboru metod environmentálního managementu, a to Posuzování životního cyklu (LCA – Life Cycle Assessment). Její aplikace je však velmi náročná zejména z hlediska potřebných vstupních dat a současně vyžaduje vysoce odborné znalosti daného problému. Metoda se objevila v analyzovaných publikacích (samostatně či v kombinaci s dalšími metodami) ve více než 53 % případů. Bližší popis LCA je uveden v kapitole 6.1.

Při hodnocení ekonomické efektivnosti projektů ČOV je dále často využívána Analýza nákladů a přínosů (CBA – Cost Benefit Analysis), která se objevuje zejména u evropských autorů. Tuto informaci lze přisoudit skutečnosti, že CBA je výslovně vyžadována u projektů spolufinancovaných v rámci operačních programů Evropského fondu pro regionální rozvoj a Fondu soudržnosti. Více o této metodě pojednává kapitola 6.2. a zejména pak kapitola 7.

Pouze u 7 publikací se pak autoři věnují využití metody lineárního programování, označované jako Metoda datových obalů (DEA – Data Envelopment Analysis), která není primárně určena pro hodnocení environmentálních dopadů, ale jak je z rešerše zřejmé, může být úspěšně aplikována také pro vodohospodářské projekty. Bližší specifikaci metody se věnuje kapitola 6.3, kde jsou popsány i ostatní používané metody, a dále pak kapitola 9.

V menším poměru pak byly popsány aplikace dynamického modelování, multikriteriální rozhodovací analýzy, analýzy přínosů pro životní prostředí nebo také kombinace jednotlivých metod s CBA či LCA.

V průběhu prováděné literární rešerše a zkoumání odborných publikací, byly analyzovány také články tzv. Review papers, které se zabývají obecnými studiiemi jednotlivých používaných metod, nikoliv jejich aplikací na konkrétní případové studie. Jejich přehled je uveden v následující tabulce.

Review papers jsou s rostoucí četností publikovány napříč všemi tématy, dle autorů Huang a kol. (2011) bylo pro oblast environmentálních dopadů v různých oblastech v roce 2009 publikováno celkem 11 231 vědeckých článků, zatímco v roce 1990 jich bylo pouze 807. Rostoucí zájem o popis a hledání vhodných metod hodnocení dopadů na životní prostředí je tedy evidentní.

Uvedené práce byly v některých případech zaměřeny na popis pouze jedné konkrétní metody (Balkema a kol., 2002; Huang a kol., 2011; Molinos-Senante a kol., 2012; Corominas a kol., 2013; Loubet a kol., 2014 nebo také Zang a kol., 2015) nebo na uplatnění více metod s přihlédnutím k jejich pozitivním i negativním dopadům (Chen a kol., 2012; Herva a Roca, 2013; Hoogmartens a kol., 2014).

Autoři Hoogmartens a kol. (2014) se ve svém článku zaměřili na vyjasnění základních rozdílů mezi metodami LCA, LCC a CBA, Herva a Roca (2013) pak posuzují využití metod z hlediska jejich efektivity.

**Žádný z uvedených článků však neporovnává metody hodnocení ekonomické efektivity čistíren odpadních vod.**

Tabulka 10 Přehled vědeckých článků zabývajících se obecným vymezením metod hodnocení dopadů na životní prostředí (vlastní zpracování)

Autor/skupina autorů	Název odborného článku	Země	Popsaná metoda/analýza
Balkema a kol., 2002	Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems	Nizozemsko, Německo	LCA
Huang a kol., 2011	Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends	USA	MCDA
Chen a kol., 2012	A critical review on sustainability assessment of recycled water schemes	Austrálie	LCA, MFA, ERA, MCA
Molinos-Senante a kol., 2012	Economic feasibility study for new technological alternatives in wastewater treatment processes: a review	Španělsko	CBA
Corominas a kol., 2013	Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art	Španělsko, Austrálie, USA, Dánsko	LCA
Herva a Roca, 2013	Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation	Španělsko	EF, LCA, ERA, MCA
Hoogmartens a kol., 2014	Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools	Belgie	LCA, LCC, CBA
Loubet a kol., 2014	Life cycle assessments of urban water systems: A comparative analysis of selected peer reviewed literature	Francie	LCA
Zang a kol., 2015	Towards more accurate life cycle assessment of biological wastewater treatment plants: review	Čína	LCA
Sabeen a kol., 2018	Quantification of environmental impacts of domestic wastewater treatment using life cycle assessment: A review	Malajsie	LCA, LCIA

Legenda: MCDA= Multi-criteria Decision Analysis, MFA= Material Flow Analysis, ERA= Environmental Risk Assessment, MCA= Multi-criteria Analysis, EF= Ecological Footprint, LCC= Life Cycle Costing

## 6.1 Posouzení životního cyklu (LCA)

Metoda posouzení životního cyklu představuje komplexní nástroj sloužící k identifikaci a hodnocení environmentálních aspektů projektu, a to ve všech stádiích životního cyklu (Finnveden a kol., 2009). Ačkoliv byla metoda vyvinuta již kolem roku 1960 (Corominas a kol., 2013), hojně využívána a standardizována byla až od roku 1990 (Hoogmartens a kol., 2014). Dle Zang a kol. (2015) se však metoda neustále vyvíjí a modifikuje.

LCA zkoumá dopady na životní prostředí ve 3 dimenzích, a to environmentální, ekonomické a sociální, které generují všechny produkty/služby v průběhu svého životního cyklu. Zahrnuje již fázi získávání základních surovin, výrobu materiálu i výsledného produktu, jeho další využívání až po konečné odstranění včetně možností opětovné recyklace (Kočič, 2013). Metoda LCA je standardizována v normách ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044 (ISO 2006; ISO 2006).

Postup zpracování komplexní studie LCA je následující:

- definice cílů a rozsahu (dle ISO 14040);
- inventarizace životního cyklu (Life Cycle Inventory Analysis – LCI, dle ISO 14041);
- posouzení dopadu životního cyklu (Life Cycle Impact Assessment – LCIA, dle ISO 14042);
- ocenění životního cyklu a interpretace výsledků (Life Cycle Assessment and Interpretation – LCAI, dle ISO 14043), (Amores a kol., 2013).

Rozsah studie je dán funkcí produktu, použitými kategoriemi dopadu, hranicemi systému, funkční jednotkou (základ, ke kterému se vztahují všechny vstupy a výstupy) a jejím referenčním tokem, tedy určením množství produktů potřebných k naplnění funkční jednotky. Ta je zpravidla libovolná v závislosti na posuzovaném produktu/službě, pro všechny posuzované systémy v jedné studii však musí být tato jednotka stejná (Garrido-Baserba a kol., 2014). Funkční jednotkou může být například počet ekvivalentních obyvatel za rok (Lundin a kol., 2000; Gallego a kol., 2008) nebo za den (Risch a kol., 2015; Tomei a kol., 2015), množství přečištěné vody v m<sup>3</sup> za dané období (Renou a kol., 2008; Garrido-Baserba a kol., 2014) nebo množství odstraněných znečišťujících látek (Rodriguez-Garcia a kol., 2011).

Široké uplatnění metody v manažerském rozhodování u projektů ČOV dokazuje značné množství vydaných odborných publikací. Jako nástroj hodnocení environmentálních dopadů pro projekty čistíren byla využita u autorů Foley a kol. (2010); De Gussem a kol. (2010); Renou a kol. (2008); Risch a kol. (2014) a Bisinella de Faria a kol. (2015).

LCA pro nízkokapacitní ČOV popisují Dixon a kol., (2003) nebo Benetto a kol. (2009), pro využití kalů při čištění městských odpadních vod (Houillon a Jolliet, 2005), pro městský odpadní systém (Risch a kol., 2015; Meneses a kol., 2010) nebo jako nástroj hodnocení plánování metropolitního kanalizačního systému (Lundie a kol., 2004). Přehled zkoumaných publikací je zobrazen v tabulce níže.

Z českého prostředí se posouzením životního cyklu pitné vody prostřednictvím metody LCA zabýval např. autor Kočí V. (2008), který porovnával environmentální dopady distribuce pitné vody pomocí úpraven vody a vody balené. Funkční jednotkou byl v tomto případě zvolen objem pitné vody ve výši 150 000 litrů pro spotřebitele. Závěrem studie je zjištění, že úprava vody na vodárenských provozech je jednoznačně šetrnější k životnímu prostředí než voda balená v plastových lahvích, a to i v případě jejich plné recyklace a energetického využití obalu.

Posouzení dopadu životního cyklu (LCIA), třetí krok při tvorbě studie, je stěžejní částí, při které jsou vyhodnocovány významy potenciálních dopadů. Cílem je kvantifikace environmentálních dopadů do jednotlivých kategorií pomocí tzv. indikátorů kategorie dopadu (Finnveden a kol., 2009; Ness a kol., 2007), které mohou být midpointové (metoda středního bodu zkoumá dopad v rámci řetězce příčina-dopad dříve, než je dosaženo koncového bodu) nebo endpointové (metoda koncového bodu zkoumá dopad na životní prostředí na konci celého řetězce), (Sharaai a kol., 2012). K hodnocení těchto indikátorů je využívána metoda vyvinutá Institutem environmentálních věd v Leidenu v Nizozemsku, která je označována jako CML 2001 (Gallego a kol., 2008; Lim a kol., 2008; Flores-Alsina a kol., 2010; Meneses a kol., 2010; Rodriguez-Garcia a kol., 2011; Amores a kol., 2013; Garrido-Baserba a kol., 2014).

Tabulka 11 Přehled odborných článků zabývajících se metodou LCA (vlastní zpracování)

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Metoda LCIA	Funkční jednotka
Lundin a kol., 2000	Life cycle assessment of wastewater systems: influence of system boundaries and scale on calculated environmental loads	Švédsko	Nespecifikováno	Kapacita EO/rok
Lundina a Morrison, 2002	A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems	Švédsko	Nespecifikováno	Kapacita EO/rok
Dixon a kol., 2003	Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach	Velká Británie	Nespecifikováno	Kapacita EO/den
Hospido a kol., 2004	Environmental Performance of a Municipal Wastewater Treatment Plant	Španělsko	Nespecifikováno	m <sup>3</sup> /den zpracovaného kalu
Houillon a Jolliet, 2005	Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis	Francie, Švýcarsko	Nespecifikováno	tDM
Gallego a kol., 2008	Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations	Španělsko	CML 2000	Kapacita EO/rok

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Metoda LCIA	Funkční jednotka
Lim a kol., 2008	Environmental and economic feasibility study of a total wastewater treatment network system	Jižní Korea	CML 2001	CWTS, TWTNS
Renou a kol., 2008	Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA	Francie	CML 2000, Eco Indicator 99, EDIP 96, EPS, Ecopoints 97	m <sup>3</sup> /rok přečištěné vody a zpracovaného kalu
Benetto a kol., 2009	Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment	Lucembursko	Nespecifikováno	Kapacita EO /rok
Lim a Park, 2009	Environmental impact minimization of a total wastewater treatment network system from a life cycle perspective	USA, Jižní Korea	Nespecifikováno	Délka potrubí v m, množství přečištěné vody v m <sup>3</sup> /h, spotřeba energie v kW
De Gussem a kol., 2010	Cost optimization and minimization of the environmental impact through life cycle analysis of the waste water treatment plant of Bree (Belgium)	Belgie	Nespecifikováno	Kapacita mPET

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Metoda LCIA	Funkční jednotka
Flores-Alsina a kol., 2010	Multiple-objective evaluation of wastewater treatment plant control alternatives	Španělsko, Kanada	CML 2000	753,3 m <sup>3</sup> přečištěné vody
Foley a kol., 2010	Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems	Austrálie	Nespecifikováno	10 ml/den přečištěné vody během 20 let
Meneses a kol., 2010	Environmental assessment of urban wastewater reuse: Treatment alternatives and applications	Španělsko	CML 2000	m <sup>3</sup> přečištěné vody
Rodriguez-Garcia a kol., 2011	Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants	Španělsko	CML	m <sup>3</sup> přečištěné vody, kg PO <sup>3</sup> <sub>4</sub> odstraněných organických látek a živin
Amores a kol., 2013	Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach	Španělsko	CML-IA	m <sup>3</sup> množství dodané pitné vody v dané oblasti



Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Metoda LCIA	Funkční jednotka
Lemos a kol., 2013	Environmental assessment of an urban water system	Portugalsko, Španělsko	ReCiPe	m <sup>3</sup> přečištěné vody
Garrido-Baserba a kol., 2014	Including the environmental criteria when selecting a wastewater treatment plant	Španělsko	CML 2001	m <sup>3</sup> přečištěné vody
Risch a kol., 2014	How environmentally significant is water consumption during wastewater treatment? Application of recent developments in LCA to WWT technologies used at 3 contrasted geographical locations	Francie, Španělsko	ReCiPe	m <sup>3</sup> /EO odstraněné znečištění za den
Risch a kol., 2015	Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems	Francie, Španělsko	ReCiPe	Den provozu ČOV/5200 EO
Li a kol., 2016	Life cycle assessment of water supply alternatives in water-receiving areas of the South-to-North Water Diversion Project in China	Čína	CML 2001, USEtox	m <sup>3</sup> přečištěné vody
Buonocore a kol., 2018	Life cycle assessment indicators of urban wastewater and sewage sludge treatment	Itálie, Čína	Nespecifikováno	1000 m <sup>3</sup> přečištěné vody

Legenda: EO – ekvivalentní obyvatelé, tDM – množství sušiny v tunách, CWTS – konvenční systém čištění odpadních vod, TWTNS – komplexní systém čištění odpadních vod, hm<sup>3</sup> – tisíc m<sup>3</sup>, mPET – cílová kapacita mil. ekvivalentních obyvatel.

Jako každá metoda, tak i LCA má své silné a slabé stránky. Přínosem metody je jistě její komplexnost, která pomocí vhodně zvolené sady nástrojů podává pravdivý obraz o skutečných environmentálních dopadech produktů (použitých procesech i technologiích) v průběhu jejich celého životního cyklu (Rebitzer a kol., 2004; Dong a kol., 2016, Sala-Garrido a kol., 2011). Metodu lze také úspěšně kombinovat s dalšími hodnotícími nástroji, jak je blíže uvedeno v kapitole 6.3.

Zahrnutí všech vlivů na životní prostředí, které jsou s životním cyklem produktového systému spojené je však velmi náročné. Metoda klade vysoké nároky na kvalitu vstupních dat, a to z hlediska času, personálních kapacit i odborných znalostí. Získaná data mohou být dále obtížně kvantifikovatelná, neboť se jedná o rozličné posuzované oblasti, např. dopady na lidské zdraví, životní prostředí, místní poměry, geografické určení aj. (Finnveden a kol., 2009; Dixon a kol., 2003, Dong a kol., 2016, Hoogmartens a kol., 2014).

## **6.2 Analýza nákladů a přínosů (CBA)**

Druhou nejčastěji využívanou metodou zkoumaného vzorků publikací je Analýza nákladů a přínosů (CBA), která je také známa jako nejčastěji používaný nástroj hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů (Abelson, 1997; Barbier a kol., 1990; Hanley a Spash, 1993; Molinos- Senante a kol., 2011 a řada dalších). Často je také aplikována při kvantifikaci újmy či ztrát na lidských životech a dopadech na životní prostředí (Bachmann a Kamp, 2014; Hanley a Spash, 1993; Hanley, 2003).

CBA zahrnuje finanční analýzu pro predikci vývoje všech reálných finančních toků projektu v budoucnosti a pro stanovení životaschopnosti projektu a návratnosti investic (Pearce a kol., 2006).

Druhou částí metody je ekonomická analýza, která hodnotí přínos projektu k obecnému přínosu regionu nebo státu. Typickými náklady/přínosy pro oblast vodního hospodářství dle metodického nástroje Evropské komise jsou např. zlepšení kvality pitné vody nebo zlepšení spolehlivosti vodních zdrojů, vliv na zdraví obyvatel, zvýšení dostupnosti pitné vody.

Ekonomická analýza je založena na principu identifikace a ocenění často neocenitelných nákladů a přínosů. Pokud pro daný produkt existuje trh, lze využít přímého ocenění na základě tržní ceny. Vzhledem k tomu, že se velmi často jedná o projekty z nekomerční sféry, bývá významná část nákladů a přínosů vyjádřena v jiné než v peněžní hodnotě. Pro stanovení ceny těchto výstupů existuje řada odborných přístupů. Jedním z takových přístupů je princip stínových cen, jehož podstatou je ocenění statků na úrovni nákladů obětované příležitosti neboli oportunitní náklady (Hernández-Sancho a kol., 2010; Molinos-Senante a kol. 2011).

U zkoumaných vědeckých článků byla často využívána metoda podmíněného oceňování (Contingent Valuation Method – CVM), která je založena na průzkumu mezi beneficienty z hlediska jejich „ochoty platit“ (Willingness to pay – WTP) nebo „ochoty přijmout“ (Willingness to accept – WTA), (Kontogianni a kol., 2003; Kotchen a kol., 2009; Tziakis a kol., 2009; Alcon a kol., 2010; Ferreira & Marques, 2015; Horowitz & McConnell, 2003; Saz-Salazar a kol., 2009). Přehled používaných metod je shrnut v následujících tabulkách.

Tabulka 12 Přehled odborných článků zabývajících se vybranými oceňovacími přístupy užívanými při aplikaci metody CBA (vlastní zpracování)

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Oceňovací přístup	Poznámka
Kontogianni a kol., 2003	Social Preferences for Improving Water Quality: An Economic Analysis of Benefits from Wastewater Treatment	Řecko, Velká Británie	CVM	Autoři prostřednictvím dotazníkového šetření zkoumají ochotu uživatelů platit za náklady spojené s plným provozem ČOV.
Biol a kol., 2006	Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application	Řecko, Velká Británie	TEV, CVM	Článek popisuje jednotlivé ekonomické metody pro ocenění nákladů v oblasti vodního hospodářství včetně jejich kladů a záporů. Na konkrétní případové studii je následně aplikován přístup CVM.
Kotchen a kol., 2009	Pharmaceuticals in wastewater: Behavior, preferences, and willingness to pay for a disposal program	USA	CVM	Provedené šetření u 1005 respondentů z hlediska ochoty platit za likvidaci léčiv obsažených v odpadních vodách.
Saz-Salazar a kol., 2009	The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept	Španělsko	CVM	Účelem studie je prokázat užitečnost metody CVM při rozhodovacích procesech na konkrétní případové studii.
Tziakis a kol., 2009	Valuing benefits from wastewater treatment and reuse using contingent valuation methodology	Řecko	CVM	Článek se zabývá použitím metody CVM, na 405 respondentů bylo osloveno z hlediska jejich ochoty platit nejen za čištění odpadních vod, ale také za možnost jejího dalšího využití při výrobě.

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Oceňovací přístup	Poznámka
Alcon a kol., 2010	The non-market value of reclaimed wastewater for use in agriculture: a contingent valuation approach	Španělsko, Velká Británie	CVM	Autoři se zabývají hodnocením neocenitelných přínosů opětovného využití vody pro zavlažování zemědělské půdy v období sucha.
Molinos-Senante a kol., 2015	Measuring the CO2 shadow price for wastewater treatment: A directional distance function approach	Chile, Velká Británie, Španělsko	DF	Využitím tzv. Distance Function jsou vypočítány stínové ceny CO <sub>2</sub> produkované u vzorku 25 ČOV, provedena je také citlivostní analýza vyhodnocující dopad jednotlivých směrových vektorů stanovených cen.

*Legenda: CVM – Contingent Valuation Method (Metoda podmíněného oceňování), TEV – Total Economic Value (Celková ekonomická hodnota), AHP – Analytical hierarchical process (Analytický hierarchický proces), DF – Distance Function (Vzdálenostní funkce)*

Tabulka 13 Přehled odborných článků zabývajících se finanční a ekonomickou analýzou CBA (vlastní zpracování)

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Socioekonomické dopady	Náklady/výnosy	Poznámka
Godfrey a kol., 2009	Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India—A case study of cost–benefit analysis	Indie	Přínosy z využívání „šedých vod“, snížení nákladů na zdravotní péči aj.	Provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury	Využity rozlišné oceňovací přístupy dle druhu nákladů/přínosů.
Hernández-Sancho a kol., 2010	Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain	Španělsko	Množství přečištěné vody, množství odstraněných polutantů	Provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury	Ekonomické hodnocení založené na ocenění nákladů a přínosů prostřednictvím stínových cen.
Molinos-Senante a kol., 2010	Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost–benefit analysis	Španělsko	Množství přečištěné vody, množství odstraněných polutantů	Investiční a provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury	Přínosy pro životní prostředí jsou oceněny pomocí stínových cen.
Molinos-Senante a kol., 2011	Cost-benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants	Španělsko	Množství přečištěné vody, množství odstraněných polutantů	Investiční a provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury, finanční náklady	Nežádoucí výstupy procesu v podobě množství polutantů v odpadních vodách jsou oceněny stínovými cenami.

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Socioekonomické dopady	Náklady/výnosy	Poznámka
Molinos-Senante a kol., 2012	Assessment of wastewater treatment plant design for small communities: Environmental and economic aspects	Španělsko	Množství přečištěné vody, množství odstraněných polutantů	Investiční a provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury	Porovnání devíti různých technologií sekundárního čištění z hlediska jejich ekonomických i environmentálních přínosů.
Verlicchi a kol., 2012	A project of reuse of reclaimed wastewater in the Po Valley, Italy: Polishing sequence and cost benefit analysis	Itálie	Přínosy z opětovného využití recyklované vody, přínosy z rozvoje turismu v dané oblasti atd.	Provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury, snížení spotřeby energie	Aplikace CBA na případové studii, ocenění nákladů a přínosů pomocí CVM
Garcia a Pargament, 2015	Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making	Izrael	Přínosy z opětovného využití recyklované vody v zemědělství, snížení nákladů na zdravotní péči aj.	Investiční a provozní náklady, materiál, příjmy z provozu infrastruktury	Simulace tří různých scénářů, provedena analýza citlivosti pomocí simulace Monte Carlo
Arryoyo a Molinos-Senante, 2018	Selecting appropriate wastewater treatment technologies using a choosing-by-advantages approach	Chile, USA	Článek se zabývá porovnáním sedmi různých technologií čištění odpadních vod prostřednictvím metody CBA a AHP na základě zvolených sociálních a environmentálních kritérií (účinnost odstraňování znečišťujících látek, vyžadovaná plocha půdy, využití kalu, intenzita zápachu, vizuální stránka atd.)		

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Socioekonomické dopady	Náklady/výnosy	Poznámka
Carolus a kol., 2018	A Bottom-up Approach to Environmental Cost-Benefit Analysis	Dánsko, Velká Británie	Přínosy z rozvoje turismu, zlepšení kvality spodních vod, redukce rizika povodní aj.	Investiční a provozní náklady, materiál	Autoři se zabývají možností využití metody CBA pomocí tzv. bottom – up přístupu, oproti klasickému postupu je v tomto případě nejprve identifikován daný problém a až následně jsou utvářeny strategické plány na národní úrovni.
Capocelli a kol., 2019	A technical-economical approach to promote the water treatment & reuse processes	Itálie	Přínosy z opětovného využití recyklované vody, eliminace mikropolutantů	Investiční a provozní náklady, materiál	Cílem publikace je vyhodnocení nákladů potřebných na čištění odpadních vod a jejího dalšího využití z hlediska ekonomické efektivity a posouzení návratnosti investice.

Legenda: CVM – Contingent Valuation Method (Metoda podmíněného oceňování), TEV – Total Economic Value (Celková ekonomická hodnota), AHP – Analytical hierarchical process (Analytický hierarchický proces)



### 6.3 Ostatní používané metody

Celkem 14 analyzovaných vědeckých článků bylo zaměřeno na aplikaci jiných metod hodnocení dopadů na životní prostředí projektů čištění odpadních vod, než jsou výše uvedené, případně se jednalo o kombinaci různých přístupů s metodou LCA. Je zřejmé, že LCA a CBA jsou nejčastěji využívanými nástroji hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů v oblasti vodního hospodářství.

Pozornost je však věnována také jiným alternativním přístupům hodnocení, jako je např. Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA), která je založena na lineárním programování (Caulfield a kol., 2013; D'Inverno a kol., 2018). DEA porovnává efektivnost jednotlivých funkčních jednotek na základě vstupů a výstupů, které mohou být zadány v různých jednotkách (Vázquez-Rowe a kol., 2010). Identifikace neefektivních jednotek může vést ke zlepšení environmentálních podmínek v dané oblasti prostřednictvím např. pořízení inovativní technologie čištění apod. (Hernández-Sancho a Garrido, 2009; Vázquez-Rowe a kol., 2010).

Sala – Garrido a kol. (2011) ve své práci jako první zkoumali technicko-ekonomickou účinnost různých technologií čištění pomocí tzv. metafrontier modelu metody DEA. Právě možnost využití vícekritériálních vstupů a výstupů, které jsou následně seskupeny do jednoho indexu výkonnosti je hlavní výhodou DEA (Molinos-Senante a kol., 2014).

Autoři se dále zabývají aplikací LCA v kombinaci s dalšími metodami, např. Lorenzo-Toja a kol. (2015) využívá metody DEA a LCA pro porovnání 113 ČOV, čistírny jsou rozděleny dle kapacity na malé, střední a velké a jsou následně hodnoceny z hlediska jejich dopadů na životní prostředí. Godin a kol. (2012) představují nový koncept LCA, který se nazývá Čistý environmentální přínos (Net Environmental Benefit, NEB), ten ilustruje rozdíl mezi investiční a nulovou variantou. D'Inverno a kol. (2018) porovnávají ne-radiální (jako u DEA) a AHP-non-radiální modely, kde jsou účinné jednotky stejné, ale výsledné environmentální indexy se různí.

Tabulka 14 Přehled odborných článků shrnující analyzované ostatní metody hodnocení (vlastní zpracování)

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Použitá metoda
Hernández-Sancho & Garrido, 2009	Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach	Španělsko	DEA
Sala-Garrido et al., 2011	Comparing the efficiency of wastewater treatment technologies through a DEA metafrontier model	Španělsko	DEA
Godin et al., 2012	Net environmental benefit: introducing a new LCA approach on wastewater treatment systems	Kanada	LCA, NEB
Sala-Garrido et al., 2012	Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach	Španělsko	DEA
Ferreira da Cruz et al., 2013	Disentangling the cost efficiency of jointly provided water and wastewater services	Portugalsko	DEA
Molinos-Senante et al., 2013	Economic valuation of environmental benefits of removing pharmaceutical and personal care products from WWTP effluents by ozonation	Španělsko	EBA
Molinos-Senante et al., 2014	Economic and environmental performance of wastewater treatment plants: Potential reductions in greenhouse gases emissions	Španělsko	DEA

Autor/autoři	Název odborného článku	Země	Použitá metoda
Bisinella de Faria et al. 2015	Evaluation of new alternatives in wastewater treatment plants based on dynamic modelling and life cycle assessment (DM-LCA)	Francie	DM, LCA
Lorenzo-Toja et al., 2015	Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA + DEA method	Španělsko	LCA, DEA
Tomei et al., 2016	Techno-economic and environmental assessment of upgrading alternatives for sludge stabilization in municipal wastewater treatment plants	Itálie, Švédsko	LCA, MCDA
Dong a kol., 2017	Measuring and explaining eco-efficiencies of wastewater treatment plants in China: An uncertainty analysis perspective	Čína	DEA
Ren a Liang, 2017	Multi-criteria group decision-making based sustainability measurement of wastewater treatment processes	Hong Kong, Čína	DM
D'Inverno a kol., 2018	Water pollution in wastewater treatment plants: An efficiency analysis with undesirable output	Itálie, Belgie	AHP/NDDF
Gémar a kol., 2018	Assessing changes in eco-productivity of wastewater treatment plants: The role of costs, pollutant removal efficiency, and greenhouse gas emissions	Španělsko, Chile	WRDDM

*Legenda: DEA – Data Envelopment Analysis (Metoda datových obalů), LCA – Life Cycle Assessment (Posouzení životního cyklu), NEB – Net Environmental Benefit (Čistý environmentální přínos), EBA – Environmental Benefit Analysis (Analýza environmentálních přínosů), DM – Dynamic Modelling (Dynamické modelování), MCDA – Multi-criteria Decision Analysis (Multikriteriální rozhodovací analýza), AHP – Analytical hierarchical process (Analytický hierarchický proces), NDDF – Non-radial Directional Distance Function (Funkce neradiálního směrového odstupu), WRDDM - Weighted Russell Directional Distance Model (Vážený Russell model směrového odstupu).*

## **6.4 Shrnutí provedené literární rešerše**

Na základě provedené literární rešerše metod ekonomického hodnocení ČOV byla sestavena následující tabulka shrnující základní aspekty metod LCA, CBA a DEA.

Výběr vhodného hodnotícího nástroje pro daný typ projektového záměru není vždy jednoduchý a závisí na řadě parametrů, jedním z nich je např. zaměření metody. Zatímco LCA je cílena na hodnocení environmentálních dopadů, CBA hledá maximální přínos řešení z pohledu socio-ekonomického a DEA se zaměřuje výhradně na ekonomickou efektivnost projektu.

Rozhodování o vhodné analýze je závislé také na vstupních datech, která nemusejí být vždy kompletní a jsou také zpravidla vyjádřena v rozdílných jednotkách. Pro simulaci CBA je klíčová výše počáteční investice, provozní náklady a výnosy, socio-ekonomické dopady vyjádřené v peněžních jednotkách aj., a to pouze po dobu realizace projektu a tzv. referenčního období. Naopak do výpočtu LCA vstupují materiálové a energetické toky po celou dobu životního cyklu projektu/produktu. Rozlišná vstupní a výstupní data bez ohledu na danou jednotku mohou být využita pro simulaci DEA, ta jsou opět vztahena ke konkrétnímu časovému úseku.

Každá z uvedených analýz v závěru podává jiné výsledné informace, prostřednictvím DEA lze získat procentuální vyjádření efektivnosti jednotlivých funkčních jednotek, výstupem CBA je pak soubor ukazatelů pro hodnocení ekonomické efektivnosti a LCA představuje komplexní obraz spotřebovaného množství konkrétních látek během životního cyklu.

Volba vhodné metody je často též závislá na legislativních požadavcích daného státu, např. dle článku 100 nařízení č. 1303/2013 je u projektů s celkovými investičními náklady nad 50 mil. EUR, respektive nad 75 mil. EUR (dle článku 9 odst. 7 nařízení č. 1303/2013) spolufinancovaných v rámci operačních programů, výslovně vyžadováno zpracování analýzy nákladů a přínosů (European Commission, 2014).

Cílem disertační práce je průkazným a exaktním způsobem popsat metody hodnocení technicko-ekonomické efektivity projektů čistíren odpadních vod. Aplikovatelnost Analýzy nákladů a užitků je jednoznačná a je podložena řadou odborných publikací, vědeckých článků i legislativním vymezením. Provedená literární rešerše pouze potvrdila, že CBA je jedním z nejčastěji využívaných nástrojů hodnocení, a to zejména u projektů, které nad přínosy investorů staví veřejné zájmy. Druhou zkoumanou metodou, kterou se tato práce zabývá je Metoda datových obalů, na základě podrobné literární rešerše autorky práce se lze domnívat, že aplikace pro projekty vodohospodářských staveb zatím pravděpodobně nebyla v české odborné literatuře popsána.

Tabulka 15 Porovnání klíčových aspektů vybraných metod hodnocení (vlastní zpracování)

	LCA	CBA	DEA
<b>Cíl</b>	<b>Minimalizace dopadů na životní prostředí</b>	<b>Maximalizace přínosů pro společnost jako celek</b>	<b>Měření efektivity funkčních jednotek</b>
<b>Časový rozsah</b>	Životní cyklus produktu/služby	Referenční období	Časová hodnota je nerelevantní
<b>Územní použití</b>	Celosvětové	Obvykle na úrovni státu	V závislosti na zvolené funkční jednotce
<b>Zaměření</b>	Environmentální dopady	Socio-ekonomické dopady	Ekonomická efektivity
<b>Potřebná vstupní data</b>	Materiálové a energetické toky během celého životního cyklu posuzovaného produktu nebo produktového systému (množství spotřebovaných surovin a vypuštěných emisí v příslušných jednotkách: kg, m <sup>3</sup> , kWh apod.)	Celková výše investice, provozní náklady, finanční náklady, provozní výnosy, socio-ekonomické dopady vyjádřené v peněžních jednotkách (zlepšení kvality podzemních vody, dopady na lidské zdraví, náklady na eliminaci polutantů v odpadních vodách aj.).	Metoda je založena na poměru vstupů a výstupů, vstupy mohou být průměrné provozní náklady funkční jednotky za rok, výstupem pak průměrné roční množství přečištěné vody v m <sup>3</sup> , průměrné roční množství odstraněného znečištění aj.
<b>Princip</b>	Posouzení environmentálních aspektů a možných dopadů po celou dobu životnosti výrobku od získávání surovin přes výrobu, použití a odstraňování vzniklého odpadu.	Porovnání současné hodnoty přínosů ku současné hodnotě nákladů, které jsou projektem generovány s cílem vybrat optimální varianty řešení.	Hodnocení technické efektivity produkčních jednotek na základě velikosti vstupů a výstupů. Rozdělení variant na efektivní a neefektivní dle velikosti spotřebovávaných zdrojů a množství vyráběné produkce.
<b>Výsledek</b>	Informace o množství konkrétních látek, které se dostávají během celého životního cyklu produktu do prostředí ve formě různých emisí a o množství přírodních surovin, která byla spotřebována.	Finanční a socio-ekonomická efektivity vyjádřena pomocí kritériálních ukazatelů (NPV, IRR aj.).	Efektivnost jednotlivých funkčních jednotek vyjádřena v procentech.
<b>Citlivostní analýza</b>	Povinná	Doporučena	Neprovádí se

## 7 ANALÝZA NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ

### 7.1 Historické základy metody, obecné pojetí a základní principy

Analýza nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis – CBA), často také nazývána analýza nákladů a výnosů, představuje **stěžejní metodický postup pro hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů** (Molinos-Senante, 2011). Náklady („cost“) představují veškeré negativní dopady na zkoumaný subjekt či více subjektů, přínosy („benefit“) jsou pak definovány jako dopady pozitivní (Sieber, 2004).

Autoři Korytářová a Hromádka (2007) ve své publikaci definují pojmy užitek a náklad v důsledku realizace projektu následně:

- Užitek:
  - vznik nových hodnot;
  - snížení nákladů spojených s relevantními procesy.
- Náklad:
  - ztráta stávajících hodnot;
  - zvýšení nákladů spojených s relevantními procesy.

Metoda podává komplexní obraz o plánovaném investičním projektu a slouží jako důkazní materiál, že projekt lze v dané podobě realizovat a že bude přínosem nejen pro investory, ale i pro společnost jako takovou (Ochrana, 2005). Z tohoto důvodu je velmi často využívána pro hodnocení ekonomické efektivity veřejných projektů, neboť je u nich zkoumán zejména klíčový dopad na společnost. Podstatou CBA je kvantifikace veškerých pozitivních i negativních efektů plynoucích z projektu a zdrojů vynaložených na jejich dosažení. Takto kvantifikované náklady a užitky jsou následně transformovány na peněžní toky. Nejnáročnější částí analýzy je závěrečné ocenění nefinančních nákladů a užitků (Campbell a Brown, 2003; Korytářová a Hromádka, 2007).

První koncept metody CBA představil v roce 1848 francouzský ekonom a inženýr Jules Dupuit, který ji využil pro stanovení společenských přínosů při stavbě silnice a mostu. Výpočet byl založen na ochotě jednotlivých uživatelů za danou infrastrukturu zaplatit, což podporovalo pozitivní přínosy projektu.

Rozmach metody byl pak zaznamenán po roce 1930 ve Spojených státech, kde byla určena primárně pro velké veřejné projekty z oblasti vodního hospodářství, a to konkrétně na realizaci protipovodňových opatření. V následujících letech byla metoda rozšířena do celé řady dalších ekonomických odvětví, do oblastí dopravy, nakládání s odpady, průmyslu, ochrany životního prostředí, školství, zdravotnictví atd. V současné době je známa prakticky po celém světě. Řada zemí vytvořila vlastní metodické průvodce aplikací CBA a zahrnula je do svých legislativních norem (Fuguitt a Wilcox, 1999).

Historický vývoj metody lze rozdělit do tří fází:

1. Tradiční přístup využívaný do konce 60. let minulého století počítal s čistým ekonomickým přínosem projektu na zvýšení obecného blahobytu ve finančním vyjádření.
2. Socio-ekonomický přístup hlouběji zkoumá rozdělení sociálních příjmů ve společnosti, které by měly být rovnoměrné.
3. Přístup zohledňující navíc hodnocení externalit životního prostředí se začal využívat od 80. let a byl dále rozšiřován a modifikován (Molinos-Senante a kol., 2010).

Základním principem metody je porovnání současné hodnoty přínosů ku současné hodnotě nákladů, které jsou projektem generovány s cílem vybrat optimální varianty řešení (Sieber, 2004). Molinos-Senante (2011) ve své práci zdůrazňuje, že princip CBA je odlišný od standardně používaných finančních analýz, ve kterých jsou náklady a výnosy porovnávány pouze z interního hlediska, posuzujte se přínos pouze pro samotný podnikatelský subjekt.

Dle Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects (2014) se jedná o analytický nástroj využívaný pro hodnocení investičních rozhodnutí, jehož cílem je posouzení jejich přispění ke změně úrovně blahobytu spolu s dosažením cílů politiky soudržnosti EU.

Povinnost zpracování Analýzy nákladů a přínosů u investičních záměrů spolufinancovaných z EU vychází z článku 100 nařízení č. 1303/2013. Tato podmínka se vztahuje na tzv. velké projekty, jejichž celkové náklady přesahují 50 mil. EUR, respektive 75 mil. EUR dle článku 9 odst. 7 nařízení č. 1303/2013.

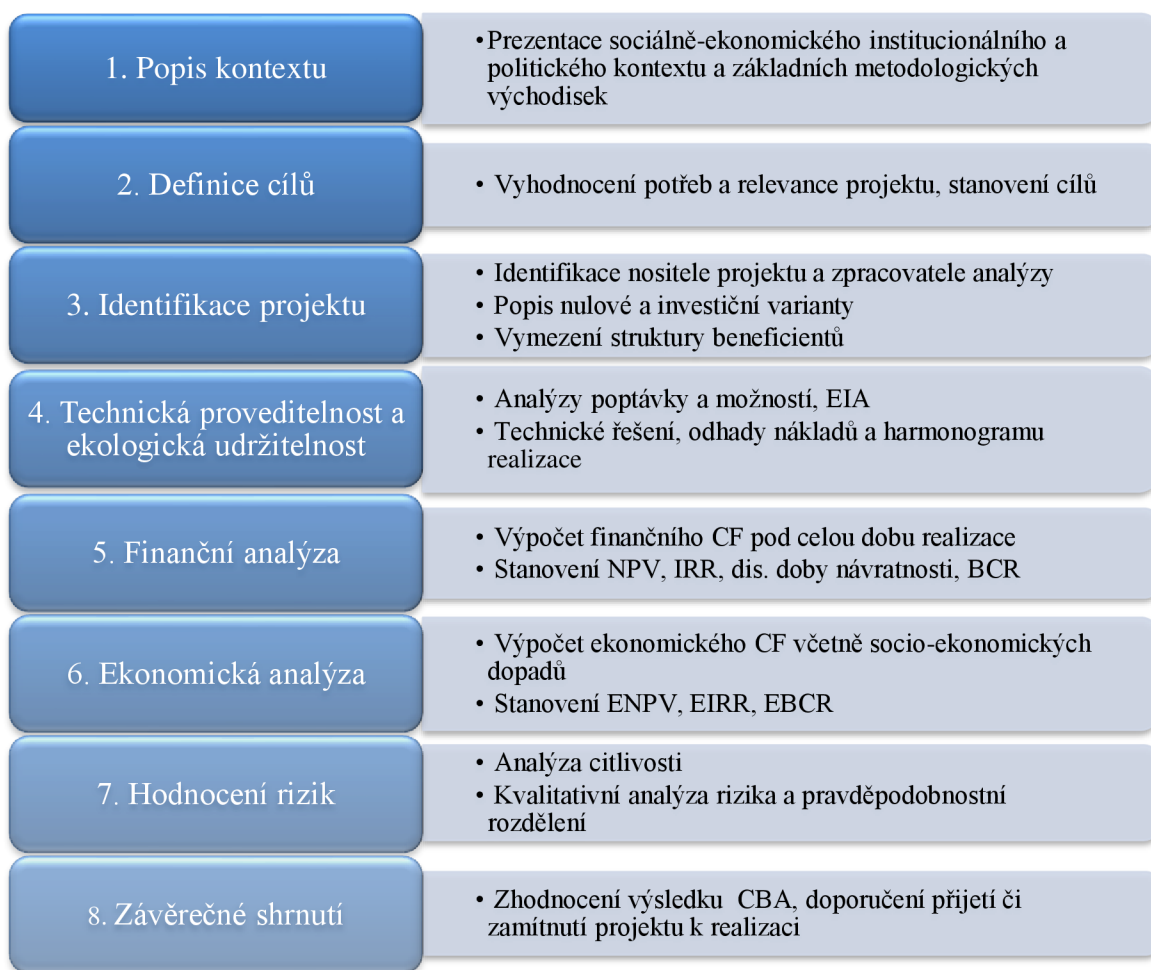
Z pohledu podmínek Operačních programů České republiky se však může limit investičních nákladů pro nutnost zpracování CBA lišit, např. souladu s Metodickým pokynem pro řízení výzev, hodnocení a výběr projektů v programovém období 2014 - 2020 (verze 5, platnost od listopadu 2017) vydané Ministerstvem pro místní rozvoj, Národním orgánem pro koordinaci je doložení finanční a ekonomické analýzy nezbytné pro projekty vytvářející příjmy podle článku 61 výše definovaného nařízení EU.

Ministerstvo životního prostředí taktéž ve své Uživatelské příručce procesu zpracování CBA v IS KP14+ pro OPŽP 2014–2020 (verze: 5.0, 2018) vyžaduje zpracovat finanční část CBA u všech projektů vytvářejících příjmy dle článku 61 obecného nařízení (EU) č. 1303/2013. Současně však dodává, že finanční analýzu je nezbytné vypracovat také u projektů s celkovými způsobilými výdaji nad 5 mil. Kč. Ekonomická analýza je pak povinná u projektů s výdaji nad 100 mil. Kč.



## 7.2 Postup zpracování analýzy CBA

Struktura zpracování CBA není přesně stanovena, nicméně v případě projektů spolufinancovaných ze strukturálních a investičních fondů a tam, kde bývá zpracování analýzy povinnou součástí žádosti o podporu, je často závazná struktura přesně definována. V následujícím grafu a současně v navazující textové části je zobrazen postup dle European Commission (2014).



Obrázek 6 Kroky zpracování metody CBA (Dufek a kol., 2018; European Commission, 2014; vlastní zpracování)

Analýza je zpracovávána před zahájením realizace projektu, v takovém případě je označována jako „ex ante“, v této variantě je využívána nejčastěji. Naopak typ „ex post“ se vytváří až po dokončení projektu, neslouží tak již pro daný projekt, ale spíše jako nástroj posouzení správnosti nastaveného přístupu a jako vzor pro hodnocení obdobných záměrů v budoucnu (Boardman a kol., 2001).

### **7.2.1 Popis kontextu, definice cílů, identifikace projektu**

V úvodní kapitole je představen samotný projekt z několika hledisek, je zde popsána lokalita, ve které bude projekt realizován včetně podmínek na trhu práce, demografického vývoje či očekávaného růstu HDP. Vedle těchto sociálních aspektů se kapitola zpravidla zaměřuje na politickou situaci země, rozvojové plány, stávající dostupnou infrastrukturu, ekonomickou situaci či institucionální zajištění (European Commission, 2014).

Objevit by se zde měl také popis cílů projektu, kterými jsou myšleny měřitelné indikátory záměru ve všech jeho životních fázích (Dufek a kol., 2018).

Zejména u projektů financovaných nebo spolufinancovaných z veřejných prostředků je pro zjištění výsledné ekonomické efektivity záměru velmi důležité analyzovat strukturu beneficentů. Jedná se tedy o strukturovaný přehled subjektů, na které bude mít realizace projektu pozitivní či negativní dopad. Tyto beneficenty pak lze rozdělit do několika skupin:

- domácnosti;
- podniky;
- municipality;
- stát;
- ostatní organizace (Korytářová a Hromádka, 2007).

Autoři Dufek a kol. (2018) v této souvislosti zdůrazňují, že do analýzy musí být zahrnuty pouze ty subjekty, na které bude mít realizace záměru významný dopad a dále ty, které jsou relevantní z pohledu investora.

### **7.2.2 Technická proveditelnost a ekologická udržitelnost**

Dle Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects (2014) je tato část analýzy vyžadována pouze v případě velkých projektů. Kapitola uvádí informace o poptávce po výstupech projektu, a to jak o té současné, tak zejména o té budoucí. Zde autoři upozorňují na často prováděné chyby v nedostatečně provedené analýze poptávky, kdy může dojít například k chybnému nadhodnocení příjmů.

Dále jsou hodnoceny strategické možnosti, jedná se o hledání dalších alternativních řešení daného problému. Jako příklad lze uvést variantu pouhé intenzifikace či modernizace stávající čistírny odpadních vod nebo výstavbu úplně nové čistírny. Identifikována je nulová a investiční varianta. Nulovou variantou je nazývána situace, kdy projekt nebude realizován a situace zůstane beze změny. Naopak investiční varianta počítá s realizací projektu (Korytářová a Hromádka, 2007).

Dle Metodické příručky Analýzy nákladů a přínosů (Sieber, 2004) je pro další zpracování analýzy důležité identifikovat rozdíl těchto dvou „stavů světa“, neboť při posouzení investiční varianty jsou započítány pouze ty náklady a užitky, které daná varianta přinese v porovnání s referenčním řešením (nulovou variantou). V odborné literatuře je tento postup označován jako tzv. přírůstková metoda.

Zvolené řešení je dále zkoumáno z hlediska jeho dopadu na životní prostředí a změny klimatu s odkazem na příslušné legislativní vymezení. Pokud byla pro daný projekt zpracována studie Vyhodnocení vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment, EIA) budou její výsledky použity právě v této kapitole.

Náklady plynoucí z realizovaných opatření, které budou mít za následek zlepšení stavu životního prostředí, jsou následně zahrnuty do socio-ekonomické analýzy, a to v peněžním vyjádření (je-li to možné), případně pouze slovním komentářem.

Posledním bodem této kapitoly je pak návrh harmonogramu realizace projektu, který by měl být doplněn Ganttovým diagramem včetně rozpisu plánovaných prací, použitých technologií, personálním obsazením a také včetně finančního plánu (European Commission, 2014).

### **7.2.3 Finanční a ekonomická analýza**

Náklady a užitky plynoucí z plánované investice je dle odborné literatury (Korytářová a Hromádka, 2007) pro lepší orientaci vhodné rozdělit dle několika následujících kritérií dle:

- Beneficietů – stát, municipality, domácnosti, podnikatelské subjekty apod.
- Fáze životního cyklu – předinvestiční, investiční, provozní a likvidační.
- Věcné povahy – hmotné, nehmotné a finanční.
- Schopnosti vyjádřit náklady a užitky v kvantitativních jednotkách – kvantifikovatelné a nekvantifikovatelné.
- Podle jednoznačnosti příčinné souvislosti nákladů a přínosů s investičním projektem – přímo a nepřímo plynoucí z projektu.

Podstatou metody je porovnání nákladů a užitků v peněžních jednotkách, protože je snahou transformovat co největší množství na peněžní toky. Lze se však setkat s případy, že jakákoliv kvantifikace v monetárním vyjádření nebude možná, v takovém případě je přistoupeno ke slovnímu popisu, který bude následně použit jako doplňující kritérium. Autor Sieber (2004) však upozorňuje, že slovní komentáře by neměly být využity u klíčových výstupů projektu, ale naopak by měla být snaha o jejich finanční vyjádření, neboť mohou výrazně ovlivnit výsledek analýzy.

Veškeré náklady a užitky kvantifikovány ve fyzických měrných jednotkách jsou poté převedeny na ocenitelné užitky a na peněžní toky. V souladu s výše zmíněnou přírůstkovou metodou jsou míry jednotlivých nákladů a užitků ve výši rozdílu mezi investiční a nulovou variantou (Korytářová a Hromádka, 2007; Sieber, 2004).

Zejména u veřejných projektů se zpracovatelé metody CBA setkávají s tím, že podstatná část nákladů a užitků není vyjádřena v peněžních jednotkách a je tak nutné je tržně ocenit. Dle Siebera (2004) platí, že „V případě, že existuje trh, který by stanovoval cenu takového produktu, můžeme využít přímého ocenění na základě tržní ceny“. V případě, že nelze určit tržní hodnoty, může být využita jedna z metod netržního oceňování: oceňovací nebo ohodnocovací přístup (Korytářová a Hromádka, 2007).

Ekonomická efektivnost investičního projektu je následně vyjádřena prostřednictvím kritériálních ukazatelů založených na diskontování, které představují výstup z provedené finanční a v závislosti na typu projektu také ekonomické analýzy (Sieber, 2004).

Vzhledem k zaměření disertační práce právě na problematiku finanční a ekonomické analýzy, jsou těmto tématům podrobně věnovány samostatné kapitoly 8 a 9.

### Porovnání základních aspektů finanční a ekonomické analýzy

Pro lepší představu o základních aspektech a v některých směrech také rozdílech finanční a ekonomické analýzy, jsou klíčové parametry porovnány v následující tabulce.

*Tabulka 16 Porovnání základních aspektů finanční a ekonomické analýzy (Hajkowicz, 2006; vlastní zpracování)*

	<b>Finanční analýza</b>	<b>Ekonomická analýza</b>
Podstata analýzy	Identifikace přínosu pro investora projektu	Identifikace socio-ekonomických přínosů pro společnost jako celek
Cíle	Posouzení ziskovosti projektu pro jeho vlastníka	Posouzení ekonomického přínosu pro společnost jako celek
Změny v přínosech	Analyzovány pouze ty přínosy, které vzniknou vlastníkovu projektu	Analyzovány veškeré přínosy bez ohledu na jejich rozdělení
Změny v nákladech	Analyzovány pouze ty přínosy, které vzniknou vlastníkovu projektu	Analyzovány veškeré náklady bez ohledu na jejich rozdělení
Externalita	Nezahrnuty	Zahrnuty
Sekundární přínosy a náklady	Nezahrnuty	Zahrnuty
Neocenitelné přínosy a náklady	Nezahrnuty	Zahrnuty

## 7.2.4 Hodnocení rizik

Hodnocení rizik může zahrnovat několik kroků, které mají za cíl identifikovat ty proměnné, které by mohly negativně ovlivnit dosažení plánovaných cílů a výstupů projektu. V první řadě je důležité identifikovat ta rizika, která by měla pro projekt významný dopad, a to jak na jeho finanční, tak také ekonomickou výkonnost (European Commission, 2014).

Nástrojem pro stanovení dopadů rizikových variant je citlivostní analýza, jejímž základem je jednofaktorová analýza, pomocí které je zjišťována citlivost zvoleného kritéria s ohledem na jeho vliv na hodnotící ukazatele finanční a ekonomické analýzy. Všechny ostatní faktory přitom zůstávají na svých původních hodnotách. Rizikovými faktory mohou být např. investiční náklady, měnové kurzy, ceny základních surovin, objem produkce, využití výrobní kapacity, materiálové náklady, spotřeba energií, diskontní sazby atd. (Fotr a Souček, 2005; Fotr a Souček, 2011). V případě, že se očekávaná hodnota zvolené proměnné zvýší či sníží o 1 % a současně dojde ke změně ukazatele čisté současné hodnoty (Net Present Value, NPV) o více než 1 %, je doporučeno provést podrobnější rizikovou analýzu (Korytářová a Hromádka, 2007; Korytářová, 2009; Fotr a kol., 2016).

Vedle citlivostní analýzy může být provedena také kvalitativní analýza rizik, která je založena na matematickém výpočtu rizika z frekvence výskytu hrozby a jejího dopadu. Pro seznam rizik je vytvořena matice rizik, ve které jsou expertně hodnoceny pravděpodobnosti výskytu rizika i intenzita jejich negativních dopadů. Na ose x je simulována závažnost v případě výskytu daného rizika od nulové významnosti až po katastrofální scénář, na ose y je pak zobrazena pravděpodobnost výskytu rizika od velmi nepravděpodobné až po velmi pravděpodobnou. Je tedy logické, že významnost rizika bude růst spolu s pravděpodobností jeho výskytu a současně s intenzitou negativního dopadu. Výstupem z matice je pak rozdělení rizik dle úrovně nízké, střední, vysoké a nepřijatelné. U rizik spadajících do úrovně vysoké a nepřijatelné jsou následně slovně navrženy kroky na jejich eliminaci či zmírnění dopadu (Dluhošová a kol., 2020; Fotr a Souček, 2011).

Tabulka 17 Vliv rizika na projekt a stupnice pravděpodobnosti jeho výskytu (Fotr a Souček, 2011; vlastní zpracování)

Vliv rizika na projekt – intenzita negativních dopadů		Stupnice pravděpodobnosti výskytu rizika	
Velmi malý	5 %	Velice nízká	5 %
Malý	20 %	Nízká	20 %
Střední	40 %	Střední	40 %
Velký	60 %	Vysoká	60 %
Velmi velký	80 %	Velmi vysoká	80 %

Tabulka 18 Matice hodnocení rizikových faktorů – vzorový příklad (Fotr a Souček, 2011; vlastní zpracování)

Ohodnocení pravděpodobnosti		Vliv rizika (R) na projekt				
		Velmi malý	Malý	Střední	Velký	Velmi velký
		5 %	20 %	40 %	60 %	80 %
Velmi vysoká	80 %		R1		R5	
Vysoká	60 %			R9		R3
Střední	40 %		R2			
Nízká	20 %	R6	R8		R4	R7
Velice nízká	5 %					R10

Na základě matice rizik jsou zjištěné hodnoty dále rozděleny do jednotlivých kategorií z hlediska intenzity jejich negativního dopadu a možného výskytu. Autoři Fotr a Souček (2011) rizika rozdělují do následujících tří skupin:

- nejvýznamnější rizika;
- rizika se střední významností;
- rizika málo významná.

V tabulce č. 17 jsou jednotlivé skupiny dobře patrné dle barevného odlišení, nejvýznamnějším rizikům je přiřazena tmavší barva a naopak.

Prostřednictvím matice rizik lze nejen stanovit kategorii jejich významnosti, ale také ji číselně ohodnotit. Součin pravděpodobnosti výskytu a negativního dopadu vyjadřuje právě významnost každého rizika.

V závěrečném kroku je nezbytné navrhnout kroky k prevenci a zmírnění dopadu rizik projektu, řešením může být přenesení rizika na zúčastněné strany (zejména v případě veřejných projektů) nebo pojištění těchto rizik. Náklady na opatření pro zmírnění či prevenci rizik jsou poté zahrnuty do investičních, případně provozních nákladů projektu (Korytářová a Hromádka, 2007).

Pro úplnost je také nezbytné zmínit, že v praxi je potřeba rozlišit riziko a nejistotu. Zatímco riziko je vždy spojeno s konkrétním projektem nebo aktivitou a může pozitivně či negativně ovlivnit nejčastěji finanční situaci daného subjektu, nejistota souvisí s neschopností spolehlivého odhadu budoucího vývoje. Nejistotu lze významně snížit, ale není možné ji zcela odstranit. Oba pojmy jsou často zaměňovány (Fotr a Souček, 2011; Fotr a Souček, 2015).

### 7.2.5 Závěrečné shrnutí

Kapitola závěrečného shrnutí výsledků analýzy není uvedena v dokumentu European Commission (2014) jako její povinná součást, v praxi však bývá často využívána.

V závěrečné části bývají zpravidla interpretovány výsledky provedené analýzy nákladů a přínosů, a to na základě vypočtených hodnotících ukazatelů čisté současné hodnoty, vnitřního výnosového procenta, doby návratnosti či indexu ziskovosti. V odborné literatuře jsou konkrétně uvedeny výsledné hodnoty a jejich limity včetně slovního vyjádření, tomuto tématu je v disertační práci věnována samostatná kapitola 8.1.2.

Na základě hodnot rozhodujících kriteriálních ukazatelů je poté rozhodnuto o přijatelnosti investice či jejímu zamítnutí. U veřejných projektů jsou často výsledky finanční analýzy negativní, neboť generují záporné finanční toky. Ovšem ani tato skutečnost nemusí nutně znamenat zamítnutí záměru, pokud bude projekt současně generovat výrazné celospolečenské efekty a investor je ochoten krýt finanční ztráty z vlastních zdrojů, lze ho považovat za smysluplný (Sieber, 2004).

## 7.3 Silné a slabé stránky CBA

### 7.3.1 Silné stránky CBA

Mezi silné stránky metody patří zejména:

- Hodnocení celospolečenských dopadů – cílem analýzy nákladů a užitků je zhodnotit dopady veřejného projektu na společnost jako takovou, jak uvádí autoři Molinos-Senante a kol. (2011) ekonomická analýza zohledňuje jak interní přínosy a náklady, tak také ty externí, pracuje s oportunitními náklady, negativními i pozitivními environmentálními externalitami atd.
- Transparentní posouzení – finanční i ekonomická analýza pracuje s peněžními toky a dalšími ekonomickými daty, které projekt generuje po dobu celého referenčního období, tyto vstupní údaje pak slouží k výpočtu hodnotících ukazatelů (jako je např. NPV, IRR, diskontovaná doba návratnosti). V tomto ohledu umožňují ukazatele hodnotit efektivnost daného projektového záměru zcela nezávisle a transparentně.
- Posouzení citlivosti změny vypočítaných kriteriálních ukazatelů na základě úpravy hodnot jednotlivých proměnných vstupujících právě do výpočtu těchto ukazatelů je předmětem analýzy citlivosti prováděné v závěrečném kroku CBA. V odborné literatuře (Dufek a kol., 2018) je tato součást rizikové analýzy označována za velmi jednoduchou, přesto se jedná o významnou součást hodnocení, neboť výkyvy předpovědi klíčových vstupních parametrů mohou zásadně ovlivnit finanční a zejména ekonomické hodnocení projektu.

### 7.3.2 Slabé stránky CBA

Mezi slabé stránky metody patří zejména:

- Socio-ekonomické dopady, které jsou v ekonomické analýze vyjádřeny pouze slovně, nevstupují do výpočtu ekonomické návratnosti projektu.
- Náročná kvantifikace vstupních údajů a jejich následné ocenění – většina slabých stránek vyplývajících z aplikace CBA souvisejí se správným oceněním socio-ekonomických dopadů, tento krok lze považovat za nejnáročnější část analýzy. Chyby mohou vznikat zejména při těchto situacích:
  - Identifikace dopadů – opomenutí důležitého dopadu či zahrnutí dopadů nerelevantních.
  - Chybná prognóza – vzhledem k tomu, že CBA je stanovena na celé referenční období projektu, které může být dlouhé 30 let i více, je nezbytné uvažovat s dopady vznikajícími i v následujících letech, nejen po dobu realizace.
  - Problémy s oceněním dopadů – v řadě případů je velmi složité kvantifikovat a ocenit jednotlivé dopady, a to zejména v případě vlivu na životní prostředí, lidské životy apod.

Z výše uvedeného vyplývá, že zpracování CBA vyžaduje nejen kvalitní vstupní informace, ale také znalost daného problému, vnějšího i vnitřního prostředí, pečlivost hodnocení a zkušenosti zpracovatele, případně celého týmu.

### 7.4 Specifika CBA u projektů ČOV

Před vlastní aplikací analýzy nákladů a užitků na konkrétní vzorek ČOV je potřeba uvést několik specifíků souvisejících s tímto typem vodohospodářských projektů. Provedená literární rešerše dokládá široké uplatnění metody, a to i v případě projektů vodohospodářských staveb. Autor Dixon (2013) ve své práci zaměřené na výpočet CBA ekologických projektů uvádí, že základní ekonomická analýza pro čistírny odpadních vod se téměř neliší od jiných projektů. Nicméně je nutné zohlednit tyto specifické faktory:

- Zohlednění nákladů na technologii čištění odpadních vod s ohledem na potenciální přínosy (např. terciální čištění je mnohem dražší než sekundární či primární).
- Návrh technologie musí být podložen údaji o kvalitě vody.
- Je nutné provést kvantifikaci dopadů projektů na životní prostředí.
- Hodnocení je prováděno za účasti více zainteresovaných stran (např. správci vodních toků, státní orgány).



Na projekty řešící nové technologie čištění odpadních vod je z hlediska posouzení ekonomické efektivity pohlíženo ze dvou hledisek. V první řadě jsou modelovány finanční peněžní toky (Cash Flow, CF) na základě předpokládaných příjmů a výdajů projektu v jednotlivých letech hodnoceného období. Délka hodnoceného období je dána zejména životností investičně významných zařízení ČOV, dle dostupných metodik se počítá s průměrnou referenční dobou 30 let (European Commission, 2008; eCBA, 2013). Finanční CF je modelováno na základě transformace předpokládaných výnosů a nákladů na příjmy a výdaje projektu. Prvním a velmi důležitým výdajem je počáteční investiční náklad a náklady provozní, které představují přímý dopad na občany obce v položce stočné (výdaje za odvedenou vodu). V jednotlivých letech provozu ČOV je nutné vyčíslení hodnoty jejího čistého peněžního toku (Net Cash Flow, NCF).

Příjem každé ČOV představují tržby za odvedenou vodu, které představují výdaje domácností a podniků za odvedenou vodu, provozními výdaji jsou pak osobní náklady pracovníků, náklady na energie, materiál atd.

Z řady projektů ČOV je zřejmé, že ekonomická realizovatelnost se neobejde bez finanční dotace na investiční náklady samozřejmě s nutnou spoluúčastí zainteresované obce (MŽP, 2009). Z tohoto důvodu je zpravidla finanční čistá současná hodnota bez dotačních příjmů záporná.

V případě dotačního spolufinancování je přistoupeno k dalšímu kroku hodnocení, kterým je stanovení ekonomického NCF, které v sobě zahrnuje finanční CF a monetárně oceněné užitky a náklady, které jsou přenášeny na okolí projektu – na beneficiáře. Ekonomické hotovostní toky se stanoví na základě ohodnocení dopadu projektu na společnost – užitek (např. snížení konkrétního znečištění odpadních vod na výtoku z ČOV) x cena (např. negativní vliv na zdraví občanů = úspora nákladů na zdravotní péči).

## 8 FINANČNÍ ANALÝZA CBA

Účelem finanční analýzy je posouzení ziskovosti projektu pro investora (případně i další zúčastněné strany) a ověření jeho finanční udržitelnosti v průběhu ekonomické životnosti projektu a jeho pravděpodobných dlouhodobých dopadů. Vstupními hodnotami jsou zpravidla investiční náklady, provozní příjmy a výdaje a případně také zůstatková hodnota investice.

Vzhledem k tomu, že náklady a výnosy projektu zpravidla nevznikají ve stejnou dobu, je tak při výpočtech nezbytné zohlednit časovou hodnotu peněz v průběhu celého životního cyklu projektu. Tato skutečnost se provádí matematickým výpočtem za použití diskontní sazby, prostřednictvím které jsou budoucí peněžní toky převedeny na současnou hodnotu.

Diskontní sazba obecně vyjadřuje výnos alternativní investice, při finanční analýze odráží náklady příležitosti na pořízení kapitálu, u ekonomické analýzy se potom jedná o náklady příležitosti vyvolané vytlačením soukromé potřeby a produkce (Korytářová a Hromádka, 2007).

U projektů spolufinancovaných z Evropských fondů je výše diskontní sazby přímo stanovena takto:

- finanční diskontní sazba v programovém období EU 2014–2020 = 4 %

Peněžní toky vstupující do analýzy stanovené v základním roce jsou označovány jako reálné nebo také stálé ceny. V takovém případě není nutné zohlednit vliv inflace. Pokud je však počítáno s tzv. běžnými cenami, které jsou vztaženy k jednotlivým obdobím životního cyklu projektu, musí být započítán také faktor inflace (Korytářová a Hromádka, 2007). Nejprve je tak nutné provést odhad budoucího vývoje inflace v obecné rovině a dále podrobně pro jednotlivé náklady a výnosy. V běžné praxi je však častěji používán reálný přístup kalkulující s cenami běžnými, výpočet je tak jednodušší a přehlednější.

Projekty čistíren odpadních vod a potřebné infrastruktury spolufinancované z Operačního programu Životního prostředí se při zpracování CBA řídí pravidly dané platnou metodikou Ministerstva životního prostředí. V souvislosti s používáním reálných nebo běžných cen při analýze však metodika neuvádí požadovaný postup a je tak zcela na zpracovateli, s jakými cenami bude počítat (MŽP, 2017, verze 4.4).

Vstupními proměnnými jsou pak především investiční náklady (nákup pozemků, budov, strojů, technologií apod.), provozní náklady (mzdové náklady na zaměstnance včetně zákonného pojištění, energie, služby apod.), ostatní náklady (úroky z úvěrů, daně, ostatní finanční náklady) na jedné straně a na straně druhé příjmy plynoucí z investice a zdroje financování (vlastní kapitál, úvěr, získané dotace či příspěvky z veřejných zdrojů).

Výstupem finanční části analýzy nákladů a přínosů jsou vypočtené kritériální ukazatele, pomocí kterých jsou následně jednotlivé investiční záměry hodnoceny z hlediska efektivnosti. V CBA jsou využívány tradiční ukazatele ekonomiky investic založené na diskontování, čímž je v matematickém výpočtu zohledněn právě faktor času (Korytářová, 2006).

### 8.1 Referenční období

Důležitým parametrem jak finanční, tak také ekonomické analýzy je nastavení délky hodnocení, tedy počet let, pro které budou obě analýzy simulovány. Ve stanoveném časovém horizontu jsou vyčísleny peněžní toky zahrnující nejen realizační fázi, ale také dobu životnosti. Prvním rokem referenčního období je vždy rok zahájení projektu, tedy rok, ve kterém vznikají první náklady. V případě spolufinancování projektů z evropských fondů je délka období pak závislá na typu sektoru, který určuje charakter záměru, konkrétní hodnoty dle Evropské komise pro jednotlivé sektory jsou zobrazeny v následující tabulce (European Commission, 2014).

*Tabulka 19 Doporučená délka referenčního období jednotlivých sektorů dle Evropské komise (European Commission, 2014; vlastní zpracování)*

Sektor	Délka referenčního období
Železnice	30
Pozemní komunikace	25–30
Přístavy a letiště	25
Městská doprava	25–30
Dodávka vody/hygiena	30
Nakládání s odpady	25–30
Energie	15–25
Širokopásmové sítě	15–20
Výzkum a inovace	15–25
Podnikatelská infrastruktura	10–15
Jiné sektory	10–15

Volba délky referenčního období může mít podstatný vliv na výsledky hodnocení, je tak nezbytné zvolit takový časový horizont, aby nebyla přesáhnutá ekonomická životnost projektu.

## 8.2 Kriteriaální ukazatele finanční analýzy

Výstupem analýzy nákladů a přínosů, ať už její finanční či ekonomické části, jsou kriteriaální ukazatele, pomocí kterých jsou následně jednotlivé investiční záměry hodnoceny z hlediska efektivnosti. V CBA jsou zohledněním časové hodnoty peněžních toků v jednotlivých letech výsledné hodnoty kriteriaálních ukazatelů výrazně ovlivněny. Budoucí peněžní toky jsou diskontovány k současnému okamžiku pomocí diskontního faktoru, jehož výpočet lze popsat následujícím vztahem:

$$\frac{1}{(1+i)^n} \quad (8.1)$$

Kde:

- $i$       diskontní sazba v %
- $n$       období (perioda)

Vysoká diskontní sazba zvýhodňuje krátkodobé projekty, při nízké diskontní sazbě jsou preferovány dlouhodobé projekty. Konkrétní výše této sazby se v ekonomické teorii získává různými způsoby a metodami (např. metodou vážených nákladů kapitálu). V případě projektů veřejných investic spolufinancovaných z fondů Evropské unie doporučuje Evropská komise při finanční analýze použít 4 % finanční diskontní sazbu, při ekonomické analýze preferuje hodnotu společenské diskontní sazby 5 % pro země přijímající podporu (European Commission, 2014). V rámci CBA je pak hodnocena finanční návratnost investice, která zahrnuje ukazatele návratnosti bez započtení dotace. Dále je hodnocena finanční návratnost kapitálu, která zahrnuje případnou poskytnutou dotaci. Stejně tak je tomu při hodnocení ekonomické návratnosti při použití výše uvedených sazeb.

Hodnocení je založeno na níže popsaných kriteriaálních ukazatelích:

### 8.2.1 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value) představuje součet současné hodnoty budoucích hotovostních toků plynoucích z investice a hotovostního toku v nultém roce (investičních výdajů), (Sieber, 2004). Výpočet čisté současné hodnoty investičního projektu se provádí podle vzorce:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (8.2)$$

Kde:

- NPV čistá současná hodnota
- $CF_t$  hotovostní tok plynoucí z investice v období t
- r diskontní sazba
- t období v letech od 0 do n

Realizace projektu je považována za výhodnou v případě, že hodnota NPV je vyšší než 0, pokud jsou investované prostředky nižší než diskontované CF, je projekt nepřijatelný. V běžném podnikatelském prostředí by projekty vykazující zápornou hodnotu NPV realizovány pravděpodobně nebyly. Čím je NPV vyšší, tím je projekt ekonomicky výhodnější (Fotr a Souček, 2011).

Jinak je tomu v případě projektů spolufinancovaných z veřejných zdrojů, kde jsou kladné výstupy finanční analýzy považovány za nežádoucí, neboť by to znamenalo, že záměr bude svému investorovi generovat kladný čistý peněžní tok i bez získání podpory. Zejména z pohledu Evropských strukturálních a investičních fondů jsou podporovány takové projekty, které by bez dotace nebyly dostatečně rentabilní.

Uživatelská příručka procesu zpracování CBA v MS2014+ (verze 4.1, 2017) přímo uvádí, že *Hodnota Čisté současné hodnoty investice musí nabývat záporných hodnot. Hodnota Vnitřní výnosové procento investice musí být menší než finanční diskontní sazba, která činí 4 %.*

### 8.2.2 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return) vyjadřuje rentabilitu investice, kterou projekt poskytuje během svého životního cyklu. V okamžiku, kdy je čistá současná hodnota nulová, rovná se vnitřní výnosové procento hodnotě diskontní sazby (Fotr a Souček, 2011). Matematický zápis má pak následující tvar:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (8.3)$$

Kde:

- NPV čistá současná hodnota
- $NCF_i$  čisté peněžní toky v i-tém roce
- r diskontní sazba
- i období v letech od 0 do n

### 8.2.3 Index rentability

Ukazatel index rentability (Benefit Cost Ratio, BCR) nebo také index ziskovosti je vypočítán jako podíl čisté současné hodnoty vůči investovaným prostředkům v nultém roce. Zjednodušeněji řečeno vyjadřuje, jaké diskontované příjmy vygeneruje investorům jedna investovaná koruna.

Jestliže je hodnota IR rovna jedné znamená to, že projekt pokryje vložené prostředky a je tak smysluplné ho realizovat. Výhodnost investice roste spolu s hodnotou tohoto indexu (Sieber, 2004).

$$\frac{NPV}{I} = \frac{(PV + CF_0)}{(-CF_0)} = \frac{\left[CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}\right]}{(-CF_0)} \quad (8.4)$$

nebo

$$\frac{NPV}{I} = \frac{\left[CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}\right]}{(-CF_0)} \quad (8.5)$$

Kde:

- $I = -CF_0$

### 8.2.4 Doba návratnosti investice

Doba návratnosti (PB – Pay Back) je počet let, které jsou zapotřebí k tomu, aby se kumulované prognózané hotovostní toky vyrovnaly počáteční investici. Investiční projekt lze považovat za přijatelný, pokud je ukazatel nižší, než je doba životnosti projektu. Přičemž čím je jeho hodnota nižší, tím lepší je z tohoto hlediska daný investiční záměr. Při vzájemném porovnávání projektů by měl být volen ten projekt, jehož hodnota doby návratnosti je nižší.

V praxi jsou využívány dva druhy doby návratnosti, a to prostá doba, u které není zohledněn faktor času a diskontovaná doba návratnosti počítající s vlivem času.

V případě, že jsou po dobu životnosti projektem generovány konstantní peněžní toky, lze vypočítat dobu návratnosti pomocí následujícího vzorce.

$$PB = \frac{I}{CF_t} \quad (8.6)$$

Situace, kdy by peněžní toky v jednotlivých letech byly stále stejné, je spíše ojedinělá, proto je nezbytné výpočet upravit o kumulativně načítané roční CF až do výše investičních výdajů. Celkové peněžní toky se však zřídka rovnají investovaným prostředkům, skutečná doba návratnosti tak bude v intervalu po sobě jdoucích výnosů v určité době (Korytářová a kol., 2002).

$$PB = \text{počet let spodní hranice intervalu} + \frac{(I - CF \text{ kumulované spodní hranice intervalu})}{\text{roční CF horní hranice intervalu}}$$

(8.7)

## 9 EKONOMICKÁ ANALÝZA CBA

Zatímco cílem finanční analýzy CBA je prokázání dlouhodobé životnosti projektu a návratnosti vložených investic, ekonomická analýza hodnotí přínos projektu z celospolečenského hlediska. Je zpravidla využívána při hodnocení efektivnosti veřejných projektů, u kterých nejsou důležité přínosy pro samotného investora, ale přínos společnosti jako celku (Korytářová a Hromádka, 2007). Beneficienty takových projektů jsou většinou obyvatelé daného města (obce, kraje, státu apod.), domácnosti, podnikatelské subjekty aj.

Vstupními údaji ekonomické analýzy jsou tyto peněžní toky:

- investiční náklady;
- provozní příjmy a výdaje;
- socio-ekonomické dopady;
- zůstatková hodnota projektu ve formě přínosu po skončení časového horizontu analýzy (Dufek a kol., 2018).

Cílem ekonomické analýzy je kvantifikace všech socio-ekonomických přínosů a nákladů, které vstupují do procesu hodnocení, na jehož základě je rozhodnuto o realizaci daného projektu. Jedním z nejdůležitějších a současně nejobtížnějších kroků celé analýzy je proto vymezení a kvantifikace všech nákladů a užitků plynoucích z investice. Nejen správná kvantifikace nákladů a užitků projektu je důležitá pro správné stanovení ekonomické efektivnosti projektu, ale také jejich časové rozlišení (Sieber, 2004). Zpracovatel analýzy tak musí mít dostatek informací i zkušeností, aby správně identifikoval všechny dopady plynoucí z projektu a současně, aby nezahrnul některé náklady nebo přínosy, které s realizací nesouvisí, ale mohly by výrazně ovlivnit výsledek hodnocení.

Ekonomická analýza plynule navazuje na analýzu finanční, přebírá vstupní hodnoty ve formě finančních příjmů a výdajů, které dále doplňuje o celospolečenské přínosy a náklady (Dufek a kol., 2018). Dle mezinárodní praxe je při posunu od finanční k ekonomické analýze potřeba provést následující úpravy:

- fiskální korekci – úprava spočívá v odečtení přímých i nepřímých daní od ceny vstupů, neboť pro společnost nepředstavují reálné ekonomické náklady ani přínosy. Výjimku mohou tvořit daně a poplatky ke korekci negativních externalit zejména ve vztahu k ochraně životního prostředí, v takovém případě je doporučeno je do nákladů či přínosů projektu zahrnout (European Commission, 2014);
- konverzi z tržních cen na stínové ceny (více k této problematice je uvedeno v kapitole 9.2);
- vyhodnocení netržních dopadů a korekce o externality (více k této problematice je uvedeno v kapitole 9.3).



Také při ekonomické analýze je nezbytné diskontovat náklady a přínosy vznikající po celé referenční období. Pro výpočet tzv. ekonomické výkonnosti projektu je v souladu s nařízením Evropské komise používána v rámci programového období EU 2014–2020 následující hodnota:

- Sociální diskontní sazba = 5 % pro velké projekty v zemích soudržnosti a 3 % pro ostatní členské státy (European Commission, 2014).

## **9.1 Kriteriační ukazatele ekonomické analýzy**

Výpočet kriteriačních ukazatelů ekonomické analýzy je obdobný jako u analýzy finanční pouze s tím rozdílem, že jednotlivé ukazatele jsou v názvu označeny jako ekonomické a do jejich výpočtu vstupují ekonomické peněžní toky, konkrétně:

- Ekonomická čistá současná hodnota (Economic Net Present Value, ENPV)

Za ekonomicky přijatelný je považován takový projekt, jehož hodnota ENPV je větší než nula, v opačném případě by to znamenalo, že při vysokých finančních i sociálních nákladech je generováno příliš málo celospolečenských přínosů.

- Ekonomické vnitřní výnosové procento (Economic Internal Rate of Return, EIRR)

Aby byl projekt doporučen k realizaci, je nutné, aby hodnota socioekonomické výnosnosti projektu během celého hodnoceného období byla vyšší než hodnota použité sociální diskontní sazby.

- Ekonomický index rentability (Economic Benefit Costs Ratio, EBCR)

Obdobně jako je tomu ve finanční analýze, také index ekonomické rentability vyjadřuje podíl čisté současné hodnoty vůči investovaným prostředkům v nultém roce ovšem se započítáním socio-ekonomických dopadů. Efektivní projekt by měl vykázat hodnotu EBCR vyšší než 1 (Dufek a kol., 2018).

## **9.2 Konverze z tržních cen na stínové ceny**

Jak již bylo uvedeno výše, data a výsledky finanční analýzy jsou nezbytnými vstupními údaji pro analýzu ekonomickou. Náklady a užítky projektu jsou poté převedeny na hotovostní toky pomocí metod popsaných v následujících kapitolách.

### **9.2.1 Stínové ceny**

Důvodem využití stínových cen je skutečnost, že tržní cena statku nemusí představovat jeho ekonomickou hodnotu vlivem nedokonalé konkurence na trhu, kvůli zásahům státu, z historických důvodů apod. Stínové ceny představují náklady obětované příležitosti (nazývané též oportunitní náklady) vztahující se k oceňovaným produktům nebo službám, které by byl kupující ochoten zaplatit (Synek a Kislingerová, 2010).

### **9.2.2 Náhražkové trhy**

Podstatou náhražkových trhů je hodnocení daného zboží nebo služby odvozením ceny jiného aktiva, pro který trh existuje za podmínky logické provázanosti (Sieber, 2004).

### **9.2.3 Kontingenční oceňovací metody**

*Cílem metody kontingenčního oceňování je zjišťovat individuální preference změn v množství nebo kvalitě u netržního statku nebo služby vyjádřené v penězích* (European Commission, 2014, str. 315). Zjednodušeněji řečeno, pomocí této metody je hodnocena „užitečnost“ daného statku, která je následně peněžně vyjádřena z hlediska postoje jednotlivců, kolik jsou ochotni zaplatit (Willigness to Pay, WTP) za možnost využívání netržních statků nebo ochoty přijmou kompenzaci (Willigness to Accept, WTA) v případě, že daný statek využívat nemohou (Korytářová a Hromádka, 2007). Kontingenční oceňování je založeno na dotazníkovém průzkumu, který je následně vyhodnocen pomocí ekonometrických metod (European Commission, 2014).

## **9.3 Vyhodnocení netržních dopadů a korekce o externality**

Nedílnou součástí každého projektu jsou jeho externality, ty jsou chápány jako jakékoliv netržní dopady vznikající v důsledku realizace projektu, které dopadají bez peněžní náhrady na třetí osoby. V případě, že se vlivem externality snižuje užitek třetích osob, jedná se o negativní externality a naopak (Korytářová a Hromádka, 2007). Typickými externalitami, které vstupují do ekonomické analýzy jsou dopady na životní prostředí, a to např. hluk, znečištění ovzduší, emise skleníkových plynů, kontaminace půdy, znečištění vod, degradace ekosystému, zhoršení vzhledu krajiny nebo vibrace (European Commission, 2014).

Projekty vodohospodářských staveb také generují řadu externalit souvisejících se zajištěním zlepšení kvality pitné vody, zlepšením kvality vod určených ke koupání, zvýšení kvality říčních ekosystémů nebo také přínosy spojené s využitím pro účely rybaření. Průvodce analýzou nákladů a přínosů (European Commission, 2014) v kapitole 4.1.7 Ekonomická analýza vztahující se k oblasti Životní prostředí uvádí příklady typických přínosů/nákladů, které mohou vznikát u projektů vodního hospodářství. Jejich přehled je zobrazen v následující tabulce.

Tabulka 20 Názorné druhy přínosů/nákladů u investic v oblasti vodního hospodářství (European Commission, 2014, vlastní zpracování)

Dopady	Popis	Typ	Metoda oceňování
Zvýšená dostupnost zásobování pitnou vodou nebo kanalizačních služeb	Přínosem je počet nově napojených domácností na novou čistírnu odpadních vod a kanalizační síť, čímž dojde ke snížení jejich nákladů na vybudování vlastních studní, nákup cisteren s pitnou vodou atd.	Přímá	Defenzivní (adverting behaviour) Deklarované preference (výběrové experimenty)
Zvýšení spolehlivosti vodních zdrojů a služeb zásobování vodou	Přínosem je v tomto případě zlepšení služeb zásobování vodou ve formě zvýšení tlaku vody nebo také menší poruchovost zařízení a s tím méně časté odstávky. Hodnota dopadu se tak může rovnat nákladům obyvatel na pořízení výkonného čerpadla.	Přímá	Defenzivní (adverting behaviour) Deklarované preference (výběrové experimenty)
Zlepšení kvality pitné vody	Snížení koncentrace chemických nebo znečišťujících látek v podzemních nebo povrchových vodách. Přínos lze vyčíslit jako nerealizované náklady obyvatel na zajištění kvalitní vody (např. domácí filtrační systém).	Přímá	Defenzivní (adverting behaviour) Deklarované preference (výběrové experimenty)
Zlepšení kvality povrchových vodních těles a zachování ekosystémových služeb	Redukce koncentrace znečišťujících látek zvýší zájem o využívání vodních těles k rekreačním, podnikatelským či jiným činnostem. Hodnota dopadu může být vyčíslena pomocí odhadu WTP nebo také pomocí poplatků na provoz rekreačních služeb, metodou nákladů na cestu (k jiné vodní ploše) atd.	Přímá	Vodní tělesa s užitnou hodnotou: tržní hodnota, defenzivní metoda, cestovní náklady nebo transfer přínosů. Vodní tělesa bez užitné hodnoty: podmíněné oceňování nebo transfer přínosů
Úspory nákladů na zdroje (zachování vody pro jiné použití)	Dopad souvisí se ztrátami v distribuční síti, kde by množství vody mohlo být využito pro jiné účely. Pomocí nákladů obětované příležitosti jsou odhadnuty mezní náklady na výrobu vody.	Přímá	Dlouhodobé mezní náklady na výrobu vody
Dopady na zdraví	Vlivem snížení znečištění pitné vody dojde také k eliminaci nemocí u obyvatel, kteří tuto vodu využívají. Hodnota může být stanovena pomocí WTP nebo vyčíslením nákladů na zdravotní péči. Nepřímým nákladem je pak počet dní pracovníka v pracovní neschopnosti, a tedy snížení jeho hrubé mzdy.	Externality	Deklarované preference, odhadované preference (metoda hédonické mzdy), náklady na nemoci

Dopady	Popis	Typ	Metoda oceňování
Úspory z menšího zahlčení díky zvýšení kapacity dešťové kanalizace	Tento dopad může vzniknout při sběru dešťové vody, kdy nemá dotčená infrastruktura dostatečnou kapacitu a dochází tak k jejímu zahlčení. Metoda výpočtu úspory času tak představuje náklady za čas strávený na cestě zaměstnance, který by svůj čas mohl využít jiným způsobem.	Externality	Úspora času
Změna emisí skleníkových plynů	Hodnota dopadu je vypočítána jako rozdíl množství produkovaného CO <sub>2</sub> před a po realizaci projektu vynásobeného stínovou cenou. Jedná se o projekty optimalizace systému, doprava kalů na místo likvidace atd.	Externality	Stínové ceny emisí skleníkových plynů

## 10 FINANČNÍ A EKONOMICKÁ ANALÝZA PROJEKTŮ ČOV

### 10.1 Specifikace vybraného vzorku ČOV

Pro simulaci finanční a ekonomické analýzy byl vybrán vzorek 38 čistíren odpadních vod nacházejících se na území České republiky a provozovaných v Jihomoravském kraji. S ohledem na přání provozovatelů těchto ČOV nejsou zveřejněny konkrétní lokality ani názvy zařízení, jednotlivé čistírny jsou však pro lepší orientaci označeny jako ČOV\_01, ČOV\_02 atd. Toto značení je pak dodrženo i ve všech následujících kapitolách práce včetně části týkající se simulace Metody datových obalů.

Základní informace vybraného vzorku jsou přehledně zobrazeny v tabulce č. 21, jedná se o údaje o projektované kapacitě zařízení přečištěné vody v m<sup>3</sup>/den i o biochemické spotřebě kyslíku v kg/den, dále o limitním počtu ekvivalentních obyvatel, způsobu čištění, provozovateli ČOV, výši investičních nákladů v roce uvedení do provozu a případně je zde také uveden rok, kdy byla provedena rekonstrukce dané čistírny. Vzorek zahrnuje jak tzv. malé čistírny s kapacitou do 500 EO, těch je konkrétně 5, tak také klasické komunální mechanicko-biologické ČOV s kapacitou od 500 do 2000 EO v počtu celkem 13 ČOV a také větší zařízení s kapacitou nad 2000 EO, kterých je celkem 20. V souladu s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. je kategorizace čistíren důležitá z hlediska návrhových parametrů jako jsou hydraulické zatížení a látkové množství, které se s ohledem na velikost spádové oblasti liší.

Pro výpočet obou analýz byl použit modul CBA v systému MS2014+, který je součástí portálu IS KP14+, ten slouží mimo jiné pro zadávání žádostí o podporu projektů ze strukturálních fondů Evropského společenství a Národních zdrojů v programovém období 2014–2020. Modul obsahuje několik záložek pro vyplnění základních informací, jako je výše investičních nákladů, provozních nákladů a výnosů, výběr sektoru pro referenční období, vyplnění rozdílové varianty zdrojů financování nebo také pro výběr a kvantifikaci socio-ekonomických dopadů.

Finanční toky jsou v jednotlivých letech automaticky diskontovány, nastaveny jsou již také hodnoty finanční a ekonomické diskontní sazby v souladu s doporučením Evropské komise. Výstupem modulu jsou hodnoty návratnosti investic a kapitálu pro finanční nebo ekonomickou analýzu, a to prostřednictvím ukazatelů ekonomické efektivity (NPV, IR, IRR atd.). Vzhledem k tomu, že se jedná o nástroj sloužící primárně pro projekty spolufinancované z veřejných zdrojů, je zde vždy vypočítána návratnost investic bez zohlednění dotace a návratnost kapitálu, která již kalkuluje s příslušnou výší podpory. Pro naplnění cíle této disertační práce však není započítáno jakékoliv finanční spoluúčasti veřejného sektoru relevantní, proto bude počítáno pouze s návratností investic.

Tabulka 21 Přehled vzorku zkoumaných čistíren odpadních vod (vlastní zpracování)

Ozn.	Projektovaná kapacita (EO)	Projektovaná kapacita (m <sup>3</sup> /den)	Projektovaná kapacita BSK <sub>5</sub> (kg/den)	Způsob čištění	Provozovatel ČOV	Investiční náklady (mil. Kč)	Rok výstavby	Rok poslední rekonstrukce
ČOV_01	50 543	10 103	3 033	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	408,70	1975	2003
ČOV_02	9 900	2 037	594	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	140,00	2001	/
ČOV_03	2 420	544	145	mechanicko-biologické	akciová společnost	152,10	2004	/
ČOV_04	2 107	397	126	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	47,60	2002	/
ČOV_05	3 850	807	219	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	město	37,20	1999	/
ČOV_06	12 000	2 129	720	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	122,90	1997	2009
ČOV_07	25 000	4 286	1 491	mechanicko-biologické	akciová společnost	122,40	1993	2008
ČOV_08	9 700	1 874	582	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	137,70	1996	2006

Ozn.	Projektovaná kapacita (EO)	Projektovaná kapacita (m <sup>3</sup> /den)	Projektovaná kapacita BSK <sub>5</sub> (kg/den)	Způsob čištění	Provozovatel ČOV	Investiční náklady (mil. Kč)	Rok výstavby	Rok poslední rekonstrukce
ČOV_09	1 000	150	60	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	11,20	2004	/
ČOV_10	5 250	1 200	315	mechanicko-biologické	akciová společnost	132,90	1978	2006
ČOV_11	6 000	1 485	360	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	91,60	2002	2010
ČOV_12	1 250	500	76	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	84,70	1997	2012
ČOV_13	498	95	30	mechanicko-biologické	akciová společnost	22,00	1993	2010
ČOV_14	5 400	609	324	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	akciová společnost	49,00	2004	2005
ČOV_15	943	169	57	mechanicko-biologické	obec	22,50	1998	/
ČOV_16	1 913	360	115	mechanicko-biologické	obec	63,55	2003	/
ČOV_17	29 376	4 881	1 763	mechanicko-biologické	svazek měst a obcí	150,00	1966	2008



Ozn.	Projektovaná kapacita (EO)	Projektovaná kapacita (m <sup>3</sup> /den)	Projektovaná kapacita BSK <sub>5</sub> (kg/den)	Způsob čištění	Provozovatel ČOV	Investiční náklady (mil. Kč)	Rok výstavby	Rok poslední rekonstrukce
ČOV_18	13 060	2 155	784	mechanicko-biologické	svazek měst a obcí	98,54	1977	2004
ČOV_19	2 600	449	156	mechanicko-biologické	svazek měst a obcí	10,02	1978	/
ČOV_20	750	123,7	45	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek měst a obcí	20,39	2002	2015
ČOV_21	4320	519	207,6	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	13,11	2000	2008
ČOV_22	1200	250	72	mechanicko-biologické	obec	55,00	2006	/
ČOV_23	3943	710	236,6	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek měst a obcí	138,13	1988	2008
ČOV_24	500	94	30	mechanicko-biologické	svazek měst a obcí	20,00	1994	2015
ČOV_25	350	73	21	mechanicko-biologické	obec	8,50	1993	/
ČOV_26	1136	239	61,4	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek měst a obcí	17,05	1996	2010

Ozn.	Projektovaná kapacita (EO)	Projektovaná kapacita (m <sup>3</sup> /den)	Projektovaná kapacita BSK <sub>5</sub> (kg/den)	Způsob čištění	Provozovatel ČOV	Investiční náklady (mil. Kč)	Rok výstavby	Rok poslední rekonstrukce
ČOV_27	6380	1197	382,91	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	město	46,95	1997	2006
ČOV_28	440	60	16,7	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek měst a obcí	9,80	1995	2011
ČOV_29	1800	400	108	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	75,00	1995	2010
ČOV_30	900	150	54	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek měst a obcí	44,79	2001	2010
ČOV_31	794	93,98	47,63	mechanicko-biologické s nitrifikací	svazek měst a obcí	11,00	1982	/
ČOV_32	2100	347	126	mechanicko-biologické s nitrifikací	svazek obcí	23,00	1992	2004
ČOV_33	970	242	58,2	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	21,50	2000	2010
ČOV_34	5266	1148	316	mechanicko-biologické	město	66,00	1985	2007

Ozn.	Projektovaná kapacita (EO)	Projektovaná kapacita (m <sup>3</sup> /den)	Projektovaná kapacita BSK <sub>5</sub> (kg/den)	Způsob čištění	Provozovatel ČOV	Investiční náklady (mil. Kč)	Rok výstavby	Rok poslední rekonstrukce
ČOV_35	1600	245	0,096	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	19,20	2001	2010
ČOV_36	400	86	24	mechanicko-biologické	obec	35,37	2012	/
ČOV_37	2228	307	133,7	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	obec	79,16	2013	/
ČOV_38	1200	198	72	mechanicko-biologické s nitrifikací a denitrifikací	svazek obcí	24,59	2013	/

## 10.2 Simulace finanční analýzy

Dle přehledu zkoumaného vzorku čistíren odpadních vod v tabulce č. 21 je zřejmé, že se jedná o již existující čistírny v plném provozu, které byly postaveny a případně také rekonstruovány v různých časových obdobích. Náklady za případné stavební úpravy modernizace či intenzifikace ČOV však nebyly provozovateli poskytnuty nebo nebyly kompletní, z tohoto důvodu budou v analýze zohledněny pouze náklady za samotnou výstavbu.

Vstupními hodnotami finanční analýzy tak jsou investiční náklady zahrnující nákup pozemků, stavební práce, instalaci potrubí, elektrická a mechanická zařízení, dále také přípravné a projekční práce, inženýring, technický dozor, zaškolení obsluhy, uvedení do provozu apod. Provozní náklady jsou pak tvořeny náklady na energie, spotřebou materiálu, osobními náklady technických i administrativních pracovníků, náklady na údržbu a opravy atd. Finanční výnosy zahrnují zejména poplatky uživatelů za poskytované služby, tedy za zásobování pitnou vodou, čištění odpadních vod, kalové hospodářství, prodej vody pro zemědělské a průmyslové účely apod.

V prvním kroku je nezbytné přepočítat vstupní hodnoty pomocí indexu cen stavebních děl na aktuální cenovou hladinu, kterou je v tomto případě rok 2019. Využito je cenových ukazatelů a indexů vydávaných každoročně Ústavem racionalizace ve stavebnictví Praha v publikaci Převodní indexy cen stavební objektů od roku 1971 do roku 2018 (ÚRS Praha a.s., 2018). Počítáno bylo s průměrnými ukazateli pro obor JKSO 812, kterým jsou Budovy pro výrobu a služby, kam spadají také Budovy vodního hospodářství. Vstupní hodnoty vztažené k roku 2019 jsou uvedeny v příloze č. 1 této práce.

Referenční období investic vodohospodářské infrastruktury je obvykle 30 let, přičemž je doporučeno zohlednit také technickou životnost zařízení, které může výrazně ovlivnit výši nákladů v průběhu let.

Výsledky finanční analýzy v podobě ukazatelů čisté současné hodnoty (FNPV), vnitřního výnosového procenta (FIRR), indexu rentability (FIR) a diskontované doby návratnosti (DN) jsou přehledně zobrazeny v následující tabulce. Z výsledků je zřejmé, že žádná z uvedených čistíren odpadních vod není finančně rentabilní, negeneruje tedy dostatečné množství přínosů, které by pokryly provozní náklady v jednotlivých letech i vstupní investici.

Tabulka 22 Výsledky finanční analýzy (vlastní zpracování)

Označení ČOV	FNPV (Kč)	FIRR (%)	FIR	DN (počet let)
ČOV_01	-450 372 659,69	-15,73	-0,983	nelze vypočítat
ČOV_02	-143 779 567,73	-14,53	-0,9762	nelze vypočítat
ČOV_03	-157 307 400,90	-18,7	-0,993	nelze vypočítat
ČOV_04	-48 608 204,07	-14,14	-0,9735	nelze vypočítat
ČOV_05	-57 843 447,39	-12,82	-0,9558	nelze vypočítat
ČOV_06	-90 835 267,88	-3,62	-0,6913	nelze vypočítat
ČOV_07	-119 357 454,67	-8,55	-0,8909	nelze vypočítat
ČOV_08	-145 542 610,81	-15,81	-0,9834	nelze vypočítat
ČOV_09	-29 352 083,16	-9,07	-0,9034	nelze vypočítat
ČOV_10	-147 434 897,54	-17,61	-0,9902	nelze vypočítat
ČOV_11	-83 975 182,55	-7,91	-0,8739	nelze vypočítat
ČOV_12	-76 014 343,49	-6,84	-0,8394	nelze vypočítat
ČOV_13	-19 995 721,22	-6,57	-0,8304	nelze vypočítat
ČOV_14	-81 829 440,93	-8,23	-0,8827	nelze vypočítat
ČOV_15	-44 138 462,17	-15,07	-0,9777	nelze vypočítat
ČOV_16	-65 340 131,97	-15,72	-0,983	nelze vypočítat
ČOV_17	-151 707 825,40	-9,15	-0,9024	nelze vypočítat
ČOV_18	-98 762 088,62	-8,64	-0,8944	nelze vypočítat
ČOV_19	-63 933 842,93	-11,81	-0,9508	nelze vypočítat
ČOV_20	-21 256 233,40	-19,11	-0,9938	nelze vypočítat

Označení ČOV	FNPV (Kč)	FIRR (%)	FIR	DN (počet let)
ČOV_21	-76 537 262,95	-18,04	-0,9922	nelze vypočítat
ČOV_22	-54 535 818,06	-19,62	-0,9943	nelze vypočítat
ČOV_23	-153 852 777,14	-20,65	-0,9962	nelze vypočítat
ČOV_24	-21 321 280,27	-15,35	-0,9817	nelze vypočítat
ČOV_25	-19 626 017,74	-13,6	-0,9693	nelze vypočítat
ČOV_26	-16 827 241,56	-9,78	-0,9184	nelze vypočítat
ČOV_27	-113 424 490,82	-18,25	-0,9919	nelze vypočítat
ČOV_28	-20 596 076,69	-13,33	-0,9628	nelze vypočítat
ČOV_29	-78 920 111,85	-14,08	-0,974	nelze vypočítat
ČOV_30	-45 590 779,63	-17,11	-0,9887	nelze vypočítat
ČOV_31	-23 258 424,43	-17,34	-0,9894	nelze vypočítat
ČOV_32	-46 429 576,33	-15,01	-0,9789	nelze vypočítat
ČOV_33	-43 040 759,78	-15,41	-0,9829	nelze vypočítat
ČOV_34	-54 222 762,96	-8,33	-0,8833	nelze vypočítat
ČOV_35	-51 379 393,27	-18,57	-0,9927	nelze vypočítat
ČOV_36	-35 524 181,49	-15,3	-0,9808	nelze vypočítat
ČOV_37	-80 844 772,98	-23,2	-0,9983	nelze vypočítat
ČOV_38	-40 483 364,17	-8,41	-0,8875	nelze vypočítat

V případě, že by investice do výstavby jednotlivých čistíren byly posuzovány pouze z hlediska finanční náročnosti, stanovisko investora by jistě bylo zamítavé. Žádný z uvedených vzorků nevykazuje ani po 30 letech provozu kladnou čistou současnou hodnotu. V záporných číslech se pohybují také simulace výpočtu vnitřního výnosového procenta i indexu rentability. Dobu návratnosti nebylo možné určit ani u jedné z čistíren. Ačkoliv provozní výnosy v jednotlivých letech zpravidla převyšují provozní náklady, počáteční investice na výstavbu čistíren v prvním roce jsou tak vysoké, že je nelze pokrýt příjmy za celé referenční období. U těchto typů záměrů, které slouží zejména veřejnému zájmu, jsou výsledky provedené finanční analýzy očekávané a jsou tak dalším důvodem k hledání jiných ekonomických přínosů pro určení jejich celospolečenské efektivity.

### **10.3 Simulace ekonomické analýzy**

Provedená finanční analýza v předchozí kapitole je následně doplněna o hodnocení socio-ekonomických dopadů. Výpočet je opět proveden v modulu CBA v systému MS2014+, ve kterém jsou již předdefinované jednotlivé dopady v závislosti na zvoleném specifickém cíli.

Pro účely simulace této disertační práce jsou zvoleny následující specifické cíle, které úzce souvisejí s vodohospodářskými projekty:

- Snížení množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod.
- Zajištění dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství.

Výběrem těchto specifických cílů jsou zpracovateli ekonomické analýzy v dalším kroku nabídnuty odpovídající socio-ekonomické dopady, které jsou zobrazeny v tabulce č. 23 níže.

Každý z dopadů je definován konkrétní hodnotou dopadu, která může být dána procentuálním vyjádřením zvýšení čistoty či kvality vody nebo také v m<sup>3</sup> příslušného množství přečištěné vody, snížení množství polutantů apod.

Tabulka 23 Přehled socio-ekonomických dopadů v modulu CBA (MS2014+, 2020)

Název programu	Kód	Název socio-ekonomického dopadu	Hodnota dopadu	Jednotka míry dopadu
Operační program Životní prostředí	1101	počet obyvatel nově připojených na zlepš...	100,00	Zvýšení čistoty (%)
Operační program Životní prostředí	1102	počet obyvatel nově připojených na zlepš...	100,00	Zvýšení kvality vody (%)
Operační program Životní prostředí	1102	počet obyvatel nově připojených na zlepš...	100,00	Zvýšení kvality vody (%)
Operační program Životní prostředí	1103	snížení objemu znečištěné vody - ropné l...	1 900,00	
Operační program Životní prostředí	1104	snížení objemu znečištěné vody - pesticidy	2 417,00	
Operační program Životní prostředí	1105	snížení objemu znečištěné vody - PAU	2 433,00	
Operační program Životní prostředí	1106	snížení objemu znečištěné vody - CIU	2 686,00	
Operační program Životní prostředí	1107	snížení objemu znečištěné vody - PCB	4 125,00	
Operační program Životní prostředí	1108	snížení objemu znečištěné vody - TK	3 530,00	
Operační program Životní prostředí	1109	zvýšení množství čištěných splaškových ...	182,00	

Legenda: PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky, CIU – chlorované uhlovodíky, PCB – polychlorované bifenyly, TK – těžké kovy.

Zvolenými dopady pro další simulace jsou tyto následující:

- Počet obyvatel nově připojených na zlepšené zásobování vodou – hodnota dopadu je 100, jednotkou dopadu je počet osob. Celkový počet osob, který bude vstupní hodnotou simulace, vychází z maximální kapacity ekvivalentních obyvatel každé čistírny. Kapacita však nebývá zcela využita a bude tak ponížena na 89,90 %, jedná se o hodnotu podílu obyvatelstva Jihomoravského kraje napojených na kanalizaci pro veřejnou potřebu za rok 2018 (ČSÚ, 2019).
- Zvýšení množství čištěných splaškových odpadních vod – hodnota tohoto dopadu je 182 Kč/m<sup>3</sup> ročně. Jedná se o takové množství odpadních vod, které nebudou vypouštěny do vodních toků. Lze předpokládat, že obce, ve kterých doposud není vybudována ČOV, využívají jiné způsoby čištění odpadních vod, jako jsou např. domovní čistírny odpadních vod, jímky nebo septiky. Existuje však také malý podíl obyvatel, které navzdory zákonným nařízením, vypouštějí odpadní vody (případně i jímky) přímo do vodních toků. Právě tento podíl bude vstupovat do výpočtu dopadu souvisejícího se zvýšením množství čištěných odpadních vod. V tomto případě lze opět vycházet z údajů Českého statistického úřadu o podílu čištěných odpadních vod v roce 2018, který v Jihomoravském kraji činil 98,8 % (ČSÚ, 2019), což znamená, že zbylé 1,2 % objemu odpadních vod nebyly čištěny. Do výpočtu socio-ekonomického dopadu tak vstupuje projektovaná kapacita každé čistírny v m<sup>3</sup> vody za rok násobená hodnotou 0,012.



Veškeré finanční toky vstupující do ekonomického hodnocení jsou očištěny o daně a jsou uváděny ve stálých cenách roku zpracování analýzy. Vliv inflace by byl uvažován jen ve zcela výjimečných případech.

Tabulka 24 Výsledky ekonomické analýzy (vlastní zpracování)

ČOV	ENPV <sub>1</sub> (Kč)	EIRR <sub>1</sub> (%)	EIR <sub>1</sub>	DN <sub>1</sub> (počet let)
ČOV_1	103 428 702,15	13,96	0,2258	4,43
ČOV_2	-34 823 690,45	-0,54	-0,2364	nelze vypočítat
ČOV_3	-130 143 237,59	-11,11	-0,8215	nelze vypočítat
ČOV_4	-25 928 326,60	-5,45	-0,5193	nelze vypočítat
ČOV_5	-15 474 530,28	-0,59	-0,2557	nelze vypočítat
ČOV_6	33 032 282,19	11,15	0,2514	10,25
ČOV_7	144 763 732,95	75,08	1,0806	1,61
ČOV_8	-40 154 991,36	-1,43	-0,2713	nelze vypočítat
ČOV_9	-19 336 194,61	-5,32	-0,5951	nelze vypočítat
ČOV_10	-88 164 120,63	-6,56	-0,5921	nelze vypočítat
ČOV_11	-16 056 210,18	1,75	-0,1671	nelze vypočítat
ČOV_12	-60 919 149,92	-4,38	-0,6727	nelze vypočítat
ČOV_13	-15 046 305,76	-4,22	-0,6249	nelze vypočítat
ČOV_14	-29 476 213,52	-1,67	-0,318	nelze vypočítat
ČOV_15	-34 129 466,88	-9,58	-0,756	nelze vypočítat
ČOV_16	-44 741 756,51	-8,18	-0,6731	nelze vypočítat
ČOV_17	156 913 584,57	64,39	0,9334	1,66
ČOV_18	37 741 294,33	19,43	0,3418	1,97

ČOV	ENPV <sub>1</sub> (Kč)	EIRR <sub>1</sub> (%)	EIR <sub>1</sub>	DN <sub>1</sub> (počet let)
ČOV_19	-36 631 929,05	-5,48	-0,5448	nelze vypočítat
ČOV_20	-13 358 691,84	-8,12	-0,6246	nelze vypočítat
ČOV_21	-33 352 972,70	-5,74	-0,4324	nelze vypočítat
ČOV_22	-41 276 224,50	-9,89	-0,7525	nelze vypočítat
ČOV_23	-111 587 831,17	-9,75	-0,7225	nelze vypočítat
ČOV_24	-15 945 867,74	-9,16	-0,7342	nelze vypočítat
ČOV_25	-15 814 848,99	-9,3	-0,781	nelze vypočítat
ČOV_26	-4 340 417,20	-0,06	-0,2369	nelze vypočítat
ČOV_27	-44 452 615,88	-3,75	-0,3888	nelze vypočítat
ČOV_28	-16 181 423,54	-9,56	-0,7565	nelze vypočítat
ČOV_29	-58 928 456,49	-8,37	-0,7273	nelze vypočítat
ČOV_30	-37 136 150,23	-10,83	-0,7881	nelze vypočítat
ČOV_31	-15 351 452,25	-9,31	-0,653	nelze vypočítat
ČOV_32	-24 372 321,29	-5,84	-0,5138	nelze vypočítat
ČOV_33	-31 901 831,50	-8,44	-0,7286	nelze vypočítat
ČOV_34	-7 256 217,32	2,87	-0,0983	nelze vypočítat
ČOV_35	-34 770 431,58	-9,1	-0,6718	nelze vypočítat
ČOV_36	-31 135 576,80	-11,39	-0,8597	nelze vypočítat
ČOV_37	-58 077 475,44	-10,56	-0,7172	nelze vypočítat
ČOV_38	-28 400 774,90	-5,23	-0,6226	nelze vypočítat

Ekonomická analýza přinesla, dle předpokladu, příznivější výsledky ekonomického hodnocení z hlediska jednotlivých simulovaných ukazatelů. Hodnoty ekonomické čisté současné hodnoty jsou vyšší oproti výsledkům analýzy finanční, kladných hodnot však dosáhlo pouze pět čistíren ze zkoumaného vzorku. Přestože se jedná o pozitivní dopady, ve většině případů nebyl jejich přínos ve formě finančního ocenění dostatečně vysoký, aby převážil nad náklady projektu. Při investičním rozhodování o realizaci záměru na základě ekonomické analýzy, by i v tomto investor přistoupil k jeho zamítnutí.

Zde je však nezbytné zmínit, že v případě projektů spolufinancovaných z veřejných zdrojů vstupuje do analýzy nákladů a užitků také částka dotace, jejíž míra může být až 85 % z celkových způsobilých výdajů (MŽP, verze 24, 2020). V takovém případě jsou zdroje financování rozděleny na „soukromé zdroje“ a „příspěvek unie“, se zohledněním podpory jsou pak výsledky obou analýz pochopitelně příznivější.

Jako příklad lze uvést následující vzorky čistíren odpadních vod, které v provedené ekonomické analýze vykazovaly výrazně negativní výsledky. Porovnání demonstruje vliv spolufinancování z veřejných zdrojů na výsledných hodnotách ukazatelů ENPV, EIRR, EIR a DN.

*Tabulka 25 Srovnání vybraného vzorku ČOV bez/s dotačním spolufinancováním (vlastní zpracování)*

Ozn.	Ekonomická analýza bez veřejné podpory				Ekonomická analýza s veřejnou podporou (85 %)			
	ENPV <sub>1</sub>	EIRR <sub>1</sub>	EIR <sub>1</sub>	DN <sub>1</sub>	ENPV <sub>1</sub>	EIRR <sub>1</sub>	EIR <sub>1</sub>	DN <sub>1</sub>
ČOV_3	-130 143 237,59	-11,11	-0,8215	/	4 516 786,71	11,28	0,1901	8,53
ČOV_30	-37 136 150,23	-10,83	-0,7881	/	2 919 215,77	24,97	0,413	1,9
ČOV_37	-58 077 475,44	-10,56	-0,7172	/	10 755 429,36	69,94	0,8854	1,63

## **10.4 Návrh dalších socioekonomických dopadů**

V následujícím textu je navrženo a charakterizováno 7 dalších vhodných socioekonomických dopadů, z nichž dva dopady jsou taktéž finančně vyjádřeny, zbývající dopady jsou popsány pouze slovně, nicméně i takto mohou vhodně doplnit textovou část analýzy nákladů a užitků a přispět k rozhodování o přijetí či nepřijetí projektu k realizaci.

### **10.4.1 Pořízení a provoz domácích čistíren odpadních vod**

Jednou z možností při řešení čištění odpadních vod v případech, kdy v dané obci není možnost napojení objektů na veřejnou čistírnu, je pořízení domácí čistírny odpadních vod (DČOV). Jedná se o malá zařízení pro čištění odpadních vod s kapacitou do 50 ekvivalentních obyvatel. Provoz je řízen zpravidla jejími vlastníky s nižší odborností, a to pouze na základě manuálu, který je součástí dodaného produktu.

Pro výpočet socioekonomického dopadu byla zvolena metoda preventivních výdajů, která předpokládá, že je možné zaměnit kvalitu životního prostředí za tržní statky. Znečištění životního prostředí je tak substituováno výdaji na prevenci nebo na snížení negativního dopadu znečištění. Výdaje jsou vynakládány domácnostmi, podniky nebo orgány státní správy (Tošovská, 1998).

Hodnota dopadu je tvořena především náklady na pořízení samotné domácí čistírny, výběr vhodného typu zařízení závisí na počtu osob trvale žijících v daném objektu, dále na způsobu vypouštění vyčištěných vod, tedy zda jsou vypouštěny do vod povrchových nebo podzemních, případně do existující kanalizace, a dále také na způsobu úředního schválení. Pořizovací cena představuje náklady na nádrž čistírny, kompletní technologii a další příslušenství, náklady na dopravu a uvedení do provozu a případné správní poplatky. V každém roce provozu je pak nezbytné zohlednit náklady na provoz, spotřebu elektrické energie, opravy, údržbu, odběry vzorků, pozáruční servis aj., případně také náklady souvisejí se zpracováním kalu, který je nejen problémem velkých ČOV, ale také malých domácích zařízení. Ve většině případů je kal z domácích čistíren odvážen do větších čistíren ke zpracování, které je také zpoplatněno.

Takto stanovené preventivní výdaje na nákup domácích čistíren odpadních vod, které by si obyvatelé dané lokality museli zakoupit v případě, že by zde nebyla postavena centrální ČOV, jsou v analýze simulovány jako přínosy.

Pro ukázkou simulace tohoto dopadu u vzorku čistíren odpadních vod, byl zvolen následující jednoduchý výpočet:

- Náklady na výstavbu DČOV se přibližně pohybují v rozmezí od 30 000 Kč až do 200 000 Kč<sup>21</sup>, vyšší pořizovací cena je vyvážena například bezúdržbovým třístupňovým systémem čištění. Kalkulovaná pořizovací cena na 1 ekvivalentního obyvatele byla stanovena na 10 000 Kč.
- Náklady na provoz činí cca 5 % z pořizovací ceny, tedy 500 Kč/rok/EO.
- Domácí ČOV s kapacitou 1–4 EO<sup>22</sup> vyžaduje denní průtok vody 0,15 – 0,60 m<sup>3</sup>, spotřeba el. energie je 1,20 kWh/den<sup>23</sup>. Roční náklady na spotřebu elektrické energie činí 2 150,58 Kč<sup>24</sup>, na 1 EO bude kalkulováno s částkou 537 Kč.
- Životnost DČOV je většinou výrobců<sup>25</sup> udávána v délce 25 let, v simulaci tak budou zohledněny i náklady na její výměnu.

*Tabulka 26 Kalkulace nákladů DČOV a stočné za rok na 1 EO (vlastní zpracování)*

Položka	Náklady v roce n	Náklady v roce n+1	Náklady v roce n+2
Pořizovací cena DČOV	400 Kč	400 Kč	400 Kč
Provozní náklady za rok	500 Kč	500 Kč	500 Kč
Náklady na el. energii	537 Kč	537 Kč	537 Kč
<b>Celkem</b>	<b>1 437 Kč</b>	<b>1 437 Kč</b>	<b>1 437 Kč</b>

Výsledky ekonomické analýzy se započítáním výdajů domácností na pořízení a provoz domácích ČOV jsou zobrazeny v následující tabulce.

<sup>21</sup> Pořizovací náklady domácích čistíren odpadních vod byly zjištěny na základě průzkumu katalogů cen jednotlivých výrobců.

<sup>22</sup> 1 EO = 1 ekvivalentní obyvatel, 150 l odpadní vody/den, 60 g BSK<sub>5</sub>/den, 90 g nerozpustěných látek

<sup>23</sup> Dostupné z [on-line 10.2.2020]: <http://www.covka.cz/cov-domovni-pro-1-az-4-eo-typ-vze4>

<sup>24</sup> Počítáno s cenou 4,91 Kč/kWh \* 1,20 kWh/den

<sup>25</sup> Dostupné z [on-line 10.2.2020]: <http://www.sabtikas.cz/nejcastejsi-dotazy-konstrukce-instalace-cov>

Tabulka 27 Výsledky ekon. analýzy se započítáním výdajů domácností na DČOV (vlastní zpracování)

ČOV	ENPV <sub>2</sub> (Kč)	EIRR <sub>2</sub> (%)	EIR <sub>2</sub>	DN <sub>2</sub> (počet let)
ČOV_1	1 157 350 416,76	63,85	2,5261	1,78
ČOV_2	171 609 341,87	23,37	1,1652	4,83
ČOV_3	-79 671 520,93	-1,51	-0,5029	nelze vypočítat
ČOV_4	18 002 478,21	9,69	0,3605	13,96
ČOV_5	64 802 405,10	21,14	1,0708	5,53
ČOV_6	283 256 951,01	46,14	2,1556	1,96
ČOV_7	666 065 126,38	177,2	4,9719	1,41
ČOV_8	162 102 990,86	22,05	1,0953	5,2
ČOV_9	1 515 861,14	5,57	0,0467	26,4
ČOV_10	21 314 970,68	6,81	0,1432	20,89
ČOV_11	109 056 124,24	21,74	1,135	5,4
ČOV_12	-34 848 281,52	0,5	-0,3848	nelze vypočítat
ČOV_13	-4 655 069,97	2,74	-0,1933	nelze vypočítat
ČOV_14	83 134 165,35	17,95	0,8968	6,77
ČOV_15	-14 460 342	0,98	-0,3203	nelze vypočítat
ČOV_16	-4 846 833,43	4,09	-0,0729	nelze vypočítat
ČOV_17	769 463 017,19	156,65	4,577	1,45
ČOV_18	310 070 533,90	73,88	2,8081	1,72
ČOV_19	17 574 137,99	8,33	0,2614	16,63
ČOV_20	2 274 511,24	6,35	0,1063	22,6

ČOV	ENPV <sub>2</sub> (Kč)	EIRR <sub>2</sub> (%)	EIR <sub>2</sub>	DN <sub>2</sub> (počet let)
ČOV_21	56 735 330,40	15,64	0,7355	7,93
ČOV_22	-16 249 118,71	1,27	-0,2962	nelze vypočítat
ČOV_23	-29 362 539,11	2,61	-0,1901	nelze vypočítat
ČOV_24	-5 508 242,53	1,83	-0,2536	nelze vypočítat
ČOV_25	-8 508 511,30	-0,3	-0,4202	nelze vypočítat
ČOV_26	19 341 394,71	20,74	1,0556	5,68
ČOV_27	88 592 313,75	16,1	0,7748	7,69
ČOV_28	-6 996 313,31	0,88	-0,3271	nelze vypočítat
ČOV_29	-21 399 395,14	1,73	-0,2641	nelze vypočítat
ČOV_30	-18 371 619,56	0,04	-0,3899	nelze vypočítat
ČOV_31	1 209 579,77	5,66	0,0515	25,88
ČOV_32	19 419 315,21	10,41	0,4094	12,85
ČOV_33	-11 676 033,25	1,69	-0,2666	nelze vypočítat
ČOV_34	102 547 600,11	27,37	1,3888	3,96
ČOV_35	-1 416 420,31	4,65	-0,0274	nelze vypočítat
ČOV_36	-22 785 476,59	-3,41	-0,6291	nelze vypočítat
ČOV_37	-11 618 445,85	3,19	-0,1435	nelze vypočítat
ČOV_38	-3 373 669,05	4,11	-0,074	nelze vypočítat

Simulace socio-ekonomického dopadu v podobě úspory nákladů obyvatel na pořízení a provoz domácích ČOV přinesla navýšení počtu vzorků s kladnými hodnotami ekonomické čisté současné hodnoty, a to konkrétně o 16 ČOV (z původních 5 na 21). Z celkového počtu zkoumaných jednotek se tak jedná o více jak 55 %. Hodnota dopadů byla přičtena k výsledkům ekonomické analýzy provedené v předchozí kapitole.

#### 10.4.2 Vznik nových pracovních míst v souvislosti s výstavbou nové ČOV

Vznik nových pracovních míst v souvislosti s realizací projektu ČOV přinese zvýšení zaměstnanosti daného regionu a tím snížení nákladů státu na politiku zaměstnanosti. Jedná se o nově vytvořená pracovní místa přímo související s provozem čistírny, nikoliv nepřímo vytvořené pozice u jiné společnosti (např. dodavatelů apod.). Pro kvantifikaci přínosů přímé zaměstnanosti lze využít stínové mzdy, které měří náklady obětované příležitosti v oblasti práce. Dle průvodce analýzou nákladů a přínosů investičních projektu (European Commission, 2014) lze stínovou mzdu vypočítat dle následujícího vzorce:

$$SW = W * (1 - t) \quad (10.1)$$

Kde:

- SW stínová cena
- W tržní mzda
- t sazba daně z příjmu

Tento výpočet lze použít v případě, že v dané zemi není vysoká nezaměstnanost, v opačném případě je pak nutné zohlednit ještě tzv. efekt nezaměstnanosti, kdy je celý vzorec ještě násoben mírou nezaměstnanosti. Metodika současně doporučuje vytvoření vlastních národních referenčních hodnot odrážejících situaci v dané zemi.

Pro simulaci ekonomické analýzy níže byly využity již stanovené hodnoty dopadů dle systému IS KP14+, určené pro Integrovaný regionální operační program<sup>26</sup>, které jsou členěny v závislosti na klasifikaci územního celku dle NUTS<sup>27</sup> a současně dle konkrétního zaměření dané pracovní pozice.

---

<sup>26</sup> Integrovaný regionální operační program (IROP) je spravován Ministerstvem pro místní rozvoj ČR a Centrem pro regionální rozvoj.

<sup>27</sup> NUTS – Nomenklatura územních statistických jednotek



V případě čistíren odpadních vod se jedná především o pozice: vodárenský dělník, strojník vodohospodářských zařízení, technickohospodářští pracovníci, provozní elektrikář, řidiči nákladních vozidel apod. Počty zaměstnanců se pochopitelně liší v závislosti na velikosti daného provozu. Skutečné počty pracovníků vycházejí z dat provozovatelů vzorku ČOV, a to ve výši od 4–21 zaměstnanců.

Dopady jsou v analýze zohledněny po celou dobu referenčního období.

*Tabulka 28 Hodnoty dopadu vzniku nových pracovních míst (vlastní zpracování)*

Název pozice	CZ-NUTS II	Hodnota dopadu
Techničtí a odborní pracovníci	Jihovýchod	402 826 Kč
Obsluha strojů a zařízení, montéři	Jihovýchod	301 450 Kč
Pomocní a nekvalifikovaní pracovníci	Jihovýchod	223 157 Kč

*Tabulka 29 Výsledky ekonomické analýzy se započítáním úspory nákladů státu na politiku zaměstnanosti (vlastní zpracování)*

ČOV	ENPV <sub>3</sub> (Kč)	EIRR <sub>3</sub> (%)	EIR <sub>3</sub>	DN <sub>3</sub> (počet let)
ČOV_1	1 208 761 753,76	66,19	2,6383	1,77
ČOV_2	191 444 832,82	25,39	1,2999	4,41
ČOV_3	-64 701 756,63	-0,03	-0,4084	nelze vypočítat
ČOV_4	32 972 242,53	13,3	0,6603	9,82
ČOV_5	79 772 169,37	24,7	1,3181	4,66
ČOV_6	313 346 398,07	49,41	2,3846	1,93
ČOV_7	712 940 095,33	188,6	5,3218	1,39
ČOV_8	181 938 481,75	24,02	1,2293	4,73
ČOV_9	16 485 625,40	10,78	0,5074	12,6
ČOV_10	36 284 734,95	8,02	0,2437	17,37
ČOV_11	124 025 888,56	23,94	1,2908	4,86
ČOV_12	-19 878 517,23	2,57	-0,2195	nelze vypočítat

ČOV	ENPV <sub>3</sub> (Kč)	EIRR <sub>3</sub> (%)	EIR <sub>3</sub>	DN <sub>3</sub> (počet let)
ČOV_13	10 314 694,36	9,47	0,4284	14,67
ČOV_14	98 103 929,63	20,16	1,0583	5,96
ČOV_15	509 422,30	5,13	0,0113	29,11
ČOV_16	10 122 930,89	6,8	0,1523	20,96
ČOV_17	807 870 265,92	163,53	4,8054	1,43
ČOV_18	333 508 018,37	78,53	3,0204	1,7
ČOV_19	32 543 902,26	10,97	0,484	12,23
ČOV_20	17 244 315,54	14,42	0,8062	9,11
ČOV_21	71 705 094,69	18,26	0,9296	6,68
ČOV_22	-1 279 354,41	4,73	-0,0233	nelze vypočítat
ČOV_23	-14 392 774,80	3,87	-0,0932	nelze vypočítat
ČOV_24	9 461 521,78	9,71	0,4356	14,2
ČOV_25	6 461 252,99	8,33	0,3191	16,85
ČOV_26	34 311 158,97	32,56	1,8726	3,52
ČOV_27	103 562 077,99	17,85	0,9057	6,86
ČOV_28	7 973 450,95	8,99	0,3727	15,47
ČOV_29	-6 429 630,87	4,07	-0,0794	nelze vypočítat
ČOV_30	-3 401 855,26	4,18	-0,0722	nelze vypočítat
ČOV_31	16 179 344,06	13,02	0,6882	10,19

ČOV	ENPV <sub>3</sub> (Kč)	EIRR <sub>3</sub> (%)	EIR <sub>3</sub>	DN <sub>3</sub> (počet let)
ČOV_32	34 389 079,51	14,27	0,725	9,05
ČOV_33	3 293 731,04	5,85	0,0752	24,96
ČOV_34	117 517 364,39	30,52	1,5915	3,52
ČOV_35	13 533 344	8,11	0,2619	17,2
ČOV_36	-7 815 712,31	2,63	-0,2158	nelze vypočítat
ČOV_37	3 351 318,46	5,5	0,0414	26,79
ČOV_38	11 596 095,22	7,86	0,2542	17,91

Simulace socio-ekonomického dopadu ve formě tvorby nových pracovních míst v ekonomické analýze přineslo nárůst počtu zkoumaných čistíren vykazujících zvýšené hodnoty ekonomických ukazatelů. Kladná ekonomická čistá současná hodnota byla zaznamenána u 31 čistíren, z celkového počtu 38 vzorků se tak jedná o téměř 82% podíl. Při provedené základní ekonomické analýze bylo efektivních pouze 5 ČOV, se zohledněním standardně používaných ekonomických dopadů doplněných o další přínosy ve formě preventivních výdajů na pořízení domácích čistíren odpadních vod a přínosů z vytvoření nových pracovních míst se jejich počet zvýšil 6,2násobek.

Nad rámec výše kvantifikovaných dopadů lze část ekonomické analýzy nákladů a užitků doplnit o dalších relevantní náklady a přínosy, a to vždy s ohledem na dané sociální, geografické, demografické, politické a další vlivy. Dopady mohou být opět kvantifikovány ve finančních jednotkách (pokud je to možné) nebo pouze slovně vyjádřeny. Textová část by pak doplňovala provedenou ekonomickou analýzu a mohla být hrát roli v rozhodování o přijetí či zamítnutí investičního záměru.

Další vhodné socioekonomické dopady vztahující se k projektům vodohospodářských staveb mohou být tyto následující:

- Vlivem výstavby nové ČOV dojde ke zvýšení atraktivity dané lokality a tím také k nárůstu cen nemovitostí. Výpočet dopadů by v takovém případě mohl být proveden pomocí kontingenční oceňovací metody – Willingness to Pay.

- V případě nedostatečných dodávek pitné vody či při její zhoršené kvalitě jsou obyvatelé dané lokality nuceni kupovat balené pitné vody. Hodnota dopadu by pak byla vypočítána pomocí metody preventivních výdajů, např. cena za 1 l balené vody = 15 Kč, spotřeba 1,5 l/osoba/den.
- Metodu preventivních výdajů lze využít také v případě stanovení hodnoty dopadů ve formě úspory nákladů na údržbu a provoz studní, jímek apod., které jsou využívány především u rekreačních objektů nebo tam, kde není možné připojení na veřejnou kanalizační síť.
- V současné době jsou stále častěji využívány alternativní způsoby čištění odpadních vod, jako jsou např. kořenové (vegetační) čistírny. Ty jsou využívány zejména v obcích, kde není vyřešena centrální kanalizace. Výpočet hodnoty dopadu by byl obdobný jako v případě pořízení domácí čistírny odpadních vod, tedy pomocí metody preventivních výdajů. Internetové stránky zabývající se problematikou vegetačních čistíren uvádějí počáteční investiční náklady ve výši až 200 tis. Kč<sup>28</sup> pro rodinný dům.
- Snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem vybudování nové vodohospodářské infrastruktury. Pro ocenění škod na životním prostředí by bylo možné použít také kontingentní oceňovací metodu, která je v této oblasti nejpoužívanější, ale její provedení je poměrně složité a časově náročné. Metoda je založena na vytvoření hypotetického trhu, na kterém se zkoumá vzorek spotřebitelů, ti se vyjadřují ke své ochotě platit a k ochotě přijímat kompenzace.
- Snížení negativního vlivu na životní prostředí prostřednictvím vypouštění menšího objemu kontaminantů do odpadních vod. Hodnota dopadu může být vyčíslena ve formě nákladů na nákup chemikálií potřebných úpravu odpadních vod. Ačkoliv se z finančního hlediska jedná o náklady, v případě socioekonomického dopadu by tato hodnota byla brána jako užitek. V tomto případě by byly využity stínové ceny.

V provedené ekonomické analýze byly pro všechny čistírny odpadních vod v daném vzorku použity stejné dopady, v běžné praxi je však nezbytné vždy přistupovat individuálně ke každému jednotlivému investičnímu záměru. Pokud by se např. jednalo o modernizaci ČOV nemusely by být zohledněny přínosy ve formě vytvoření nových pracovních míst, neboť počet zaměstnanců provozu by zůstal zachován. Přesto provedené simulace prokazují významnost a potřebnost analýzy nákladů a přínosů, a to jak její finanční, tak také ekonomické části, při investičním rozhodování u projektů s celospolečenskými přínosy.

---

<sup>28</sup> Dostupní z [on-line 1.8.2020]: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-funguje-korenova-cisticka-odpadnich-vod-a-na-kolik-nas-prijde-27726.html>

### 10.4.3 Výpočet přírůstku k celospolečenskému přínosu

Pro stanovení hodnoty přírůstku k celospolečenskému přínosu lze vycházet ze vzorce pro výpočet celoživotních nákladů (Whole Life Costs, WLC), který zahrnuje všechny současné i budoucí náklady a užitky v průběhu celého životního cyklu (Korytářová a Hromádka, 2014) a poměruje zejména nákladovou stránku projektů.

Ukazatel ekonomické čisté současné hodnoty lze popsat následujícím vztahem:

$$ENPV = \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r)^i} \left( \sum_{j=1}^t CF_{ji} + \sum_{k=1}^u (SB_{ki} - SC_{ki}) + \sum_{m=1}^v (PEX_{mi} - NEX_{mi}) \right)$$

Kde:

(10.2)

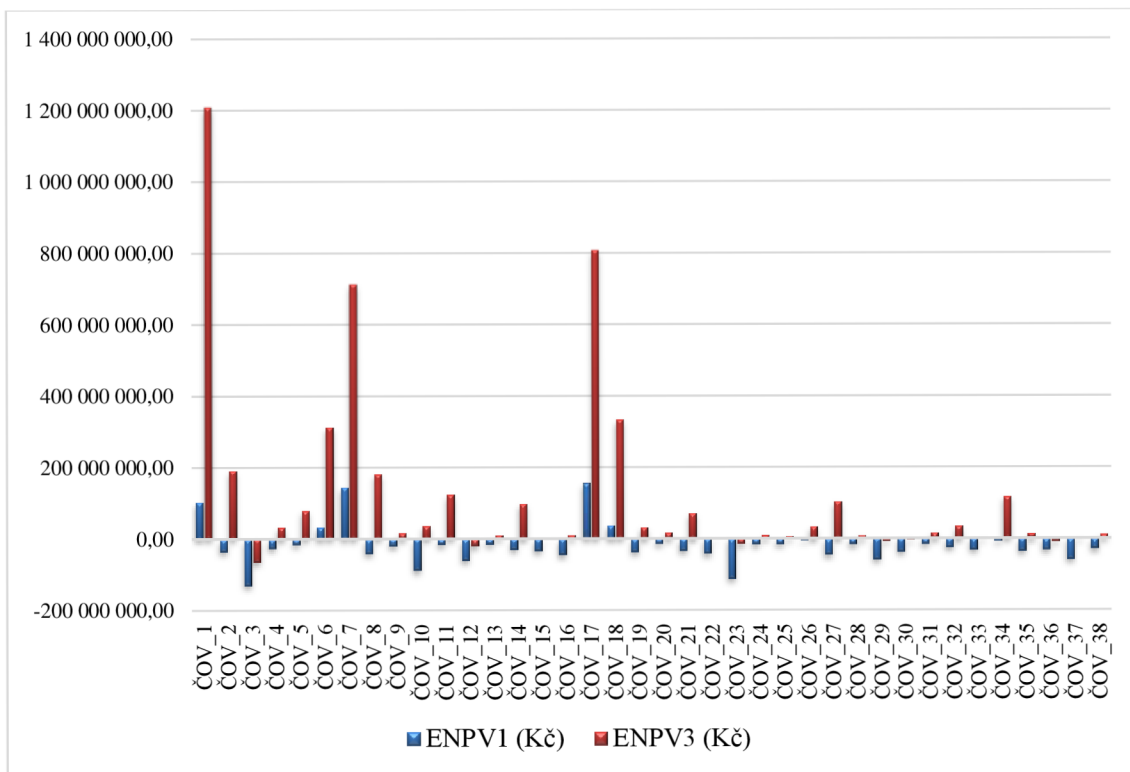
- ENPV ekonomická čistá současná hodnota
- $CF_{ji}$  j – té peněžní toky v i – tém období v peněžních jednotkách
- $SB_{ki}$  k-té sociální přínosy v i – tém období v peněžních jednotkách
- $SC_{ki}$  k – té sociální náklady v i – tém období v peněžních jednotkách
- $PEX_{mi}$  m – té pozitivní externality v i – tém období v peněžních jednotkách
- $NEX_{mi}$  m – té negativní externality v i – tém období v peněžních jednotkách
- r diskontní sazba v %/100
- n hodnocená délka období v letech
- t – té peněžní toky
- u – té sociální náklady nebo přínosy
- v – té negativní nebo pozitivní externality

Jedním z cílů disertační práce je vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu, kterou lze v tomto případě chápat jako rozdíl hodnoty ukazatele ekonomické čisté současné hodnoty ( $ENPV_1$ ) při standardní analýze a ukazatele ( $ENPV_3$ ), ve kterém jsou již zohledněny další navržené socioekonomické dopady. V následující tabulce jsou tak vypočítány přírůstky k celospolečenskému přínosu (v absolutní hodnotě) všech zkoumaných čistíren odpadních vod. Cílem výpočtu přírůstku k celospolečenskému přínosu je v tomto případě názorná ukázka, do jaké míry jsou ovlivněny výsledky ekonomické čisté současné hodnoty v závislosti na výběru socioekonomických dopadů. Ačkoliv některé čistírny z vybraného vzorku nevykázaly kladné hodnoty ani při vyčíslení ukazatele  $ENPV_3$ , přesto jsou jejich hodnoty přírůstku k celospolečenskému přínosu v řádech desítek milionů korun. Rozpětí hodnot přírůstku k celospolečenskému přínosu v absolutních hodnotách se pohybuje od 22,276 mil. Kč až do 1 105,333 mil. Kč.

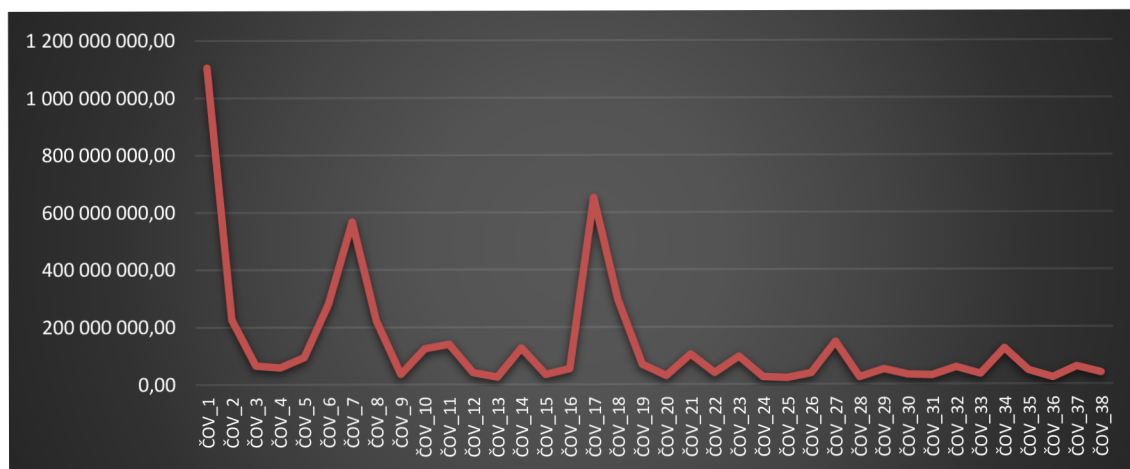
Tabulka 30 Vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu (vlastní zpracování)

Označení	ENPV <sub>1</sub> (Kč)	ENPV <sub>3</sub> (Kč)	Přírůstek k celospolečenskému přínosu (Kč) – v absolutní hodnotě
ČOV_1	103 428 702,15	1 208 761 753,76	<b>1 105 333 051,61</b>
ČOV_2	-34 823 690,45	191 444 832,82	<b>226 268 523,30</b>
ČOV_3	-130 143 237,59	-64 701 756,63	<b>65 441 480,96</b>
ČOV_4	-25 928 326,60	32 972 242,53	<b>58 900 569,13</b>
ČOV_5	-15 474 530,28	79 772 169,37	<b>95 246 699,65</b>
ČOV_6	33 032 282,19	313 346 398,07	<b>280 314 115,88</b>
ČOV_7	144 763 732,95	712 940 095,33	<b>568 176 362,40</b>
ČOV_8	-40 154 991,36	181 938 481,75	<b>222 093 473,10</b>
ČOV_9	-19 336 194,61	16 485 625,40	<b>35 821 820,01</b>
ČOV_10	-88 164 120,63	36 284 734,95	<b>124 448 855,60</b>
ČOV_11	-16 056 210,18	124 025 888,56	<b>140 082 098,70</b>
ČOV_12	-60 919 149,92	-19 878 517,23	<b>41 040 632,69</b>
ČOV_13	-15 046 305,76	10 314 694,36	<b>25 790 907,88</b>
ČOV_14	-29 476 213,52	98 103 929,63	<b>127 580 143,20</b>
ČOV_15	-34 129 466,88	509 422,30	<b>34 638 889,13</b>
ČOV_16	-44 741 756,51	10 122 930,89	<b>54 864 687,40</b>
ČOV_17	156 913 584,57	807 870 265,92	<b>650 956 681,40</b>
ČOV_18	37 741 294,33	333 508 018,37	<b>295 766 724</b>
ČOV_19	-36 631 929,05	32 543 902,26	<b>69 175 831,31</b>
ČOV_20	-13 358 691,84	17 244 315,54	<b>30 603 007,38</b>

Označení	ENPV <sub>1</sub> (Kč)	ENPV <sub>3</sub> (Kč)	Přírůstek k celospolečenskému přínosu (Kč) – v absolutní hodnotě
ČOV_21	-33 352 972,70	71 705 094,69	<b>105 058 067,40</b>
ČOV_22	-41 276 224,50	-1 279 354,41	<b>39 996 870,09</b>
ČOV_23	-111 587 831,17	-14 392 774,80	<b>97 195 056,37</b>
ČOV_24	-15 945 867,74	9 461 521,78	<b>25 407 389,52</b>
ČOV_25	-15 814 848,99	6 461 252,99	<b>22 276 101,98</b>
ČOV_26	-4 340 417,20	34 311 158,97	<b>38 651 576,17</b>
ČOV_27	-44 452 615,88	103 562 077,99	<b>148 014 693,90</b>
ČOV_28	-16 181 423,54	7 973 450,95	<b>24 154 874,49</b>
ČOV_29	-58 928 456,49	-6 429 630,87	<b>52 498 825,62</b>
ČOV_30	-37 136 150,23	-3 401 855,26	<b>33 734 294,97</b>
ČOV_31	-15 351 452,25	16 179 344,06	<b>31 530 796,31</b>
ČOV_32	-24 372 321,29	34 389 079,51	<b>58 761 400,80</b>
ČOV_33	-31 901 831,50	3 293 731,04	<b>35 195 562,54</b>
ČOV_34	-7 256 217,32	117 517 364,39	<b>124 773 581,70</b>
ČOV_35	-34 770 431,58	13 533 344	<b>48 303 775,58</b>
ČOV_36	-31 135 576,80	-7 815 712,31	<b>23 319 864,49</b>
ČOV_37	-58 077 475,44	3 351 318,46	<b>61 428 793,90</b>
ČOV_38	-28 400 774,90	11 596 095,22	<b>39 996 870,12</b>



Obrázek 7 Grafické znázornění výše ENPV<sub>1</sub> a ENPV<sub>3</sub> jednotlivých ČOV



Obrázek 8 Grafické znázornění výše přírůstku k celospolečenskému přínosu v absolutní hodnotě jednotlivých ČOV



## 11 METODA DATOVÝCH OBALŮ

### 11.1 Základní princip a vymezení metody

Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) představuje **nástroj hodnocení efektivity, výkonnosti nebo produktivity homogenních produkčních jednotek**, a to na základě velikosti vstupů a výstupů. V současné době se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod pro měření efektivity variabilních vstupů a výstupů. DEA se řadí mezi neparametrické metody, neboť je výsledkem odhadu efektivní hranice vypočítán pomocí matematického programování, nikoliv funkčním přepisem (Kneip a kol., 1998). V případě čistíren odpadních vod tak DEA umožňuje vyhodnotit účinnost zvoleného vzorku pomocí srovnávacích postupů (Molinos-Senante, 2011).

Homogenními produkčními jednotkami lze chápat soubory jednotek, které se zabývají produkcí identických nebo ekvivalentních efektů označovaných jako výstupy, ty jsou chápány jako žádoucí, neboť přispívají ke zvýšení efektivity dané jednotky. Na druhé straně pak lze identifikovat vstupy spotřebovávané produkčními jednotkami s minimalizační povahou vedoucí ke snížení výkonnosti sledované jednotky. Snížení hodnoty vstupů pak logicky povede ke zvýšení efektivity jednotky a naopak (Jablonský a Dlouhý, 2004).

Podmínkou pro výběr homogenních jednotek je jejich vzájemná srovnatelnost, měli by využívat obdobné vstupy k produkci stejných výstupů. Typickým příkladem mohou být pobočky bank, nemocnice, výzkumné organizace, oblasti veřejných služeb, prodejny, podnikové útvary apod. Vzorek pro porovnání metodou DEA musí být dostatečně velký, jinak by mohlo dojít k mylné identifikaci jednotky jako efektivní v porovnání s ostatními produkčními jednotkami (Fiala, 2008).

Cílem DEA, která se řadí mezi metody vícekritériálního rozhodování, je rozdělení zkoumaného vzorku produkčních jednotek podle velikosti vstupů a výstupů na efektivní a neefektivní (Jablonský a Dlouhý, 2004).

*„DEA modely vycházejí z toho, že pro daný problém existuje tzv. množina přípustných možností, tvořená všemi možnými kombinacemi vstupů a výstupů. Množina přípustných možností je určena tzv. efektivní hranicí. Produkční jednotky, jejichž kombinace vstupů a výstupů leží na efektivní hranici, jsou efektivními jednotkami, protože se nepředpokládá, že by mohla reálně existovat jednotka, která dosáhne stejných výstupů s nižšími vstupy, případně vyšších výstupů s nižšími vstupy“ (Jablonský a Dlouhý, 2004, str.72).*

V případě pouze jednoho vstupu a jednoho výstupu je efektivita vypočítána poměrem výstupu ku vstupu. V praxi však bývá spotřebováno různé množství vstupů k produkci více výstupů, které nejsou navzájem v souladu (Molinos-Senante, 2011). Pro stanovení efektivnosti produkčních jednotek označených jako  $U_1, U_2$  až  $U_n$  s  $r$  výstupy a  $m$  vstupy lze míru efektivnosti vyjádřit jako:

$$\frac{\text{vážený počet výstupů}}{\text{vážený počet vstupů}} = \frac{\sum_i u_i y_{iq}}{\sum_j v_j x_{jq}} \quad (11.1)$$

Kde:

- $v_j, j = 1, 2, \dots, m$  = váhy přiřazené  $j$ -tému vstupu
- $u_i, i = 1, 2, \dots, r$  = váhy přiřazené  $i$ -tému výstupu

Základním předpokladem pro měření efektivity je z obecného hlediska nalezení optimálního systému vah všech jednotek. Rozdílnost vstupů a výstupů však vede k nutnosti stanovení rozdílných vah, které se ukázalo jako velmi obtížné a nevyhovující.

Metoda datových obalů však pracuje s tzv. relativní efektivitou cílové jednotky (v literatuře též označované jako relativní technická efektivita nebo koeficient technické efektivity), která maximalizuje efektivitu dané jednotky za podmínky, že efektivita všech jednotek jsou menší nebo rovny 1. Na této hranici se tedy nacházejí všechny efektivní jednotky a efektivní hranice tak tvoří obal dat (Jablonský a Dlouhý, 2004). Zjednodušeně řečeno, nejefektivnější jednotka zkoumané skupiny je rovna 1, všechny ostatní jednotky jsou pak porovnávány vůči této nejefektivnější jednotce. Pokud je hodnota koeficientu technické efektivity menší než 1, je ve skupině jednotek alespoň jedna lepší jednotka (Brožová a kol., 2003).

Relativní technická efektivita je stanovena jako poměr celkové vážené produkce a celkové vážené spotřeby vstupů a naopak. Míra technické efektivity je dána následujícím vztahem:

$$\Phi_k = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jk} y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}, k = 1, \dots, p \quad (11.2)$$

Kde:

- $u_{ik}$  = individuální váhy jednotlivých vstupů
- $v_{jk}$  = individuální váhy jednotlivých výstupů

Z textu uvedeného výše vyplývá, že hlavními výsledky metody jsou koeficienty technické efektivity jednotlivých jednotek, ze kterých lze vyčíst, jaké jednotky jsou efektivní a které nikoliv. Na základě těchto údajů je pak pro každou neefektivní jednotku určena míra snížení vstupů nebo zvýšení výstupů, které by bylo nezbytné upravit tak, aby byla daná jednotka efektivní (Jablonský a Dlouhý, 2004).

Základní principy pro použití metody DEA lze shrnout do několika následujících bodů:

- definice homogenních produkčních jednotek, které produkují stejné nebo alespoň srovnatelné výstupy za použití srovnatelných vstupů;
- výběr vhodných vstupů a výstupů;
- preference nižších vstupů a vyšších výstupů pro hledání nejefektivnější jednotky;
- každá jednotka by měla mít min. jeden pozitivní vstup a jeden pozitivní výstup (tzv. semipozitivní data).

(Cooper a kol., 2007; Jablonský a Dlouhý, 2004)

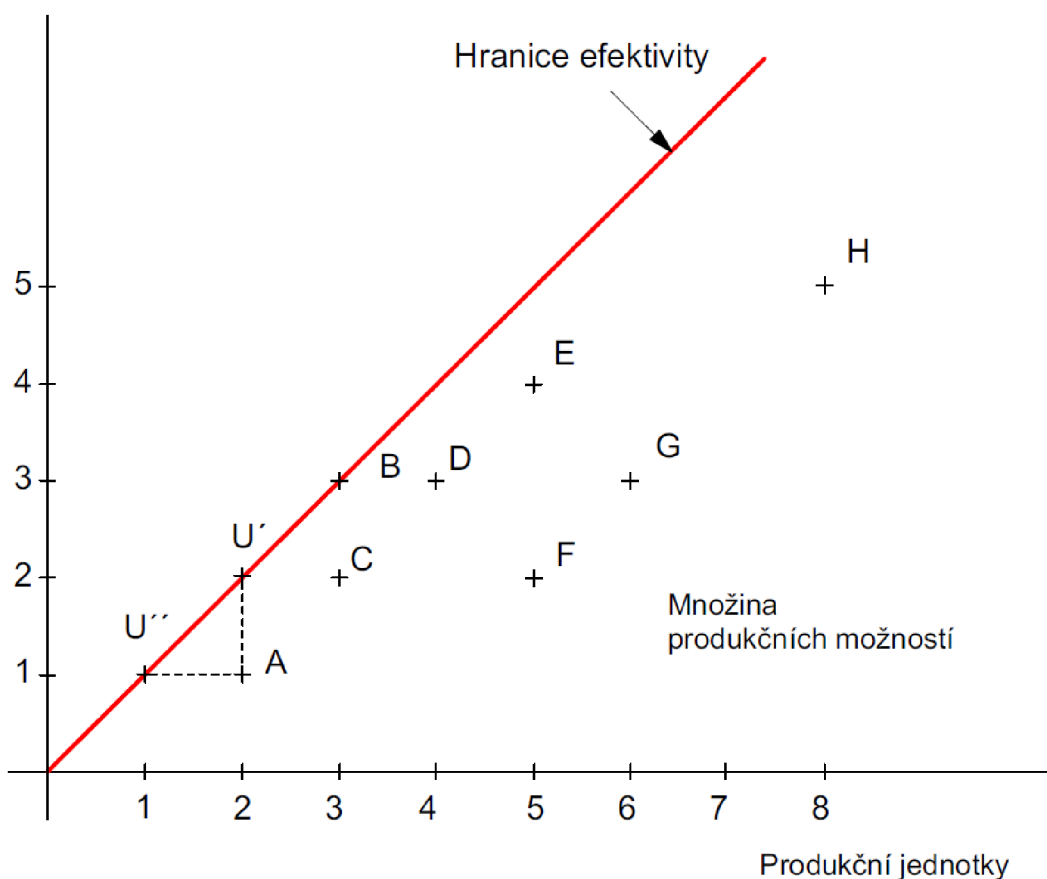
## **11.2 Výnosy z rozsahu**

Výslední tvar efektivní hranice je závislý na volbě výnosů z rozsahu, zda jsou konstantní či variabilní. Výnosy z rozsahu popisují vztah mezi proporcionální změnou výrobních faktorů (Jablonský a Dlouhý, 2004).

### **11.2.1 Konstantní výnosy z rozsahu**

Pokud je jednotka s kombinací vstupů a výstupů  $(x,y)$  prvkem množiny přípustných možností, pak je prvkem této množiny  $(ax, ay)$ , kde  $a > 0$ . Efektivní hranici v případě konstantních výnosů z rozsahu tvoří přímka (Cooper a kol., 2007). Na následujícím obrázku je zobrazen ilustrační příklad porovnávající vstupy a výstupy, na ose  $x$  se nachází vybraný provozní náklad produkční jednotky (v tomto případě ČOV) v Kč a na ose  $y$  pak množství přečištěné vody v  $m^3$ . Jedinou efektivní jednotkou je B, která leží přímo na efektivní hranici, ostatní jednotky jsou pak samozřejmě neefektivní.

Množství přečištěné vody

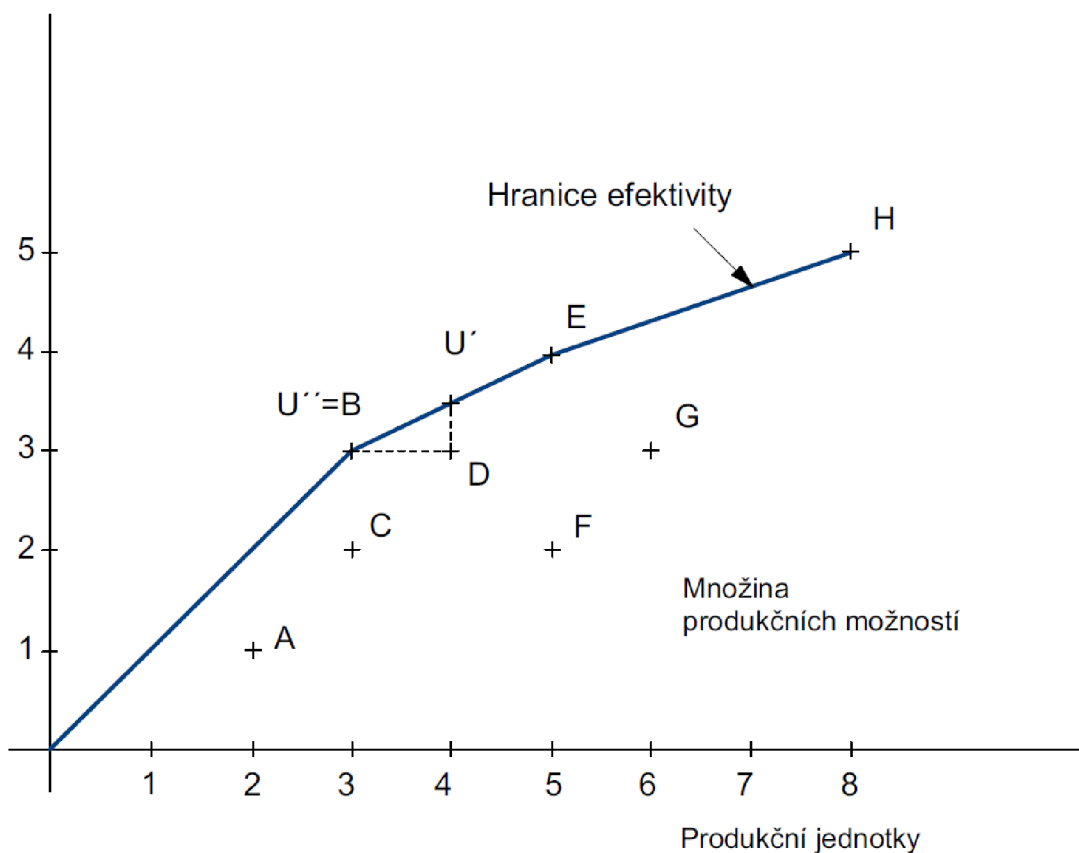


Obrázek 9 Množina produkčních možností – konstantní výnosy z rozsahu (Cooper a kol., 2007; vlastní zpracování)

### 11.2.2 Variabilní výnosy z rozsahu

Efektivní hranice má konvexní obal dat, jak je patrné na příkladu v následujícím obrázku, efektivních jednotek je více než v případě konstantních výnosů z rozsahu. Za efektivní lze v tomto případě označit jednotky B, E i H. Současně platí, že jednotka bude efektivní i když poměrný nárůst výnosů bude nižší případně vyšší než odpovídající nárůst vstupů.

Množství přečištěné vody



Obrázek 10 Množina produkčních možností – variabilní výnosy z rozsahu (Cooper a kol., 2007; vlastní zpracování)

### 11.3 Hodnocení jednotek s více vstupy a výstupy

Při simulaci metody datových obalů je nutné zohlednit množství vstupů a výstupů, v zásadě se rozlišují tyto varianty: jeden vstup a jeden výstup, dva vstupy a jeden výstup, jeden výstup a dva vstupy a varianta s více vstupy i výstupy. S poslední jmenovanou variantou se lze v praxi setkat nejčastěji, a to i v případě hodnocení jednotek ČOV, jak je simulováno v následujících kapitolách této práce. V tomto případě lze pro vyjádření míry efektivity použít vztah popsáný v následujícím vzorci (11.3).

$$e_k = \frac{\sum_{j=1}^n u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}, k = 1, 2, \dots, p \quad (11.3)$$

Kde:

- $u_j, v_i$  – jednotné váhy vstupů a výstupů pro všechny hodnocení jednotky
- $x_{ik}$  – velikost  $i$ -tého vstupu pro  $k$ -tou jednotku
- $y_{jk}$  – velikost  $j$ -tého výstupu pro  $k$ -tou jednotku
- $p$  – celkový počet hodnocených jednotek

Vstupní údaje je možné vyjádřit také pomocí kriteriální matice, ve které budou sloupce odpovídat vstupům dle minimalizačního kritéria a sloupce výstupů minimalizačnímu kritériu.

Tabulka 31 Příklad zadání vstupní matice při více vstupech a více výstupech (Jablonský a Dlouhý, 2004; vlastní zpracování)

	Vstupy				Výstupy			
	$X_1$	$X_2$	...	$X_m$	$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_n$
S1	$x_{11}$	$x_{21}$	...	$x_{m1}$	$y_{11}$	$y_{21}$	...	$y_{n1}$
S2	$x_{12}$	$x_{22}$	...	$x_{m2}$	$y_{12}$	$y_{22}$	...	$y_{n2}$
.	.	.	...	.	.	.	...	.
.	.	.	...	.	.	.	...	.
.	.	.	...	.	.	.	...	.
Sp	$x_{1p}$	$x_{2p}$	...	$x_{mp}$	$y_{1p}$	$y_{2p}$	...	$y_{np}$

#### 11.4 Základní modely DEA

Metoda datových obalů nabízí poměrně široký výběr modelů, jejichž použití je závislé na dané situaci. Dva základními modely, které budou také v této práci aplikovány na konkrétní vzorek čistíren odpadních vod, jsou blíže popsány v následujícím textu.

### 11.4.1 Modely CCR

Své označení získal model CCR díky původcům tohoto prvního DEA modelu, autoři Charnes, Cooper a Rhodes navrhli v roce 1978 model maximalizující míru efektivnosti hodnocené jednotky  $U_q$ , která je vyjádřena jako podíl vážených výstupů a vážených vstupů, při dodržení podmínek, že míry efektivnosti všech ostatních jednotek jsou menší nebo rovny jedné. Pro každou takovou jednotku lze získat pomocí vah pro vstupy  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) virtuální výstup a pomocí vah pro vstupy  $u_i$  ( $i = 1, 2, \dots, r$ ) virtuální výstup:

- virtuální výstup =  $v_1x_{1q} + v_2x_{2q} + \dots + v_mx_{mq}$
- virtuální výstup =  $u_1y_{1q} + u_2y_{2q} + \dots + u_ry_{rq}$

Základní charakteristikou CCR modelu je optimalizační výpočet vah vstupů a výstupů tak, aby to bylo pro hodnocenou jednotku co nejpříznivější z hlediska její efektivnosti, a to za předpokladu dodržení podmínek maximální jednotkové efektivnosti všech ostatních jednotek. CCR model předpokládá konstantní výnosy z rozsahu a definuje tak kónický obal dat (Jablonský a Dlouhý, 2004).

#### Vstupově orientovaný CCR model

Model hledá takové množství vstupů pro zvýšení efektivnosti doposud neefektivní jednotky. V případě, že výsledkem simulace je koeficient technické efektivity menší než jedna, je nezbytné navrhnout takovou míru zmenšení vstupů, aby se daná jednotka stala posléze efektivní (Cooper a kol., 2007).

Obecné vymezení efektivnosti jednotky  $U_q$  lze formulovat pomocí následujícího matematického modelu. V případě, že hodnota  $z = 1$  lze označit jednotku za efektivní.

$$z = \frac{\sum_i^r u_i y_{iq}}{\sum_j^m v_j x_{jq}} \rightarrow \max. \quad (11.4)$$

Za podmínek:

$$\frac{\sum_i^r u_i y_{ik}}{\sum_j^m v_j x_{jk}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, n$$

$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

Pro získání lineárního optimalizačního modelu je nezbytné použít Charnes-Cooperovy transformaci a získat tak vztah:

$$z = \sum_i^r u_i y_{iq} \rightarrow \max. \quad (11.5)$$

Za podmínek:

$$\sum_i^r u_i y_{ik} \leq \sum_j^m v_j x_{jk}, k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_j^r u_i y_{iq} = 1 \quad (11.6)$$

$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

(Jablonský a Dlouhý, 2004)

### Výstupově orientovaný CCR model

Duálně sdružený model se nazývá CCR model orientovaný na výstupy – tento model vychází z předpokladu, že jednotka je neefektivní, jestliže je hodnota koeficientu technické efektivity vyšší než jedna. Určuje tedy takové množství výstupů, kterých je zapotřebí dosáhnout k tomu, aby mohla být jednotka považována za účinnou.

Matematický zápis výstupově orientovaného modelu je následující:

$$g = \sum_j^m v_j x_{jq} \rightarrow \min. \quad (11.7)$$

Za podmínek:

$$\sum_i^r u_i y_{ik} \leq \sum_j^m v_j x_{jk}, k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_j^r u_i y_{iq} = 1 \quad (11.8)$$



$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

### 11.4.2 Model BCC

V roce 1984 došlo k modifikaci modelu CCR, který pracuje s konstantními výnosy z rozsahu, na model BCC (autoři Banker, Charnes a Cooper). Tento nový model již uvažuje variabilní výnosy z rozsahu, tedy klesající, rostoucí nebo také konstantní. Od kónického obalu dat u modelu CCR došlo ke změně na tvar konvexní, díky kterému je jako efektivní označen vyšší počet zkoumaných jednotek. Také v tomto případě se rozlišuje vstupově a výstupově orientovaný BCC model (Dlouhý a Jablonský, 2004).

#### Vstupově orientovaný BCC model

Stejně jako v případě vstupově orientovaného CCR modelu, tak i zde platí, že vstupově orientovaný BCC model je zaměřen na minimalizaci vstupů při zachování stávajícího objemu produkce výstupů. Matematický model vstupově orientovaného BCC modelu má následující tvar:

$$z = \sum_i^r u_i y_{iq} + \mu \rightarrow \max. \quad (11.9)$$

Za podmínek:

$$\sum_i^r u_i y_{ik} + \mu \leq \sum_j^m v_j x_{jk}, k = 1, 2, \dots, n \quad (11.10)$$

$$\sum_j^m v_j x_{jq} = 1$$

$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

$\mu$  – libovolné

## Výstupově orientovaný BCC model

Matematický zápis výstupově orientovaného BCC modelu, který je cílen na maximalizaci výstupů při zachování stávajícího množství vstupů, je následující:

$$g = \sum_j^m v_j x_{jq} + v \rightarrow \min. \quad (11.11)$$

Za podmínek:

$$\sum_i^r u_i y_{ik} \leq \sum_j^m v_j x_{jk} + v, k = 1, 2, \dots, n \quad (11.12)$$

$$\sum_i^r u_i y_{iq} = 1$$

$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

$v$  – libovolné

### 11.5 Silné a slabé stránky DEA

Jako každá jiná metoda hodnocení, tak také DEA vykazuje při své aplikaci jisté výhody a nevýhody, jejichž přehled je popsán v následujícím textu.

#### Silné stránky

- Jednou z nejsilnějších stránek metody je práce s vícenásobnými vstupy a výstupy bez nutnosti jejich agregace (Jablonský, Dlouhý, 2004).
- Metoda nevyžaduje specifikaci vzájemných vazeb ani hypotézy produkčních vztahů (Banker a kol., 1984).
- Produkční jednotky nebo dílčí parametry jsou jednoduše navzájem porovnávány (Charnes a kol., 1996).
- Produkční jednotky mohou být vyjádřeny v různých jednotkách, není tedy nutné je složitě vyčíslit např. v Kč či jiných jednotkách jako je tomu u metody CBA.

## Slabé stránky

- Dle autorů Medal a Sala (2011) je jednou ze slabých stránek metody DEA skutečnost, že metoda je zaměřena zejména na technickou účinnost a cenovou položku považuje jen jako jeden z výstupů či vstupů.
- Při každé simulaci je nezbytné zařadit veškeré vstupy a výstupy, které jsou pro danou jednotku nejdůležitější, neboť jejich absence může výrazně ovlivnit výslednou efektivnost (Kneip a kol., 1998).
- Jak uvádí Banker (1984) metoda je citlivá na počet vstupů a výstupů vzhledem k množství zkoumaných jednotek. Obecně platí, že čím je počet vstupů a výstupů vyšší, tím by měl být větší i vzorek produkčních jednotek.
- Vzorek zkoumaných jednotek by měl být současně co nejvyšší, aby nedošlo k mylnému označení jednotky za efektivní vzhledem k principu metody srovnání všech jednotek vzhledem k té nejefektivnější (Medal a Sala, 2011).

## 12 APLIKACE METODY DEA

Metoda datových obalů představuje jednu z možností hodnocení technicko-ekonomické efektivity projektů čistíren odpadních vod, jak bylo podrobně popsáno v kapitole č. 6. Analýza vědeckých prací a odborných článků zejména zahraničních autorů prokázala, že lze tento nástroj vícekriteriálního hodnocení založeného na lineárním programování úspěšně aplikovat pro tento druh projektů.

Vybraný vzorek čistíren odpadních vod byl analyzován čtyřmi základními modely DEA pro stanovení výsledné efektivity, konkrétně se jednalo o modely CCR a BCC vstupově i výstupově orientované. Vzhledem k tomu, že modely CCR pracují s konstantními výnosy z rozsahu, zatímco modely BCC s variabilními, bude počet efektivních jednotek v případě modelu CCR stejný nebo nižší než v případě BCC. Výsledná efektivity produkčních jednotek je hodnocena na stupnici do jedné, pokud je tedy skóre rovno 1, pak lze danou jednotku označit za efektivní. Skóre nižší než 1 pak indikuje neefektivnost jednotky.

Postup aplikace metody lze rozdělit do několika dílčích kroků, a to konkrétně:

- Výběr softwaru pro hodnocení efektivity.
- Definice množiny produkčních jednotek.
- Identifikace vstupů a výstupů.
- Simulace modelů CCR a BCC, vyjádření efektivní hranice, interpretace výsledků a návrh na zvýšení efektivity.

### 12.1 Software pro hodnocení efektivity

Řešitelé analýzy DEA si mohou vybrat mezi několika počítačovými simulacemi. Obecně jsou často využívány systémy umožňující modelování pomocí lineárních, nelineárních nebo celočíselných úloh, které podporují různé optimalizační řešitele (systém LINGO, OPL Studio, Visual EPRESS aj.). Z profesionálních softwarů pak lze jmenovat Frontier Analyst (Banxia Software), který nabízí několik verzí lišících se počtem simulovaných jednotek, od kterých je pak také odvíjena cena licence za využívání programu. Systém nabízí řadu výstupních informací, od míry efektivity hodnocených jednotek, až po návrh charakteristik ve formě grafů a tabulek, který by musely být změněny, aby se daná jednotka stala efektivní (Jablonský a Dlouhý, 2004).

Další skupinu tvoří doplňkové aplikace MS Excel, které umožňují jednoduše nahrávat standardní .xls soubory. Jedním z těchto typů je také platforma DEA-Solver, který je k dispozici ve dvou verzích: Learning Version (DEA-Solver-LV 8.0) a Professional Version (DEA-solver-PRO 10.0).

Pro účely simulace metody v této disertační práci byla zvolena volně dostupná verze DEA-Solver-LV 8.0, která nabízí až 28 různých modelů a pracuje s max. 50 produkčními jednotkami.

## **12.2 Definice množiny produkčních jednotek**

Homogenními produkčními jednotkami byly v tomto případě jednotlivé čistírny odpadních vod nacházející se na území České republiky, a to zejména v Jihomoravském kraji, jejichž přehled je zobrazen v kapitole č. 10. Na přání provozovatelů ČOV, kteří poskytli důležitá vstupní data pro tuto disertační práci, nejsou zveřejněny názvy čistíren, jednotky jsou zde označeny pouze číselně.

Jednotlivé čistírny spotřebovávají stejné vstupy a generují identické výstupy, což podporuje teorii o vhodnosti použití metody pro oblast projektů ve vodním hospodářství. Hodnoty vstupů a výstupů u každé z čistíren odrážejí nejen úroveň technického a technologického vybavení, ale také kapacitu zařízení, přírodní podmínky, počet a strukturu obyvatel, přítomnost průmyslových zón, strukturu sídel, ekonomických subjektů a řadu dalších faktorů.

Produkční jednotky, tedy čistírny odpadních vod, jsou ve výpočtových modelech označovány zkratkou DMU – z anglického slova Decision-making Unit. Jednotlivé modely jsou pak děleny na CCR/BCC – I (Input – vstup), CCR/BCC – O (Output – výstup).

## **12.3 Identifikace vstupů a výstupů**

V první řadě je nezbytné definovat vstupní a výstupní proměnné, které budou do analýzy vstupovat. Zde je názorně využito jedné ze silných stránek metody DEA spočívající v různém počtu vstupů a výstupů v různých jednotkách.

Vstupními hodnotami jsou roční provozní náklady v Kč, které zahrnují náklady na opravy a údržbu (jedná se o přímé dodavatelské služby, ale také o vnitropodnikové náklady včetně spotřeby materiálu), dále osobní náklady kmenové obsluhy ČOV, finanční náklady, odpisy majetku, spotřeba chemikálií na úpravu odpadních vod a ostatní náklady (např. vnitropodnikové náklady na provozování, náklady na likvidace kalů a jiných odpadů, dispečink, dodavatelské služby, laboratorní rozborů, výrobní a správní režie). Zvláště jsou pak vyčísleny náklady na spotřebu energií, které byly u většiny ČOV nejvýznamnější nákladovou položkou.

Stěžejními výstupními hodnotami je zejména množství přečištěné odpadní vody v m<sup>3</sup>/rok a dále pak množství odstraněného znečištění v tunách za rok, vypočítané jako rozdíl průměrného množství na přítoku a odtoku čistírny. Průměr hodnot byl stanoven na základě odebíraných vzorků v pravidelných měsíčních intervalech. Jedná se o průměrná množství těchto látek: BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní), CHSK (chemická spotřeba kyslíku), N<sub>NH4</sub> (amoniakální dusík), RAS (rozpuštěné anorganické soli), N<sub>anog</sub> (celkový anorganický dusík) a P<sub>c</sub> (celkový fosfor).

Přehled všech vstupních hodnot v roce 2019 je zobrazen v následujících tabulkách. V tomto formátu byly použity jako zdrojová data pro software DEA-Solver.

Tabulka 32 Vstupní hodnoty za rok 2019 pro simulaci metody DEA (vlastní zpracování)

Vstupní hodnoty pro rok 2019											
Označení	(I) Provozní náklady v Kč/rok	(I) Náklady na energie v Kč	(O) Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok	(O) BSK <sub>5</sub> v t/rok	(O) CHSK v t/rok	(O) NL v t/rok	(O) RAS v r/rok	(O) N <sub>NH<sub>4</sub></sub> v t/rok	(O) N <sub>anorg</sub> v t/rok	(O) N <sub>c</sub> v t/rok	(O) P <sub>c</sub> v t/rok
ČOV_01	17 298 923	3 141 569	2 598 360	684,30	1257,90	891,00	130,00	47,30	41,10	47,50	7,21
ČOV_02	5 458 195	982 475	700 251	156,10	332,60	189,40	15,00	37,50	36,60	42,80	9,60
ČOV_03	2 732 362	382 531	163 382	147,90	356,70	68,70	52,40	4,90	9,80	4,40	11,70
ČOV_04	1 758 866	228 653	132 415	64,90	129,40	166,00	20,32	5,50	2,00	4,35	8,50
ČOV_05	1 582 456	338 934	191 145	62,10	39,20	115,20	20,40	36,60	27,40	31,58	4,80
ČOV_06	36 249 084	864 638	220 998	56,10	132,60	89,40	17,70	37,30	36,60	42,80	9,50
ČOV_07	6 190 766	1 484 479	971 302	198,50	392,30	159,00	11,09	53,40	48,70	55,00	7,75
ČOV_08	4 129 174	867 127	419 006	164,30	320,50	187,00	30,00	39,20	37,60	44,40	6,40
ČOV_09	1 320 906	330 298	113 558	64,90	223,50	22,50	13,10	9,60	8,60	8,41	8,40
ČOV_10	2 791 215	440 761	269 540	56,40	108,80	59,80	5,10	18,10	17,10	15,00	2,20
ČOV_11	4 073 046	1 018 300	330 411	75,10	134,50	63,20	7,20	22,90	19,10	23,37	1,30
ČOV_12	2 498 735	574 709	125 029	79,80	160,20	32,00	3,60	9,20	8,60	5,60	8,00
ČOV_13	1 141 205	216 516	70 923	157,60	276,00	130,00	25,00	8,10	8,60	10,10	3,30
ČOV_14	4 993 277	793 021	245 166	221,50	392,50	174,20	10,00	56,40	49,20	37,70	7,60
ČOV_15	937 179	243 666	41 209	341,30	617,20	170,80	26,40	135,40	130,30	116,50	12,60
ČOV_16	1 351 237	274 945	92 248	98,00	179,50	84,50	35,10	28,80	27,20	29,90	2,30
ČOV_17	8 959 473	1 797 241	1 345 227	222,60	453,60	181,20	25,40	62,00	55,48	63,70	8,40
ČOV_18	5 760 837	1 372 607	989 023	173,80	398,00	183,20	12,00	45,70	44,10	51,00	8,00

Označení	(I) Provozní náklady v Kč/rok	(I) Náklady na energie v Kč	(O) Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok	(O) BSK <sub>5</sub> v t/rok	(O) CHSK v t/rok	(O) NL v t/rok	(O) RAS v r/rok	(O) N <sub>NH<sub>4</sub></sub> v t/rok	(O) N <sub>anorg</sub> v t/rok	(O) N <sub>c</sub> v t/rok	(O) P <sub>c</sub> v t/rok
ČOV_19	990 128	575 775	228 524	313,90	557,70	324,40	84,60	84,60	69,20	74,60	10,30
ČOV_20	184 042	188 155	63 882	133,70	267,00	96,30	40,90	54,50	34,90	18,30	2,80
ČOV_21	1 669 748	327 986	247 013	103,90	270,50	69,20	25,00	42,90	41,60	28,20	3,30
ČOV_22	386 592	302 282	79 771	192,80	482,70	178,50	33,50	64,70	56,90	52,54	7,40
ČOV_23	1 108 367	361 916	233 933	116,30	280,50	116,50	15,00	48,50	43,00	48,10	5,00
ČOV_24	419 493	173 761	52 711	206,90	405,80	225,90	130,00	62,30	49,70	65,90	5,50
ČOV_25	250 873	80 197	22 844	137,20	333,30	152,50	10,70	35,40	22,40	62,30	3,20
ČOV_26	341 352	200 493	95 766	112,40	236,70	83,80	20,00	24,60	24,70	25,40	2,10
ČOV_27	1 756 114	666 254	339 548	66,10	141,00	130,80	75,00	16,78	16,30	29,00	1,70
ČOV_28	369 113	62 718	23 890	171,10	339,50	63,30	13,90	49,30	33,60	16,90	7,10
ČOV_29	1 406 537	179 930	108 511	159,60	397,70	185,20	70,50	43,50	33,60	34,20	3,30
ČOV_30	900 677	205 634	36 722	234,60	483,20	152,70	23,10	99,20	87,40	55,00	9,10
ČOV_31	348 550	181 986	37 718	368,90	710,50	263,00	24,10	92,40	52,30	77,56	10,60
ČOV_32	1 031 255	557 268	167 413	330,30	679,40	328,70	43,50	89,70	43,50	45,10	13,60
ČOV_33	409 212	288 916	59 247	315,30	558,00	138,30	39,10	34,10	19,80	18,68	3,20
ČOV_34	1 558 706	772 156	259 569	396,50	792,60	401,80	257,00	85,90	80,60	77,40	13,90
ČOV_35	268 352	288 916	13 468	301,90	608,00	272,80	6,70	86,20	70,40	79,90	10,90
ČOV_36	323 874	134 690	19 955	451,00	916,60	452,80	14,60	114,00	102,90	97,70	11,90
ČOV_37	577 832	39 070	78 645	807,50	1766,80	985,80	60,60	111,90	108,40	120,70	25,20
ČOV_38	887 311	43 183	75 412	396,40	801,30	458,60	28,20	99,30	95,60	113,10	14,80

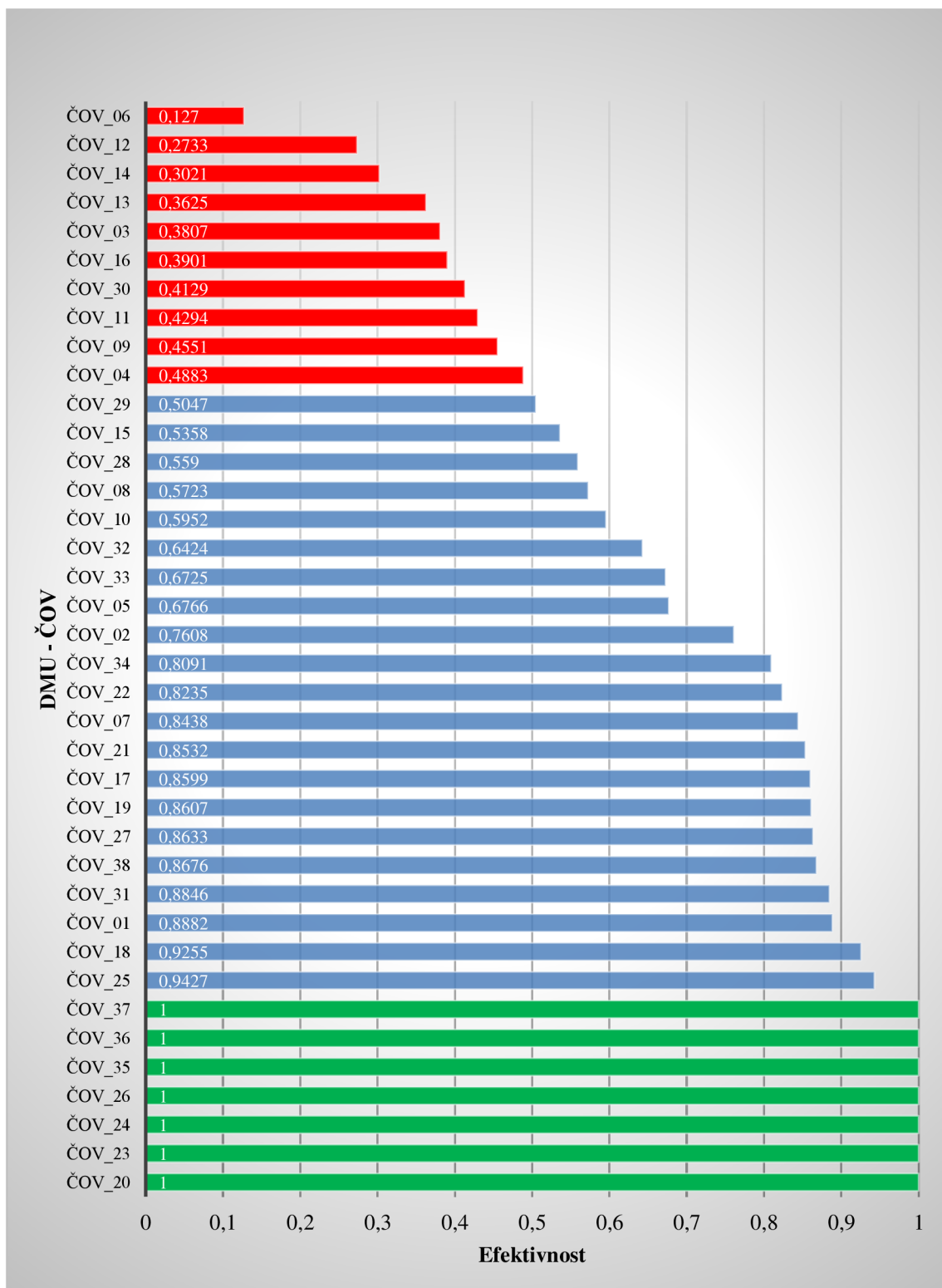


## 12.4 Simulace modelu CCR

Jako první byl simulován model CCR s konstantními výnosy z rozsahu pro stanovení technické efektivity vybraných čistíren odpadních vod s hodnotami vztaženými k roku 2019. Simulace vyhodnotila jako efektivních celkem 7 čistíren, těsně pod efektivní hranicí v rozmezí od 90 % - 99 % se nachází pouze dvě produkční jednotky. Pod 50 % hranicí efektivity se pohybuje 10 jednotek, jedna vykázala velmi nízkou efektivnost ve výši 12,70 %. Rozdělení jednotek na efektivní a neefektivní se zvýrazněním jednotek s účinností pod 50 % je ilustrováno v grafu pod tabulkou, opět se jedná o upravený výstup ze softwaru DEA-Solver.

Tabulka 33 Výpočet efektivity DMU pomocí modelu CCR (vlastní zpracování)

DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost	DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost
ČOV_20	1	1	efektivní	ČOV_02	0.7608	20	neefektivní
ČOV_23	1	1	efektivní	ČOV_05	0.6766	21	neefektivní
ČOV_24	1	1	efektivní	ČOV_33	0.6725	22	neefektivní
ČOV_26	1	1	efektivní	ČOV_32	0.6424	23	neefektivní
ČOV_35	1	1	efektivní	ČOV_10	0.5952	24	neefektivní
ČOV_36	1	1	efektivní	ČOV_08	0.5723	25	neefektivní
ČOV_37	1	1	efektivní	ČOV_28	0.559	26	neefektivní
ČOV_25	0.9427	8	neefektivní	ČOV_15	0.5358	27	neefektivní
ČOV_18	0.9255	9	neefektivní	ČOV_29	0.5047	28	neefektivní
ČOV_01	0.8882	10	neefektivní	ČOV_04	0.4883	29	neefektivní
ČOV_31	0.8846	11	neefektivní	ČOV_09	0.4551	30	neefektivní
ČOV_38	0.8676	12	neefektivní	ČOV_11	0.4294	31	neefektivní
ČOV_27	0.8633	13	neefektivní	ČOV_30	0.4129	32	neefektivní
ČOV_19	0.8607	14	neefektivní	ČOV_16	0.3901	33	neefektivní
ČOV_17	0.8599	15	neefektivní	ČOV_03	0.3807	34	neefektivní
ČOV_21	0.8532	16	neefektivní	ČOV_13	0.3625	35	neefektivní
ČOV_07	0.8438	17	neefektivní	ČOV_14	0.3021	36	neefektivní
ČOV_22	0.8235	18	neefektivní	ČOV_12	0.2733	37	neefektivní
ČOV_34	0.8091	19	neefektivní	ČOV_06	0.127	38	neefektivní



Obrázek 11 Grafické znázornění efektivnosti DMU v modelu CCR (vlastní zpracování)

### 12.4.1 Návrh optimalizace vstupů (CCR – I)

Princip tohoto modelu tkví v hledání takového množství vstupů, aby se neefektivní jednotky staly efektivními. Jinými slovy je tedy nezbytné snížit vstupní hodnoty pro získání vyšší míry efektivnosti. Na základě simulace CCR modelu byly identifikovány efektivní jednotky (skóre = 1), pro ty ostatní byly pomocí vstupově orientovaného modelu CCR stanoveny hodnoty vstupů, které by dané jednotky posunuly na efektivní hranici.

V následující tabulce je pro každou neefektivní jednotku navržena jedna a více referenčních peer jednotek, které odkazují na efektivní DMU, v tomto případě jinou ČOV, podle které by měla neefektivní jednotka upravit své vstupní hodnoty tak, aby dosáhla efektivní hranice. Hodnota lambda po vynásobení číslem 100 udává míru této změny. Např. neefektivní produkční jednotka ČOV\_25 by měla upravit své provozní náklady a náklady na energie tak, aby odpovídaly výši vstupů jednotky ČOV\_20, a to z 4,50 %, dále jednotky ČOV\_36 ze 45,90 % a jednotky ČOV\_37 z 13,80 %. Stejný princip je pak uplatněn u všech ostatních neefektivních jednotek s tím rozdílem, že v některých případech jsou navrženy dvě nebo pouze jedna peer jednotka.

*Tabulka 34 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-I (vlastní zpracování)*

Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_25	20	0,045	36	0,459	37	0,138
ČOV_18	23	3,17	37	6,485	-	-
ČOV_01	23	6,103	37	14,884	-	-
ČOV_31	20	0,279	36	0,625	37	0,095
ČOV_38	37	0,959	-	-	-	-
ČOV_27	23	0,554	26	1,769	37	0,517
ČOV_19	20	0,919	26	1,559	37	0,261
ČOV_17	23	3,57	37	3,145	-	-
ČOV_21	23	0,639	37	1,239	-	-
ČOV_07	23	3,134	37	3,029	-	-
ČOV_22	20	1,113	36	0,282	37	0,138
ČOV_34	20	2,361	24	0,857	37	0,808
ČOV_02	23	1,626	37	4,067	-	-
ČOV_05	23	0,547	37	0,804	-	-
ČOV_33	20	0,561	37	0,298	-	-
ČOV_32	20	0,979	26	0,796	37	0,365
ČOV_10	23	0,523	37	1,872	-	-
ČOV_08	23	1,172	37	1,84	-	-
ČOV_28	20	0,004	36	0,181	37	0,255

Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_15	36	0,857	37	0,389	-	-
ČOV_29	23	0,002	26	0,239	37	1,084
ČOV_04	23	0,187	37	1,128	-	-
ČOV_09	23	0,382	37	0,307	-	-
ČOV_11	23	1,112	37	0,895	-	-
ČOV_30	36	0,53	37	0,347	-	-
ČOV_16	23	0,182	26	0,109	37	0,498
ČOV_03	23	0,262	37	1,297	-	-
ČOV_13	23	0,176	37	0,378	-	-
ČOV_14	23	0,479	37	1,691	-	-
ČOV_12	23	0,386	37	0,441	-	-
ČOV_06	37	2,81	-	-	-	-

Kromě výše zobrazeného návrhu optimalizace vstupních proměnných, byla provedena podrobná analýza zaměřující se na každou produkční jednotku a její jednotlivé vstupy a výstupy. V příloze č. 2 této disertační práce jsou vloženy tabulky k modelu CCR-I, které obsahují skutečné hodnoty vstupů a výstupů včetně výše hodnoty daného parametru, který by přispěl ke zvýšení efektivity jednotky a také procentuální rozdíl změny hodnoty.

#### 12.4.2 Návrh optimalizace výstupů (CCR – O)

Druhým aplikovaným modelem byl výstupově orientovaný CCR model, který opět počítá s konstantními výnosy z rozsahu. Analogicky však hledá takové množství výstupů, aby byla daná jednotka efektivní. Čistírna odpadních vod č. 25 by tak měla upravit své výstupy tak, aby z 4,70 % odpovídaly výstupům čistírny č. 20, ze 48,70 % čistírně č. 36 a ze 14,60 % čistírně č. 37.

Podrobný návrh optimalizace výstupů modelu CCR – O je vložen do přílohy č. 3 této práce.

Tabulka 35 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-O (vlastní zpracování)

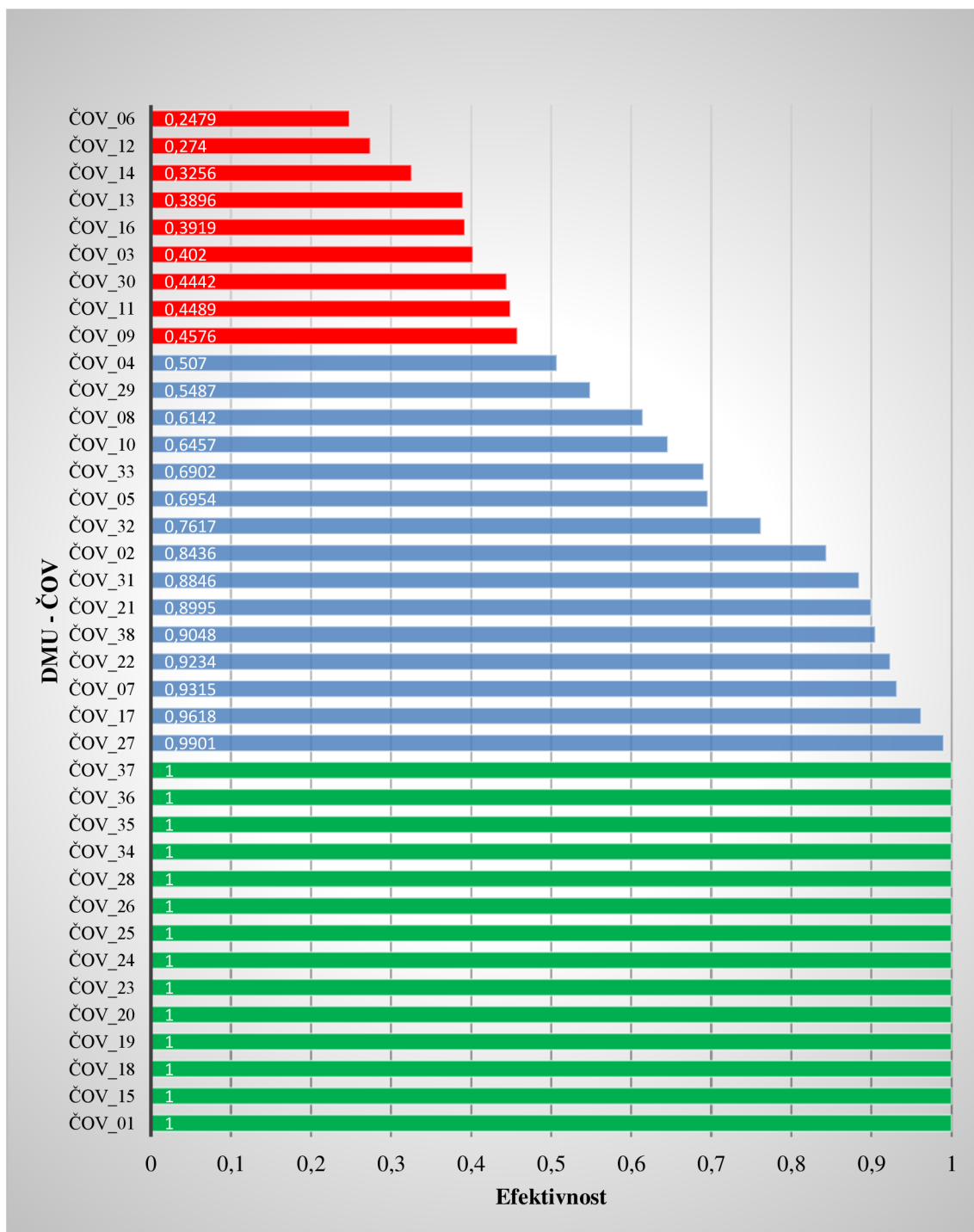
Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_25	20	0,047	36	0,487	37	0,146
ČOV_18	23	3,426	37	3,399	-	-
ČOV_01	23	6,871	37	16,757	-	-
ČOV_31	20	0,315	36	0,706	37	0,107
ČOV_38	37	1,105	-	-	-	-
ČOV_27	23	0,641	26	2,049	37	0,599
ČOV_19	20	1,068	26	1,811	37	0,304
ČOV_17	23	4,152	37	7,542	-	-
ČOV_21	23	0,749	37	1,452	-	-
ČOV_07	23	3,714	37	3,589	-	-
ČOV_22	20	1,352	36	0,342	37	0,047
ČOV_34	20	2,918	24	1,06	37	0,999
ČOV_02	23	2,138	37	5,346	-	-
ČOV_05	23	0,808	37	1,188	-	-
ČOV_33	20	0,834	37	0,442	-	-
ČOV_32	20	1,524	26	1,239	37	0,568
ČOV_10	23	0,878	37	3,146	-	-
ČOV_08	23	2,049	37	3,216	-	-
ČOV_28	20	0,008	36	0,323	37	0,455
ČOV_15	36	1,599	37	0,726	-	-
ČOV_29	23	0,003	26	0,473	37	2,148
ČOV_04	23	0,382	37	2,31	-	-
ČOV_09	23	0,84	37	0,675	-	-
ČOV_11	23	2,589	37	2,083	-	-
ČOV_30	36	1,283	37	0,839	-	-
ČOV_16	23	0,467	26	0,279	37	1,277
ČOV_03	23	0,689	37	3,407	-	-
ČOV_13	23	0,486	37	1,044	-	-
ČOV_14	23	1,587	37	0,726	-	-
ČOV_12	23	1,414	37	1,612	-	-
ČOV_06	37	22,13	-	-	-	-

## 12.5 Simulace modelu BCC

Pro simulaci modelu BCC byly použity stejné vstupní hodnoty z roku 2019 jako v případě modelu CCR. Výnosy z rozsahu jsou však v tomto případě variabilní, tvar obalu dat se mění z kónického na konvexní a tím je jako efektivní označeno více jednotek než u předchozího modelu. Jak je patrné v následující tabulce, jako efektivní bylo označeno celkem 14 čistíren, což je dvakrát více než u modelu CCR. Současně bylo pod hranicí 50 % efektivnosti identifikováno 9 produkčních jednotek. Efektivnost v rozmezí od 90–99 % vykazalo celkem 5 DMU. Výsledky simulace jsou graficky znázorněny v grafu pod tabulkou.

Tabulka 36 Výpočet efektivnosti DMU pomocí modelu BCC (vlastní zpracování)

DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost	DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost
ČOV_1	1	1	efektivní	ČOV_21	0,8995	20	neefektivní
ČOV_15	1	1	efektivní	ČOV_31	0,8846	21	neefektivní
ČOV_18	1	1	efektivní	ČOV_02	0,8436	22	neefektivní
ČOV_19	1	1	efektivní	ČOV_32	0,7617	23	neefektivní
ČOV_20	1	1	efektivní	ČOV_05	0,6954	24	neefektivní
ČOV_23	1	1	efektivní	ČOV_33	0,6902	25	neefektivní
ČOV_24	1	1	efektivní	ČOV_10	0,6457	26	neefektivní
ČOV_25	1	1	efektivní	ČOV_08	0,6142	27	neefektivní
ČOV_26	1	1	efektivní	ČOV_29	0,5487	28	neefektivní
ČOV_28	1	1	efektivní	ČOV_04	0,507	29	neefektivní
ČOV_34	1	1	efektivní	ČOV_09	0,4576	30	neefektivní
ČOV_35	1	1	efektivní	ČOV_11	0,4489	31	neefektivní
ČOV_36	1	1	efektivní	ČOV_30	0,4442	32	neefektivní
ČOV_37	1	1	efektivní	ČOV_03	0,402	33	neefektivní
ČOV_27	0,9901	15	neefektivní	ČOV_16	0,3919	34	neefektivní
ČOV_17	0,9618	16	neefektivní	ČOV_13	0,3896	35	neefektivní
ČOV_07	0,9315	17	neefektivní	ČOV_14	0,3256	36	neefektivní
ČOV_22	0,9234	18	neefektivní	ČOV_12	0,274	37	neefektivní
ČOV_38	0,9048	19	neefektivní	ČOV_06	0,2479	38	neefektivní



Obrázek 12 Grafické znázornění efektivity DMU v modelu BCC (vlastní zpracování)

### 12.5.1 Návrh optimalizace vstupů (BCC – I)

Stejně jako v případě vstupově orientovaného CCR modelu, tak i zde platí, že je model zaměřen na minimalizaci vstupů při zachování stávajícího objemu produkce výstupů. Platí, že efektivní je taková jednotka, která k produkci výstupů spotřebuje nejméně vstupů. Aby se DMU č. 27 stala efektivní, musela by změnit vstupní hodnoty tak, aby odpovídaly hodnotám čistíren č. 18, 19, 23 a 34, a to z 14,10 %, 55,30 %, 21,60 % a z 9,10 %.

Tabulka 37 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-I (vlastní zpracování)

Neefekt. DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_27	18	0,141	19	0,553	23	0,216	34	0,091
ČOV_17	1	0,376	18	0,327	19	0,145	37	0,152
ČOV_07	1	0,081	18	0,724	19	0,195	-	-
ČOV_22	19	0,07	20	0,634	37	0,296	-	-
ČOV_38	37	1	-	-	-	-	-	-
ČOV_21	18	0,168	23	0,098	37	0,734	-	-
ČOV_31	20	0,28	35	0,006	36	0,621	37	0,094
ČOV_02	1	0,205	18	0,115	37	0,68	-	-
ČOV_32	19	0,611	20	0,097	36	0,024	37	0,268
ČOV_05	18	0,067	23	0,334	37	0,6	-	-
ČOV_33	20	0,641	36	0,169	37	0,19	-	-
ČOV_10	1	0,058	18	0,049	37	0,893	-	-
ČOV_08	1	0,009	18	0,35	37	0,641	-	-
ČOV_29	1	0,011	24	0,065	34	0,024	37	0,901
ČOV_04	1	0,003	18	0,05	37	0,947	-	-
ČOV_09	23	0,19	26	0,314	37	0,496	-	-
ČOV_11	18	0,188	23	0,517	37	0,295	-	-
ČOV_30	25	0,179	36	0,47	37	0,351	-	-
ČOV_03	1	0,016	18	0,049	37	0,935	-	-
ČOV_16	23	0,052	26	0,321	37	0,627	-	-
ČOV_13	20	0,286	25	0,063	37	0,651	-	-
ČOV_14	1	0,042	18	0,066	37	0,892	-	-
ČOV_12	23	0,279	26	0,175	37	0,546	-	-
ČOV_06	1	0,056	37	0,944	-	-	-	-

Podrobný návrh optimalizace vstupů modelu BCC – I je vložen do přílohy č. 4 této práce.



## 12.5.2 Návrh optimalizace výstupů (BCC – O)

Poslední provedená simulace byla zaměřena na optimalizaci výstupů modelu BCC. Jednotka č. 27 bude efektivní v případě, že maximalizuje své výstupní hodnoty na úroveň jednotky č. 18 ze 14,5 %, jednotky č. 19 z 56,6 %, jednotky č. 23 z 19,9 % a na úroveň jednotky č. 34 z 9 %. Výsledky jsou opět zobrazeny v následující tabulce. Podrobný návrh optimalizace výstupů modelu BCC – O je vložen do přílohy č. 5 této práce.

*Tabulka 38 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-O (vlastní zpracování)*

Neefekt. DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_27	18	0,145	19	0,566	23	0,199	34	0,09
ČOV_17	1	0,417	18	0,262	19	0,135	37	0,186
ČOV_07	1	0,136	18	0,63	19	0,191	37	0,043
ČOV_22	19	0,099	20	0,589	37	0,312	-	-
ČOV_38	37	0,999	-	-	-	-	-	-
ČOV_21	18	0,206	23	0,043	37	0,751	-	-
ČOV_31	19	0,022	20	0,192	36	0,64	37	0,146
ČOV_02	1	0,26	18	0,102	37	0,638	-	-
ČOV_32	1	0,016	19	0,432	37	0,552	-	-
ČOV_05	18	0,171	23	0,222	37	0,607	-	-
ČOV_33	19	0,057	20	0,51	34	0,009	37	0,425
ČOV_10	1	0,129	37	0,887	-	-	-	-
ČOV_08	1	0,078	18	0,432	34	0,015	37	0,475
ČOV_29	1	0,028	24	0,4	37	0,572	-	-
ČOV_04	1	0,061	37	0,939	-	-	-	-
ČOV_09	18	0,112	19	0,15	23	0,19	37	0,548
ČOV_11	18	0,64	19	0,061	23	0,289	37	0,011
ČOV_30	15	0,813	37	0,187	-	-	-	-
ČOV_03	1	0,078	24	0,056	34	0,129	37	0,738
ČOV_16	1	0,014	18	0,082	34	0,112	37	0,791
ČOV_13	18	0,095	23	0,045	34	0,05	37	0,81
ČOV_14	1	0,173	15	0,54	37	0,287	-	-
ČOV_12	1	0,113	37	0,887	-	-	-	-
ČOV_06	1	0,173	37	0,827	-	-	-	-

## 13 ZÁVĚR

### 13.1 Vyhodnocení stanovených výzkumných otázek

Cílem předložené disertační práce byla identifikace a zhodnocení metod vhodných pro technicko-ekonomické posouzení projektů vodohospodářské infrastruktury, konkrétně čistíren odpadních vod, a to z hlediska jejich dopadu na životní prostředí. V prvním kroku tak byla provedena podrobná literární rešerše aktuálního stavu řešení dané problematiky. Analyzováno bylo celkem 63 odborných článků zaměřených na použití různých hodnotících nástrojů, přičemž se jednalo o autory z celého světa, jejichž příspěvky byly publikovány v abstraktových a citačních databázích odborné recenzované literatury. Více jak polovina autorů popisuje ve své práci aplikaci metody Posouzení životního cyklu, která je, i přes svou vysokou náročnost zpracování, velmi efektivním nástrojem hodnocení.

V zemích čerpajících finanční podporu z Fondů Evropské unie je však častěji pro hodnocení dopadů na životní prostředí veřejně prospěšných projektů využívána Analýza nákladů a přínosů. To je také případ České republiky, která je stále považována za méně rozvinutý region a může tak žádat o finanční příspěvky např. na podporu výstavby silnic, rozvoje výzkumu a vývoje, ale také třeba na ochranu životního prostředí.

V návaznosti na výsledky provedené literární rešerše byl vzorek čistíren odpadních vod zkoumán z hlediska jeho finanční i ekonomické efektivity pomocí základní a rozšířené Analýzy nákladů a užitků s cílem prokázání významnosti tohoto hodnotícího nástroje při investičním rozhodování.

Výzkumná část disertační práce byla dále doplněna o simulaci Metody datových obalů, ačkoliv není tento nástroj vícekriteriálního rozhodování v České republice pro projekty vodohospodářských staveb využíván, jeho výsledky mohou významně pomoci zejména v provozní fázi těchto projektů. Prostřednictvím hodnocení výkonnosti jednotlivých produkčních jednotek lze identifikovat neefektivní čistírny odpadních vod, které spotřebovávají velké množství vstupů nebo naopak generují méně výstupů ve srovnání s obdobnými provozy. Metoda využívající konstantní i variabilní vstupy a výstupy může vhodně doplnit výsledky provedené CBA.

Na základě výše uvedených skutečností byly v úvodu disertační práce stanoveny následující výzkumné otázky:

**VO1: Prostřednictvím rozšířené analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA) lze přesněji stanovit ekonomickou efektivnost projektů ČOV s ohledem na dopady na životní prostředí při zachování cílů udržitelného rozvoje.**

U vybraného vzorku 38 čistíren odpadních vod byla nejprve provedena finanční analýza, jejímž výstupem byly záporné hodnoty kritériálních ukazatelů. U těchto typů záměrů, které slouží zejména veřejnému zájmu, byly výsledky provedené finanční analýzy očekávané a byly tak dalším důvodem k hledání jiných ekonomických přínosů pro stanovení jejich celospolečenské efektivity. V dalším kroku byla provedena ekonomická analýza se započítáním následujících standardních socio-ekonomických dopadů:

- počet obyvatel nově připojených na zlepšené zásobování vodou;
- zvýšení množství čištěných splaškových vod.

Kladné kritériální ukazatele byly zaznamenány pouze u čtyř čistíren, tedy u přibližně 10 % z celého vzorku, přičemž se jednalo pouze o větší městské čistírny s kapacitou nad 2000 EO.

Stejně jako jiné investiční projekty, tak také vodohospodářské stavby mohou vykazovat řadu dalších pozitivních i negativních dopadů na životní prostředí, blahobyt obyvatel, ekonomickou úroveň dané lokality apod. Provedená ekonomická analýza tak byla rozšířena o další finančně oceněné dopady, a to konkrétně:

- vznik nových pracovních míst v souvislosti s výstavbou nové ČOV;
- pořízení a provoz domácích čistíren odpadních vod.

Výstupem byl nárůst počtu vzorků s kladnými kritériálními ukazateli o 71 % z původních 4 ČOV na 31 ČOV. Zbývajících 7 čistíren stále vykazovaly negativní hodnoty těchto ukazatelů. Nelze však říci, že by dané výsledky byly ovlivněny kapacitou čistíren, neboť uvedených 7 čistíren zahrnovalo jak vzorek s kapacitou 400 EO, tak také s kapacitou více jak 3900 EO. Závislost velikosti ČOV na výsledcích ekonomické analýzy tak prokázána nebyla.

Z vědeckého hlediska je nutné konstatovat, že provedené simulace celospolečenských dopadů jsou pouze ilustrační a vždy je nezbytné vycházet z reálných podmínek, které daný projekt vykazuje. Velmi významný vliv na výsledky Analýzy nákladů a užitků má také skutečnost, zda je projekt spolufinancován z Fondů EU či nikoliv. Jak bylo názorně ukázáno v kapitole č. 10.3, v případě záměrů spolufinancovaných z veřejných zdrojů vstupuje do finanční i ekonomické analýzy také částka dotace, jejíž míra může být až 85 % z celkových způsobilých výdajů. Ve většině případů jsou tak výsledné kritériální ukazatele kladné a je tak rozhodnuto o podpoře projektů, které by mnohdy nevykázaly kladné hodnoty ani se započítáním všech relevantních ekonomických dopadů.

**VO2: Pro hodnocení technicko-ekonomické efektivity ČOV lze využít také metodu datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) založené na lineárním programování. Metoda měří výkonnost homogenních produkčních jednotek s konstantními i variabilními vstupy a výstupy, a může tak vhodně doplnit výsledky CBA zejména v provozní fázi projektu.**

Druhá výzkumná otázka souvisela s aplikací Metody datových obalů, která se taktéž objevila v provedené literární rešerši jako jeden z alternativních nástrojů hodnocení projektů čistíren odpadních vod. Vzhledem k tomu, že se jedná o metodu porovnávací efektivity homogenních produkčních jednotek na základě velikosti jejich vstupů a výstupů, byla aplikovatelnost metody pro tyto projekty potvrzena. Simulace CCR modelu s konstantními výnosy z rozsahu označila jako efektivní celkem 7 produkčních jednotek, u modelu BCC s variabilními výnosy z rozsahu pak byl celkový počet efektivních jednotek navýšen na 14 ČOV. U obou modelů pak byl proveden návrh optimalizace vstupů a výstupů tak, aby se zvýšila efektivita neefektivních jednotek.

Na základě získaných poznatků a výsledků Metody datových obalů lze konstatovat, že se jedná o velmi efektivní nástroj, který by mohl být využíván zejména v provozní fázi investičních záměrů, a to především u takových provozovatelů ČOV, kteří spravují více čistíren. Jednotlivé provozy pak lze průběžně porovnávat mezi sebou na základě předem definovaných vstupů a výstupů a identifikovat tak, které čistírny jsou neefektivní a věnovat jim zvýšenou pozornost.

Nelze říci, že by metoda DEA v budoucnu mohla nahradit jeden ze standardních hodnotících nástrojů, jako je CBA nebo LCA, ale může je vhodně doplnit a rozšířit o nové výsledky důležité pro investiční rozhodování.

### **13.2 Přínosy disertační práce pro praxi**

Vědecký přínos disertační práce v oboru Management stavebnictví lze spatřit v provedené literární rešerši, která mapuje metody hodnocení dopadů na životní prostředí u čistíren odpadních vod a může tak být užitečným podkladem pro další zkoumání. Aplikačním přínosem je rozšíření standardních celospolečenských dopadů ekonomické analýzy o další možné dopady, a dále také simulace výpočtu efektivity čistíren odpadních vod pomocí Metody datových obalů, která se v českém prostředí pro tyto typy projektů běžně nepoužívá.

### 13.3 Shrnutí

V České republice bylo v roce 2018 provozováno celkem 2 677 čistíren odpadních vod, jedná se tak o velmi rozsáhlé odvětví poskytující služby veřejnosti, které generuje významné celospolečenské dopady. Problematika řízení ČOV je velmi složitá a zahrnuje jak legislativní požadavky, tak také odběry vzorků, řízení technologií, odvoz a zpracování kalu, výběr poplatků od obyvatel napojených na kanalizační systém, placení provozních nákladů za spotřebu elektrické energie, mzdy zaměstnanců atd. Nehospodárny provoz může mít za následek nepřiměřeně vysoké náklady v poměru ke kvalitě vyčištěné vody.

V legislativě je tak zakotvena povinnost zhodnocení dopadů lidské činnosti na stav povrchových i podzemních vod a provedení ekonomické analýzy užívání vod pro investice ve vodním hospodářství. Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod tak zohledňuje nejen návrh vhodné technologie čištění, ale zkoumá také investiční a provozní náklady s nimi související. Jak již bylo uvedeno výše, každá stavba ČOV je svým způsobem specifická a v tomto smyslu je k ní nutné přistupovat.

Projekty vodohospodářské infrastruktury jsou zpravidla spolufinancovány z veřejných zdrojů, především pak z Fondů EU, což s sebou nese řadu povinností. Žadatelé z řad vlastníků jsou tak nuceni při podání žádosti o podporu zpracovat finanční a mnohdy také ekonomickou analýzu se zohledněním investičních nákladů i provozních nákladů a výnosů po celé referenční období. Hodnocení podaných žádostí je pak provedeno nejen na základě výsledků těchto analýz, ale zohledňuje také řadu dalších kritérií, jako např. nákladovost navrženého řešení ve vztahu k plánované kapacitě EO, vliv opatření na stav vodního útvaru nebo také technickou kvalitu návrhu.

Významnou podporu vodohospodářské infrastruktury lze očekávat i v následujícím rozpočtovém období pro roky 2021–2027, podporovány budou projekty výstavby, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod, výstavba kanalizací, přivaděčů a rozvodných sítí pitné vody. Potřeba finančního, a především ekonomického hodnocení celospolečenských dopadů tak bude i nadále aktuální.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ABELSON, P., *Cost benefit analysis and environmental problems*. England: Saxon House, 1997. ISBN 0-566-00267-1.

ALCON, F., PEDRERO F., MARTIN-ORTEGA J., ARCAS N., ALARCON J. J., DE MIGUEL M. D., *The non-market value of reclaimed wastewater for use in agriculture: a contingent valuation approach*. Spanish Journal of Agricultural Research, 2010, 187-196 s. ISSN 2171-9292.

AMORES, M. J., MENESES, M., PASQUALINO, J., ANTÓN, A., CASTELLS, F., *Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach*. Journal of Cleaner Production, 2013, vol. 43, 84-92 s. ISSN 0959-6526.

ARROYO, P., MOLINOS-SENANTE, M., *Selecting appropriate wastewater treatment technologies using a choosing-by-advantages approach*. Science of The Total Environment, 2018, vol. 625, 819-827 s. ISSN 0048-9697.

BACHMANN, T. M., KAMP, J., *Environmental cost-benefit analysis and the EU (European Union) Industrial Emissions Directive: Exploring the societal efficiency of a DeNOx retrofit at a coal-fired power plant*. Energy, 2014, vol. 68, 125-139 s. ISSN 0360-5442.

BALKEMA, A. J., PREISIG, H. A., OTTERPOHL, R., LAMBERT, F. J. D., *Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems*. Urban Water, 2002, vol. 4, 153-161 s. ISSN 1462-0758.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W., *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, 1984, vol. 30, 1078 – 1092 s. Doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

BARBIER, E. B., MARKANDYA, A., PEARCE, D. W., *Environmental sustainability and cost-benefit analysis*. Environment and Planning A, 1990, vol. 22, 1259-1266 s.

BDOUR, A. N., HAMDI, M. R., TARAWNEH, Z., *Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region*. Desalination, 2009, vol. 237, 162-174 s. ISSN 0011-9164.

BENETTO, E., NGUYEN, D., LOHMANN, T., SCHMITT, B., SCHOSSELER, P., *Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment*. Science of The Total Environment, 2009, vol. 407, 1506-1516 s. ISSN 0048-9697.

BIROL, E., KAROUSAKIS, K., KOUNDOURI, P., *Using economic valuation techniques to inform water resources management: a survey and critical appraisal of available techniques and an application*. Sci Total Environ, 2006, vol. 365, 105-122 s. ISSN 0048-9697.

BISINELLA DE FARIA, A. B., SPÉRANDIO, M., AHMADI, A., TIRUTA-BARNA, L., *Evaluation of new alternatives in wastewater treatment plants based on dynamic modelling and life cycle assessment (DM-LCA)*. Water Research, 2015, vol. 84, 99-111 s. ISSN 0043-1354.

BOARDMAN, A., GREENSBURG, D. H., VINING, A. R., WEIMER, D. L., *Cost-Benefit Analysis – Concept and Practise*, 2<sup>nd</sup> edition. New Jersey: Practice Hall, 2001. ISBN 0-12-087178-8.

BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T., *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

BUONOCORE, E., MELLINO, S., DE ANGELIS, G., LIU, G., ULGIATI, S., *Life cycle assessment indicators of urban wastewater and sewage sludge treatment*. Ecological Indicators, 2018, vol. 94, část 3, 13-23 s. ISSN 1470-160X.

CAMPBELL, H., BROWN, R., *Benefit- Cost Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 978-0-07695-4.

CAPOCELLI, M., PRISCIANDARO, M., PIEMONTE, V., BARBA, D., *A technical-economical approach to promote the water treatment & reuse processes*. Journal of Cleaner Production, 2019, vol. 207, 85 – 96 s. ISSN 0959-6526.

CAROLUS, J. F., HANLEY, N., OLSEN, S. B., PEDERSEN, S. M., *A Bottom-up Approach to Environmental Cost-Benefit Analysis*. Ecological Economics, 2018, vol. 152, 282-295 s. ISSN 0921-8009.

CAULFIELD, B., BAILEY, D., MULLARKEY, S., *Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool*. Transport Policy, 2013, 74-85 s. ISSN 0967-070X.

CENIA, ČESKÁ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Zpráva o životním prostředí České republiky*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2018. Dostupné z [on-line 7.1.2019]:  
[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_prostredi\\_publicace/\\$FILE/OPZPUR-Zprava\\_ZP\\_CR\\_2018\\_20200207.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace/$FILE/OPZPUR-Zprava_ZP_CR_2018_20200207.pdf).

CHARNES, A., ROUSSEAU, J. J., SEMPLE, J. H., *Sensitivity and stability of efficiency classifications in Data Envelopment Analysis*. Journal of Productivity Analysis, 1996, 5–18 s. Doi.org/10.1007/BF00158473.

CHEN, Z., NGO, H. H., GUO, W., *A critical review on sustainability assessment of recycled water schemes*. Science of the Total Environment, 2012, 13-31 s. ISSN 0048-9697.

ČÍFKOVÁ, R., *Současné postavení betablokátorů v léčbě hypertenze*. Zdraví E15: Postgraduální medicína, 2007, č. 6. Dostupné z [on-line 16.9.2014]: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/soucasne-postaveni-betablokatoru-v-lecbe-hypertenze> 308624.

COOPER, W., W., SEIFORD, L., M., TONE, K., *Data envelopment analysis: a Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-solver software*. 2nd ed. New York: Springer, 2007. ISBN 978-0-387-45281-4.

COROMINAS, L. I., FOLEY, J., GUEST, J. S., HOSPIDO, A., LARSEN, H. F., MORERA, S., SHAW, A., *Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art*. Water Research, 2013, 5480-5492 s. ISSN 0043-1354.

ČESKÝ STATISTIKÝ ÚŘAD, *Investice na ochranu životního prostředí v letech 1989–2018*. Dostupné z [on-line 25.2.2020]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605337/2800221901.pdf/894610e8-2405-4a80-a508-e3a8e5c5ce92?version=1.0>.

ČESKÝ STATISTIKÝ ÚŘAD, *Ekonomický přínos z aktivit na ochranu životního prostředí podle programového zaměření v roce 2018*. Dostupné z [on-line 25.2.2020]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605337/2800221917.pdf/30cb60db-56ee-43ed-8887-a8b0cea277b1?version=1.0>.

ČESKÝ STATISTIKÝ ÚŘAD, *Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2018, Čistírný odpadních vod (počet)*. Dostupné z [on-line 10.9.2019]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211909.pdf/7ff82ef5-fcae-4c28-8a92-dfaf48eee56a?version=1.0>.



ČESKÝ STATISTIKÝ ÚŘAD, *Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2018, Čistírny odpadních vod (počet)*. Dostupné z [on-line 10.9.2019]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211906.pdf/2a079e11-192b-408e-9552-8c730e2ad3be?version=1.1>.

ČESKÝ STATISTIKÝ ÚŘAD, *Vodovody, kanalizace a vodní toky – 2018, Kanalizace (Voda vypouštěná do toků, stočné, délky sítí)*. Dostupné z [on-line 15.2.2020]:  
<https://www.czso.cz/documents/10180/91605333/2800211908.pdf/6528126c-4742-4a86-8db2-797cdb61d22f?version=1.0>.

DADÁKOVÁ, P. *Sledování obsahu sulfonamidů v odpadních vodách z čistíren odpadních vod s různými technologiemi čištění*. Diplomová práce, Brno. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2014.

DE GUSSEM, K., WAMBECQ, T., ROELS, J., FENU, A., DE GUELDRE, G., VAN DE STEENE, B. *Cost optimisation and minimisation of the environmental impact through life cycle analysis of the waste water treatment plant of Bree (Belgium)*. *Water Sci Technol.*, 2011, 164-170 s.

D'INVERNO, G., CAROSI, L., ROMANO, G., GUERRINI, A., *Water pollution in wastewater treatment plants: An efficiency analysis with undesirable output*. *European Journal of Operational Research*, 2018 vol. 269(1), 24-34 s. ISSN 0377-2217.

DIXON, J. A., *Implementation Guideline: Economic Cost-Benefit Analysis (CBA) of Project Environmental Impacts and Mitigation Measures for Waste Water Treatment Projects*. Inter-American Development Bank, 2013, Technical Note No. IDB - TN – 530.

DIXON, A., SIMON, M., BURKITT, T., *Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach*. *Ecological Engineering*, 2003, 297-308 s. ISSN 0925-8574.

D'INVERNO, G., CAROSI, L., ROMANO, G., GUERRINI, A., *Water pollution in wastewater treatment plants: An efficiency analysis with undesirable output*. *European Journal of Operational Research*, 2018, vol. 269(1), 24-34 s., ISSN 0377-2217.

DLUHOŠOVÁ, D. A KOL., *Finanční řízení a rozhodování o podniku*. Praha: EKOPRESS, s.r.o. 2010. ISBN 978-80-86929-68-2.

DONG, H., FUJITA, T., GENG, Y., DONG, L., OHNISHI, S., SUN, L., DOU, Y., FUJII, M., *A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration*. Ecological Indicators, 2016, 1184-1191 s. ISSN 1470-160X.

DONG, X., ZHANG, X., ZENG, S., *Measuring and explaining eco-efficiencies of wastewater treatment plants in China: An uncertainty analysis perspective*. Water Research, 2017, vol. 112, 195-207 s. ISSN 0043-1354.

DRTIL, M., HUTŇAN, M., *Technologický projekt – část procesy a technológie čištění odpadových vod*. Bratislava: NOI, 2007. ISBN 978-80-9088-57-7.

DUFEK, Z., KORYTÁROVÁ, J., APELTAUER, T., HROMÁDKA, V., FIALA, P., DROCHYTKA, R., BYDŽOVSKÝ, J., VANĚREK, J., AIGEL, P., VÝSKALA, M., NOVÝ, M., *Veřejné stavební investice*. Praha: Leges s.r.o., 2018. ISBN 978-80-7502-322-3.

EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL ASSOCIATIONS OF WATER SERVICES (EUREAU). Dostupné z [on-line 31.3.2018]: <http://www.eureau.org/>.

EUROPEAN COMMISSION, 2014. *Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, December 2014.

FERREIRA DA CRUZ, N., CARVALHO, P., MARQUES, R. C., *Disentangling the cost efficiency of jointly provided water and wastewater services*. Utilities Policy, 2013, 70-77 s. ISSN 0957-1787.

FERREIRA, S., MARQUES, R. C., *Contingent valuation method applied to waste management*. Resources, Conservation and Recycling, 2015, 111-117 s. ISSN 0921-3449.

FIALA, P., *Modely a metody rozhodování*. Vysoká škola ekonomická v Praze. Oeconomica, Praha, 2008. ISBN 978-80-245-1345-4.

FINNVEDEN, G., HAUSCHILD, M. Z., EKVALL, T., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., KOEHLER, A., PENNINGTON, D., SUH, S., *Recent developments in Life Cycle Assessment*. Journal of Environmental Management, 2009, 1-21 s. ISSN 0301-4797.

FLORES-ALSINA, X., GALLEGO, A., FEIJOO, G., RODRIGUEZ-RODA, I., *Multiple-objective evaluation of wastewater treatment plant control alternatives*. Journal of Environmental Management, 2010, 1193-1201 s. ISSN 0301-4797.

- FOLEY, J., HAAS, D. D., HARTLEY, K., LANT, P., *Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems*. Water Research, 2010, 1654-1666 s. ISSN 0043-1354.
- FOTR, J., SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.
- FOTR, J., SOUČEK, I., *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*. Praha: Grada Publishing, a. s. 2005. ISBN 80-247-0939-2.
- FOTR, J., SOUČEK, I., *Tvorba a řízení portfolia projektů*. Praha: Grada Publishing, a. s. 2015. ISBN 80-247-5275-4.
- FOTR, J., ŠVECOVÁ L. A KOL., *Manažerské rozhodování, postupy, metody a nástroje*. Praha: Ekopress, s.r.o., 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- FUGUITT, D., WILCOX, S. J., *Cost-Benefit Analysis for Public Sector Decision Makers*. Westport: Greenwood Publishing Group, 1999. ISBN 1-56720-222-5.
- GALLEGO, A., HOSPIDO, A., MOREIRA, M. T., FEIJOO, G., *Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations*. Resources, Conservation and Recycling, 2008, 931-940 s. ISSN 0921-3449.
- GARCIA, X., PARGAMENT, D., *Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making*. Resources, Conservation and Recycling, 2015, 154-166 s. ISSN 0921-3449.
- GARRIDO-BASERBA, M., HOSPIDO, A., REIF, R., MOLINOS-SENANTE, M., COMAS, J., POCH, M., *Including the environmental criteria when selecting a wastewater treatment plant*. Environmental Modelling & Software, 2014, 74-82 s. ISSN 1364-8152.
- GODFREY, S., LABHASETWAR, P., WATE, S., *Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India—A case study of cost-benefit analysis*. Resources, Conservation and Recycling, 2009, 287-293 s. ISSN 0921-3449.
- GODIN, D., BOUCHARD, C., VANROLLEGHEM, P. A., *Net environmental benefit: introducing a new LCA approach on wastewater treatment systems*. Water Sci Technol., 2012, 1624-31 d. DOI: 10.2166/wst.2012.056.

GÉMAR, G., GÓMEZ, T., MOLINOS-SENANTE, M., CABALLERO, R., SALA-GARRIDO, R., *Assessing changes in eco-productivity of wastewater treatment plants: The role of costs, pollutant removal efficiency, and greenhouse gas emissions.* Environmental Impact Assessment Review, 2018, vol. 69, 24-31 s. ISSN 0195-9255.

GROS, M., PETROVIĆ, M., GINEBREDÁ, A., BARCELÓ, D., *Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes.* Environment International, 2010, 15-26 s. ISSN 0160-4120.

HAJKOWICZ, S., *Supporting Decisions – Understanding Natural Resource Management Assessment Techniques, A report to the Land and Water Resources Research and Development Corporation.* CSIRO Land and Water, 2006. Dostupné z [on-line 1. 5.2016]: [http://www.clw.csiro.au/publications/consultancy/2000/support\\_decisions.pdf](http://www.clw.csiro.au/publications/consultancy/2000/support_decisions.pdf).

HANLEY, N., *Environmental Cost–Benefit Analysis.* Encyclopedia of Energy, Natural Resource and Environmental Economics, Elsevier, 2003, 17-24 s. ISBN 9780080964522.

HANLEY, N., SHOGREN, J. F., WHITE, B., *Introduction to Environmental Economics.* New York: Oxford University Press Inc., 2001. ISBN 0-19-877595-4.

HANLEY, N., SPASH, C., *Cost–benefit analysis and the environment.* Cheltenham: Edward Elgar, 1993. ISBN 1-85278-947-6.

HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOLINOS-SENANTE, M., SALA-GARRIDO, R., *Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain.* Science of the Total Environment, 2010, 953-957 s. ISSN 0048-9697.

HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach.* Desalination, 2009, 230-234 s. ISSN 0011-9164.

HERVA, M., ROCA, E., *Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation.* Journal of Cleaner Production, 2013, 355-371 s. ISSN 0959-6526.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, M., PRAX, P., *Příručka stokování a čištění.* Brno: NOEL 2000, 2001. ISBN 80-86020-30-4.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P., *Stokování a čištění odpadních vod.* 1. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 2003. ISBN 80-214-2535-0.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P., HLUŠTÍK, P., MIFEK, R., *Stokování a čištění odpadních vod, modul 1: Stokování*. Elektronická studijní opora. Brno, 2006.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P., HLUŠTÍK, P., MIFEK, R., *Stokování a čištění odpadních vod, modul 2: Čištění odpadních vod*. Elektronická studijní opora. Brno, 2006.

HOOGMARTENS, R., PASSEL, S., V., ACKER, K., V., DUBOIS, M., *Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review, 2014, 27-33 s. ISSN 0195-9255.

HOROWITZ, J. K., MCCONNELL, K. E., *Willingness to accept, willingness to pay and the income effect*. Journal of Economic Behavior & Organization, 2003, 537-545 s. ISSN 0167-2681.

HOSPIDO, A., MOREIRA, M., T., FERNÁNDEZ-COUTO, M., FEIJOO, G., *Environmental performance of a municipal wastewater treatment plant*. International Journal of Life Cycle Assessment, 2004. ISSN 1614-7502.

HOUILLON, G., JOLLIET, O., *Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis*. Journal of Cleaner Production, 2005, 287-299 s. ISSN 0959-6526.

HUANG, I. B., KEISLER, J., LINKOV, I., *Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends*. Science of The Total Environment, 2011, 3578-3594 s. ISSN 0048-9697.

JABLONSKÝ, J., DLOUHÝ, M., *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.

JELIC, A., GROS, M., GINEBREDA, A., CESPEDES-SÁNCHEZ, R., VENTURA, F., PETROVIC, M., BARCELO, D., *Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment*. Water Research, 2011, vol. 45, 1165-1176 s. ISSN 0043-1354.

KNEIP, A., PARK, B., U., SIMAR, L., *A Note on the Convergence of Nonparametric DEA Estimators for Production Efficiency Scores*. Econometric Theory. B.m.: Cambridge University Press, 1998, vol. 14, 783-793 s.

KOČÍ, V., *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT Praha, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.

- KOČÍ, V., *Posuzování životního cyklu pitné vody*. Pitná voda 2008, W&ET Team, Č. Budějovice. ISBN 978-80-254-2034-8.
- KORYTÁROVÁ, J., FRIEDRICH, J., PUCHÝŘ, B., *Ekonomika investic*. Vysoké učení technické v Brně, 2002. 227 s. ISBN 80-214-2089-8.
- KORYTÁROVÁ, J., HROMÁDKA, V., *Veřejné stavební investice I*. Elektronická studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2007.
- KORYTÁROVÁ, J., HROMÁDKA, V., *The economic evaluation of megaprojects – social and economic impacts*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, 495-502 s. ISSN 1877-0428.
- KORYTÁROVÁ, J., *Investování, modul M01*. Elektronická studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavení, Brno. 2009.
- KORYTÁROVÁ, J., *Ekonomika investic*. Elektronická studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.
- KONTOGIANNI, A., LANGFORD, I., H., PAPANDREOU, A., SKOURTOS, M., S., *Social Preferences for Improving Water Quality: An Economic Analysis of Benefits from Wastewater Treatment*. Water Resources Management, 2003, 317 s. ISSN 1573-1650.
- KOTCHEN, M., KALLAOS, J., WHEELER, K., WONG, C., ZAHLLER, M., *Pharmaceuticals in wastewater: Behavior, preferences, and willingness to pay for a disposal program*. Journal of Environmental Management, 2009, 1476-1482 s. ISSN 0301-4797.
- KOTYZA, J., SOUDEK, P., KAFKA, Z., VANĚK, T., *Léčiva – „nový“ environmentální polutant*. Chemické listy, 2009. Dostupné z [on-line 8.12.2014]: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009\\_07\\_540-547.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_07_540-547.pdf).
- LEMOS, D., DIAS, A. C., GABARRELL, X., ARROJA, L., *Environmental assessment of an urban water systém*. Journal of Cleaner Production, 2013, 157-165 s. ISSN 0959-6526.
- LIM, S. R., PARK, D., PARK, J. M., *Environmental and economic feasibility study of a total wastewater treatment network systém*. Journal of Environmental Management, 2008, 564-575 s. ISSN 0301-4797.

LIM, S. R., PARK, J. M., *Environmental impact minimization of a total wastewater treatment network system from a life cycle perspective*. Journal of Environmental Management, 2009, 1454-1462 s. ISSN 0301-4797.

LI, Y., XIONG, W., ZHANG, W., WANG, C., WANG, P., *Life cycle assessment of water supply alternatives in water-receiving areas of the South-to-North Water Diversion Project in China*. Water Research, 2016, 9-19 s. ISSN 0043-1354.

LORENZO-TOJA, Y., VÁZQUEZ-ROWE, I., CHENEL, S., MARÍN-NAVARRO, D., MOREIRA, M. T., FEIJOO, G., *Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA + DEA method*. Water Research, 2015, 651-666 s. ISSN 0043-1354.

LOUBET, P., ROUX, P., LOISEAU, E., BELLON-MAUREL, V., *Life cycle assessments of urban water systems: A comparative analysis of selected peer-reviewed literature*. Water Research, 2014, 187-202 s. ISSN 0043-1354.

LUNDIE, S., PETERS, G., M., BEAVIS, P., C., *Life Cycle Assessment for Sustainable Metropolitan Water Systems Planning*. Environmental Science & Technology, 2004, 3465-3473 s. DOI: 10.1021/es034206m.

LUNDIN, M., BENGTSSON, M., MOLANDER, S., *Life Cycle Assessment of Wastewater Systems: Influence of System Boundaries and Scale on Calculated Environmental Loads*. Environmental Science & Technology, 2000, 180-186 s. DOI: 10.1021/es990003f.

LUNDIN, M., MORRISON, G. M., *A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems*. Urban Water, 2002, 145-152 s. ISSN 1462-0758.

MEDAL, A., SALA, R., *An efficiency ranking of Spanish seaports using FDH methodology*. International Journal of Transport Economics, 2011, vol. 38, 201–226 s. ISSN = 03035247.

MENESES, M., C. PASQUALINO, J. C., CASTELLS, F., *Environmental assessment of urban wastewater reuse: Treatment alternatives and applications*. Chemosphere, 2010, 266-272 s. ISSN 0045-6535.

MEZŘICKÝ, V., *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7367-003-8.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel*, metodická příručka. 2009. Dostupné z [on-line 20.6.2016]:

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/\\$file/Metodicka%20prirucka\\_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/$file/Metodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf).

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Státní politika životního prostředí České republiky 2012-2020*. Dostupné Z [on-line 23.5.2018]:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi/\\$FILE/SOPSZP-Aktualizace\\_SPZP\\_2012-2020-20161123.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/SOPSZP-Aktualizace_SPZP_2012-2020-20161123.pdf).

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, *Uživatelské příručka procesu zpracování CBA v IS KP14+*, Operační program životní prostředí 2014-2020, verze 4.4. 2017.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, *Uživatelské příručka procesu zpracování CBA v IS KP14+*, Operační program životní prostředí 2014-2020, verze 5.0. 2018.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Financování ochrany životního prostředí – poplatky*. Dostupné z [on-line 30.11.2018]: <https://www.mzp.cz/cz/poplatky>.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Financování ochrany životního prostředí – Národní programy*. Dostupné z [on-line 30.11.2018]: [https://www.mzp.cz/cz/narodni\\_programy](https://www.mzp.cz/cz/narodni_programy).

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020*. Verze 24, 2020.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2018*. Ministerstvo zemědělství, 2019. ISBN: 978-80-7434-523-4.

MOLINOS-SENANTE, M., *Techno-economical efficiency, cost modelling and economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment: methodology and applications*. Valencia: Institut Interuniversitari de Desenvolupament local, 2011. Disertační práce.

MOLINOS-SENANTE, M., GARRIDO-BASERBA, M., REIF, R., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., POCH, M., *Assessment of wastewater treatment plant design for small communities: Environmental and economic aspects*. Science of the Total Environment, 2012, 11-18 s. ISSN 0048-9697.



MOLINOS-SENANTE, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOCHOLÍ-ARCE, M., SALA-GARRIDO, M., *Economic and environmental performance of wastewater treatment plants: Potential reductions in greenhouse gases emissions*, Resource and Energy Economics, 2014, vol. 38, 125-140 s. ISSN 0928-7655.

MOLINOS-SENANTE, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost–benefit analysis*. Science of the Total Environment, 2010, 4396-4402 s. ISSN 0048-9697.

MOLINOS-SENANTE, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *Cost–benefit analysis of water reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants*. Journal of Environmental Management, 2011, 3091-3097 s. ISSN 0301-4797.

MOLINOS-SENANTE, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *Economic feasibility study for new technological alternatives in wastewater treatment processes: A review*. Water Science and Technology, 2012, vol. 65, 898-906 s. Doi: 10.2166/wst.2012.936.

MOLINOS-SENANTE, M., REIF, R., GARRIDO-BASERBA, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., OMIL, F., POCH, M., SALA-GARRIDO, R., *Economic valuation of environmental benefits of removing pharmaceutical and personal care products from WWTP effluents by ozonation*. Science of The Total Environment, 2013, vol. 461–462, 409-415 s. ISSN 0048-9697.

NESS, B., URBEL-PIIRSALU, E., ANDERBERG, S., OLSSON, L., *Categorising tools for sustainability assessment*. Ecological Economics, 2007, vol. 60, 498-508 s. ISSN 0921-8009.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NOAA), *Global Climate Report – 2015*. Dostupné z [on-line 12.10.2018]: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2015>.

OCHRANA, F., *Nákladově výstupové metody ve veřejném sektoru*. Praha: Ekopress, 2005. ISBN 80-86119-96-3.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD), *Policy Instruments for the Environment – database. 2017*. Dostupné z [on-line 13.10.2018]: <https://pinedatabase.oecd.org/>.

ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ (OSN), *Cíle udržitelného rozvoje (SDGs)*. Dostupné z [on-line 12.10.2018]: <http://www.osn.cz/osn/hlavni-temata/sdgs/>.

PEARCE, D., ATKINSON, G., MOURATO, S., *Cost-benefit analysis and the environment: recent developments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006. ISBN 9264010041.

PEKOVÁ, J., PILNÝ, J., JETMAR, M., *Veřejný sektor – řízení a financování*. 1. vyd., Praha: Wolters Kluwer ČR, 2012. ISBN 978-80-7357-936-4.

PÍŠŤKOVÁ, V., ÚTERSKÝ, M., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin z vodního ekosystému*, příspěvek na konferenci Odpadové vody 2014. NOI Bratislava, Bratislava, 2014. ISBN 978-80-970896-7-2.

PLECHÁČ V., *Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy*. 1. vyd. Praha: EVAN, 1999. ISBN 80-238-4989.

REBITZER, G., EKVALL, T., FRISCHKNECHT, R., HUNKELER, D., NORRIS, G., RYDBERG, T., SCHMIDT, W. P., SUH, S., WEIDEMA, B. P., PENNINGTON, D. W., *Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*. Environment International, 2004, vol. 30, 701-720 s. ISSN 0160-4120.

REN, J., LIANG, H., *Multi-criteria group decision-making based sustainability measurement of wastewater treatment processes*. Environmental Impact Assessment Review, 2017, vol. 65, 91–99 s. ISSN 0195-9255.

RENOU, S., THOMAS, J. S., Aoustin, E., PONS, M. N., *Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA*. Journal of Cleaner Production, 2008, vol. 16, 1098-1105 s. ISSN 0959-6526.

RISCH, E., GUTIERREZ, O., ROUX, P., BOUTIN, C., COROMINAS, L., *Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems*. Water Research, 2015, vol. 77, 35-48 s. ISSN 0043-1354.

RISCH, E., LOUBET, P., NÚÑEZ, M., ROUX, P., *How environmentally significant is water consumption during wastewater treatment?: Application of recent developments in LCA to WWT technologies used at 3 contrasted geographical locations*. Water Research, 2014, vol. 57, 20-30 s. ISSN 0043-1354.

RODRIGUEZ-GARCIA, G., MOLINOS-SENANTE, M., HOSPIDO, A., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOREIRA, M. T., FEJOO, G., *Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants*. Water Research, 2011, vol. 45, 5997-6010 s. ISSN 0043-1354.

ROWE D., GREENE G., WARNER S., GIMRE K., *Remediation and water resource protection under changing climatic conditions*. Environmental Technology & Innovation, 2017, vol. 8, 291-298 s. ISSN 2352-1864.

SABEEN, A. H., NOOR, Z. Z., NGADI, N., ALMURAISSY, S., RAHEEM, A. B., *Quantification of environmental impacts of domestic wastewater treatment using life cycle assessment: A review*. Journal of Cleaner Production, 2018, vol. 190, 221–233 s. ISSN 0959-6526.

SALA-GARRIDO, R., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOLINOS-SENANTE, M., *Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach*. Environmental Science & Policy, 2012, vol. 18, 34-44 s. ISSN 1462-9011.

SALA- GARRIDO, R., MOLINOS- SENANTE, M., HERNÁNDEZ- SANCHO, F., *Comparing the efficiency of wastewater treatment technologies through a DEA metafrontier model*. Chemical Engineering Journal, 2011. ISSN 1385-8947.

SAZ-SALAZAR, S. D., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept*. Science of The Total Environment, 2009, vol. 407, 4574-4583 s. ISSN 0048-9697.

SHARAAI, A. H., MAHMOOD, N. Z., SULAIMAN, A. H., *Life cycle impact assessment (LCIA) using the ecological scarcity (ecopoints) method: A potential impact analysis to potable water production*. African Journal of Biotechnology, 2012, vol. 11, 1391-1402 s. ISSN 1684–5315.

SIEBER, P., *Analýza nákladů a užitků, metodická příručka*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2004. Dostupné z [on-line 20.6.2016]: [http://dotaceu.cz/getmedia/19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf/1083947206cba\\_1-4\\_19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf.pdf?ext=.pdf](http://dotaceu.cz/getmedia/19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf/1083947206cba_1-4_19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf.pdf?ext=.pdf).

STACKELBERG, P. E., FURLONG, E. T., MEYER, M. T., ZAUGG, S. D., HENDERSON, A. K., REISSMAN, D. B., *Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking-water-treatment plant*. Science of the Total Environment, 2004, vol. 329, 99-113 s. ISSN 0048-9697.

SYNEK, M., KISLINGEROVÁ, E., *Podniková ekonomika*. Praha: C. H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-336-3.

ŠVEHLA, P., TLUSTOŠ, P., BALÍK, J., *Odpadní vody*. Elektronická studijní opora. ČZU v Praze, 2007.

THE WORLD BANK DATA, *Annual freshwater withdrawals, total (billion cubic meters)*. Dostupné z [on-line 30.11. 2019].: <http://wdi.worldbank.org/table/3.5>.

TOMEI, M. C., BERTANZA, G., CANATO, M., HEIMERSOON, S., LAERA, G., SVANSTRÖM, M., *Techno-economic and environmental assessment of upgrading alternatives for sludge stabilization in municipal wastewater treatment plants*. Journal of Cleaner Production, 2016, vol. 112, 3106-3115 s. ISSN 0959-6526.

TOŠOVSKÁ, E., *Přístup členských zemí EU k pojetí a rozsahu škod na životním prostředí a jejich kvantifikaci*. Praha: FAST-PRINT, 1998. 65 s. ISBN 80-7184-799-2.

TZIAKIS, I., PACHIADAKIS, I., MORAITAKIS, M., XIDEAS, K., THEOLOGIS, G., TSAGARAKIS, K. P., *Valuing benefits from wastewater treatment and reuse using contingent valuation methodology*. Desalination, 2009, 117-125 s. ISSN 0011-9164.

UNITED NATIONS, *Development Programme. Goal 6: Clean water and sanitation*. Dostupné z [on-line 30.11.2015]: <http://www.undp.org/content/undp/en/home/mdgoverview/post-2015-development-agenda/goal-6.html>.

UNITED NATIONS, *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Dostupné z [on-line 12.10.2018]: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>.

ÚSTAV RACIONALIZACE VE STAVEBNICTVÍ PRAHA, *Převodní indexy cen stavebních objektů od roku 1971 do roku 2018*. Praha: ÚRS Praha, 2018. ISBN 978-80-7369-792-1.

ÚTERSÝ, M., PÍŠŤKOVÁ, V., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Technologie ČOV Mikulov a možnosti odbourávání mikropolutantů*, Vodní hospodářství, spol. s r.o., Čkyně, 2015. ISSN 1211-0760.

VÁZQUEZ-ROWE, I., IRIBARREN, D., HOSPIDO, A., MOREIRA, M. T., FEIJOO, G., *Computation of Operational and Environmental Benchmarks within Selected Galician Fishing Fleets*. Journal of Industrial Ecology, 2011, 776–795 s. Doi: 10.1111/j.1530-9290.2011.00360.x.

VERLICCHI, P., AL AUKIDY, M., GALLETTI, A., ZAMBELLO, E., ZANNI, G., MASOTTI, L., *A project of reuse of reclaimed wastewater in the Po Valley, Italy: Polishing sequence and cost benefit analysis*. Journal of Hydrology, 2012, vol. 432–433, 127-136 s. ISSN 0022-1694.

VESELÝ J., *Vodohospodářské stavby, modul 3, vodní stavby*. učení technické v Brně, Fakulta stavební. Brno, 2004. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia.

VIENO, N., TUHKANEN, T., KRONBERG, L., *Elimination of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Finland*. Water Research, 2007, 1001-1012 s. ISSN 0043-1354.

VÍTEŽ, T., GRODA B., *Čištění a čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 2008, 126 s. ISBN 978-7375-180-7.

VÍTOVEC, J., ŠPINA, J. *Diuretika a betablokátory v léčbě hypertenze*. Interní medicína pro praxi, 2012, článek v odborném časopise. Dostupné z [on-line 12.1.2015]: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2012/12/03.pdf>.

VODARENSTVI.CZ (Muari s.r.o.), *Provozní modely českého vodárenství*. Dostupné z [on-line 10.11.2016]: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/provozni-modely-ceskeho-vodarenstvi>.

VODARENSTVI.CZ (Muari s.r.o.), *Svět vody*. Dostupné z [on-line 30.11.2019]: <http://www.vodarenstvi.cz/svet-vody/>.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987*. Dostupné z [on-line 30.11.2018]: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

ZANG, Y., LI, Y., WANG, C., ZHANG, W., XIONG, W., *Towards more accurate life cycle assessment of biological wastewater treatment plants: a review*. Journal of Cleaner Production, 2015, 676-692 s. ISSN 0959-6526.

## **Legislativa, metodické pokyny**

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

ÚZ: Životní prostředí. 2014. Ostrava: Sagit, a.s. ISBN 978-80-7208-993-2.

ISO, 2006a. International Organization for Standardization (ISO) 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment e Principles and Framework (Geneva).

ISO, 2006b. International Organization for Standardization (ISO) 14040. Environmental Management - Life Cycle Assessment e Requirements and Guidelines (Geneva).

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AHP	Analytical hierarchical process
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
BSK <sub>5</sub>	Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
CBA	Cost Benefit Analysis
CF	Conversion Factor
CF	Cash flow
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
CVM	Contingent Valuation Method
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
DCF	Discounted Cash Flow
DČOV	Domácí čistírna odpadních vod
DEA	Data Envelopment Analysis
DF	Distance Function
DM	Dynamic Modelling
DN	Doba návratnosti
DPH	Daň z přidané hodnoty
EBA	Environmental Benefit Analysis
EBCR	Economic Benefit Cost Ratio
EEA	European Economic Area
EF	Ecological Footprint
EIA	Environmental Impact Assessment
EK	Evropská komise
ENPV	Economic Net Present Value
EO	Ekvivalentní obyvatel
ERA	Environmental Risk Assessment
EU	Evropská Unie
FDR	Financial Discount Rate
FNPV	Financial Net Present Value
HDP	Hrubý domácí produkt
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku

IR	Index rentability
IRR	Internal Rate of Return
JKSO	Jednotná klasifikace ve stavebnictví
Kč	Koruna česká
LCA	Life Cycle Assessment
LCAI	Life Cycle Assessment and Interpretation
LCC	Life Cycle Costing
LCI	Life Cycle Inventory Analysis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
MCA	Multi-criteria Analysis
MCDA	Multi-criteria Decision Analysis
MFA	Material Flow Analysis
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
$N_{\text{anog}}$	Celkový anorganický dusík
NCF	Net Cash Flow
NDDF	Non-radial Directional Distance Function
NEB	Net Enviromental Benefit
NL	Nerozpuštěné látky
NOAA	National Centers for Environmental Infromation
NPV	Net Present Value
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development
OP	Operační program
OSN	Organizace spojených národů
OPŽP	Operační program Životní prostředí
PB	Pay Back
$P_{\text{celk}}$	Celkový fosfor
PE	Populační ekvivalent
PŘ.N.L.	Před naším letopočtem
RAS	Rozpuštěné anorganické soli
RSV	Rámcová směrnice o vodách
SFŽP	Státní fond životního prostředí



SMR	Sulfamerazin
SMT	Sulfamethazin
SMX	Sulfamethoxazol
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací
SPY	Sulfapyridin
STZ	Sulfathiazol
TEV	Total Economic Value
ÚRS	Ústav racionalizace ve stavebnictví
WCED	World Commission on Environment and Development
WRDDM	Weighted Russell Directional Distance Model
WTP	Willingness to pay
WTA	Willingness to accept
WWTP	Waste water treatment plant
ŽP	Životní prostředí

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Produkované znečištění v roce 2018.....	28
Tabulka 2	Vypouštěné znečištění v roce 2018.....	28
Tabulka 3	Limitní hodnoty koncentrace a úbytku .....	31
Tabulka 4	Emisní standardy koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l.....	31
Tabulka 5	Emisní standardy – přípustná minimální účinnost čištění odpadních vod (minimální procento úbytku) procentech.....	32
Tabulka 6	Účinnost odstranění léčiv čistícími procesy na ČOV Mikulov.....	34
Tabulka 7	Počet ČOV v rozdělení dle způsobu čištění.....	39
Tabulka 8	Srovnání spotřeby vody, ceny vodného a stočného v krajích v roce 2018 ....	40
Tabulka 9	Statistické údaje o kanalizacích za rok 2018 .....	41
Tabulka 10	Přehled vědeckých článků zabývajících se obecným vymezením metod hodnocení dopadů na životní prostředí .....	51
Tabulka 11	Přehled odborných článků zabývajících se metodou LCA .....	54
Tabulka 12	Přehled odborných článků zabývajících se vybranými oceňovacími přístupy užívanými při aplikaci metody CBA .....	60
Tabulka 13	Přehled odborných článků zabývajících se finanční a ekonomickou analýzou CBA .....	62
Tabulka 14	Přehled odborných článků shrnující analyzované ostatní metody hodnocení .....	66
Tabulka 15	Porovnání klíčových aspektů vybraných metod hodnocení.....	70
Tabulka 16	Porovnání základních aspektů finanční a ekonomické analýzy.....	76
Tabulka 17	Vliv rizika na projekt a stupnice pravděpodobnosti jeho výskytu.....	77
Tabulka 18	Matice hodnocení rizikových faktorů – vzorový příklad.....	78
Tabulka 19	Doporučená délka referenčního období jednotlivých sektorů dle Evropské komise.....	83
Tabulka 20	Názorné druhy přínosů/nákladů u investic v oblasti vodního hospodářství	92
Tabulka 21	Přehled vzorku zkoumaných čistíren odpadních vod .....	95
Tabulka 22	Výsledky finanční analýzy .....	101
Tabulka 23	Přehled socio-ekonomických dopadů v modulu CBA.....	104
Tabulka 24	Výsledky ekonomické analýzy .....	105

Tabulka 25 Srovnání vybraného vzorku ČOV bez/s dotačním spolufinancováním .....	107
Tabulka 26 Kalkulace nákladů DČOV a stočné za rok na 1 EO .....	109
Tabulka 27 Výsledky ekon. analýzy se započítáním výdajů domácností na DČOV....	110
Tabulka 28 Hodnoty dopadu vzniku nových pracovních míst.....	113
Tabulka 29 Výsledky ekonomické analýzy se započítáním úspory nákladů státu na politiku zaměstnanosti .....	113
Tabulka 30 Vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu.....	118
Tabulka 31 Příklad zadání vstupní matice při více vstupech a více výstupech .....	126
Tabulka 32 Vstupní hodnoty za rok 2019 pro simulaci metody DEA.....	135
Tabulka 33 Výpočet efektivity DMU pomocí modelu CCR.....	137
Tabulka 34 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-I .....	139
Tabulka 35 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-O .....	141
Tabulka 36 Výpočet efektivity DMU pomocí modelu BCC.....	142
Tabulka 37 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-I .....	144
Tabulka 38 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-O .....	145

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma podpory ochrany životního prostředí prostřednictvím státního rozpočtu .....	20
Obrázek 2 Investice na ochranu životního prostředí v letech 1989–2018 .....	21
Obrázek 3 Ekonomický přínos z aktivit na ochranu ŽP v letech 2011–2018.....	22
Obrázek 4 Mapa centrálního starověkého Říma s vyznačením Cloaca Maxima – červeně .....	24
Obrázek 5 Brněnská čistírna odpadních vod v Modřicích.....	26
Obrázek 6 Kroky zpracování metody CBA .....	73
Obrázek 7 Grafické znázornění výše ENPV <sub>1</sub> a ENPV <sub>3</sub> jednotlivých ČOV.....	120
Obrázek 8 Grafické znázornění výše přírůstku k celospolečenskému přínosu v absolutní hodnotě jednotlivých ČOV .....	120
Obrázek 9 Množina produkčních možností – konstantní výnosy z rozsahu.....	124
Obrázek 10 Množina produkčních možností – variabilní výnosy z rozsahu .....	125
Obrázek 11 Grafické znázornění efektivnosti DMU v modelu CCR .....	138
Obrázek 12 Grafické znázornění efektivnosti DMU v modelu BCC .....	143

## PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI, PRÁCE NA PROJEKTECH, STÁŽE

### Publikační činnost

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Methods for Evaluation of WWTPs Environmental Impacts: A Review*. In International Scientific Conference "People, Buildings and Environment 2018 (PBE). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Velká Británie: IOP Conference Series, 2019. s. 1-12. ISSN: 1755-1307.

TURKOVÁ, J.; KORYTÁROVÁ, J., *DEA as a useful tool for assessing the economic efficiency of wastewater treatment plants*. In Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. International multidisciplinary geoconference SGEM. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016. Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2016. s. 61-68. ISBN: 978-619-7105-81-0. ISSN: 1314-2704.

TURKOVÁ J., KORYTÁROVÁ J., *Environmentální dopady investičního projektu v oblasti odpadového hospodářství*. Příspěvek na konferenci Juniorstav 2015, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2015. ISBN 978-80-214-5091-2

ÚTERSKÝ, M., HLAVÍNEK, P., PÍŠŤKOVÁ, V., VÁVROVÁ, M., TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Degradation of micropollutants at WWTP Mikulov*. Příspěvek na konferenci JUNIORSTAV 2015, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2015. ISBN 978-80-214-5091-2.

ÚTERSKÝ, M., PÍŠŤKOVÁ, V., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Technologie ČOV Mikulov a možnosti odbourávání mikropolutantů*. Článek v tuzemském časopise Vodní hospodářství, 2015, roč. 65, č. 6, s. 4-8. ISSN: 1211-0760.

TURKOVÁ, J., CHALOUPKOVÁ, P., ÚTERSKÝ, M., KORYTÁROVÁ, J., VÁVROVÁ, M., HLAVÍNEK, P., *Způsob ekonomického posouzení použité technologie u ČOV Mikulov*. Příspěvek na konferenci Oceňovanie a riadenie stavebných projektov, Euro Scientia vzw, Brusel, Belgie, 2014. ISBN 978-90-822990-1-4.

PÍŠŤKOVÁ, V., ÚTERSKÝ, M., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin z vodního ekosystému*. Příspěvek na konferenci Odpadové vody 2014, NOI Bratislava, Bratislava, 2014. ISBN 978-80-970896-7-2.

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Determination of the Cost of Equity by means of the CAPM Method*. Příspěvek na konferenci PBE PhD Forum 2014, VUT v Brně, Fakulta stavební, EKŘ, Brno, 2014. ISBN 978-80-214-5050-9.

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Stanovení diskontní sazby na základě výpočtu vážených nákladů kapitálu*. Příspěvek na konferenci Juniorstav 2014, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2014. ISBN 978-80-214-4851-3.

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Optimization of Tender Price using Sensitivity Analysis*. Článek v zahraničním časopise Nehnutelnosti a bývanie, Ústav manažmentu, Bratislava, roč. 2013, č. 02. ISSN 1336-944X.

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Český technologický park Brno*. Příspěvek na konferenci Management a ekonomika ve stavebnictví, ČVUT v Praze, Praha, 2013. ISBN 978-80-01-05357-7.

TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Sensitivity Analysis*. Příspěvek na konferenci Innovative trends in construction and real estate sector, Slovenská technická univerzita, Bratislava, 2013. ISBN 978-80-227-3932-0.

### **Projekty**

Modelování vhodné diskontní míry pro stanovení ekonomické efektivity investičních projektů, zahájení: 01.01.2014, ukončení: 31.12.2014. FAST-J-14-2517.

Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin z vodního ekosystému, zahájení: 01.01.2014, ukončení: 31.12.2014. FAST/FCH-J-14-2422.

### **Stáže**

University of the West of Scotland, Paisley, Velká Británie. Program ERASMUS+. Termín 1.10.2015 – 20.12.2015.

University of Montenegro, Faculty of Civil Engineering, Černá Hora. Program CEEPUS. Termín 1.3.2014 – 23.3.2014.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1 Přehled vstupních hodnot finanční i ekonomické analýzy vztažených k výchozímu roku 2019

Příloha č. 2 Podrobná optimalizace vstupů produkční jednotek u modelu CCR-I

Příloha č. 3 Podrobná optimalizace výstupů produkční jednotek u modelu CCR-O

Příloha č. 4 Podrobná optimalizace vstupů produkční jednotek u modelu BCC-I

Příloha č. 5 Podrobná optimalizace výstupů produkční jednotek u modelu BCC-O

**Příloha č. 1 Přehled vstupních hodnot finanční i ekonomické analýzy vztažených k výchozímu roku 2019**

<b>ČOV</b>	<b>Investiční náklady</b>	<b>Roční provozní náklady celkem</b>	<b>Roční provozní výnosy celkem</b>
ČOV_1	458 152 291 Kč	20 440 492 Kč	20 849 302 Kč
ČOV_2	147 282 100 Kč	6 440 669 Kč	6 624 679 Kč
ČOV_3	158 423 558 Kč	3 114 893 Kč	3 173 764 Kč
ČOV_4	49 932 305 Kč	1 987 518 Kč	2 057 082 Kč
ČOV_5	60 520 460 Kč	1 921 390 Kč	2 005 931 Kč
ČOV_6	131 403 451 Kč	37 113 722 Kč	39 266 318 Kč
ČOV_7	133 966 800 Kč	7 675 245 Kč	8 442 769 Kč
ČOV_8	147 996 242 Kč	4 996 301 Kč	5 125 205 Kč
ČOV_9	32 491 932 Kč	1 651 205 Kč	1 816 160 Kč
ČOV_10	148 892 123 Kč	3 231 977 Kč	3 308 542 Kč
ČOV_11	96 088 217 Kč	5 091 346 Kč	5 727 764 Kč
ČOV_12	90 558 255 Kč	3 073 444 Kč	3 841 805 Kč
ČOV_13	24 079 000 Kč	1 357 721 Kč	1 572 241 Kč
ČOV_14	92 700 175 Kč	5 786 298 Kč	6 357 405 Kč
ČOV_15	45 146 049 Kč	1 180 845 Kč	1 234 928 Kč
ČOV_16	66 469 937 Kč	1 626 182 Kč	1 685 538 Kč
ČOV_17	168 116 550 Kč	10 756 715 Kč	11 601 117 Kč
ČOV_18	110 419 391 Kč	7 133 443 Kč	7 756 906 Kč
ČOV_19	67 242 327 Kč	1 565 903 Kč	1 739 718 Kč



ČOV	Investiční náklady	Roční provozní náklady celkem	Roční provozní výnosy celkem
ČOV_20	21 389 069 Kč	372 198 Kč	379 176 Kč
ČOV_21	77 135 573 Kč	1 997 734 Kč	2 028 260 Kč
ČOV_22	56 850 200 Kč	688 874 Kč	706 695 Kč
ČOV_23	154 443 844 Kč	1 470 283 Kč	1 501 335 Kč
ČOV_24	21 718 800 Kč	593 254 Kč	614 932 Kč
ČOV_25	20 248 250 Kč	331 071 Kč	363 761 Kč
ČOV_26	18 322 730 Kč	541 846 Kč	620 413 Kč
ČOV_27	114 346 663 Kč	2 422 369 Kč	2 470 816 Kč
ČOV_28	21 391 069 Kč	431 831 Kč	468 740 Kč
ČOV_29	81 026 775 Kč	1 586 466 Kč	1 690 332 Kč
ČOV_30	47 123 960 Kč	1 106 311 Kč	1 134 283 Kč
ČOV_31	23 508 261 Kč	530 536 Kč	543 661 Kč
ČOV_32	47 431 580 Kč	1 588 523 Kč	1 640 436 Kč
ČOV_33	43 788 090 Kč	698 127 Kč	736 434 Kč
ČOV_34	73 839 018 Kč	2 330 861 Kč	2 768 830 Kč
ČOV_35	51 759 138 Kč	557 268 Kč	577 218 Kč
ČOV_36	36 218 711 Kč	458 564 Kč	495 052 Kč
ČOV_37	80 979 888 Kč	616 902 Kč	623 966 Kč
ČOV_38	45 616 147 Kč	930 494 Kč	1 200 151 Kč

**Příloha č. 2 Podrobná optimalizace vstupních hodnot v modelu CCR-I**

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_01	0,8882	10	17298923	15365442	-11,177	3141568,6	2790439	-11,177
ČOV_02	0,7608	20	5458194,7	4152354,1	-23,924	982474,76	747423,53	-23,924
ČOV_03	0,3807	34	2732361,8	1040256,4	-61,928	382531	145636,02	-61,928
ČOV_04	0,4883	29	1758865,7	858921,28	-51,166	228652,72	111659,85	-51,166
ČOV_05	0,6766	21	1582456,4	1070628,1	-32,344	338933,58	229309,2	-32,344
ČOV_06	0,127	38	36249084	1623747,4	-95,521	864637,56	109790,75	-87,302
ČOV_07	0,8438	17	6190765,8	5223490,8	-15,624	1484479,1	1252536,9	-15,624
ČOV_08	0,5723	25	4129173,9	2362930,7	-42,775	867126,77	496215,6	-42,775
ČOV_09	0,4551	30	1320906,4	601088,6	-54,494	330298,11	150304,69	-54,494
ČOV_10	0,5952	24	2791215,3	1661320,6	-40,48	440761,38	262339,48	-40,48
ČOV_11	0,4294	31	4073046,1	1749061,1	-57,058	1018300,1	437281,82	-57,058
ČOV_12	0,2733	37	2498734,8	682790,36	-72,675	574708,8	157041,73	-72,675
ČOV_13	0,3625	35	1141205	413653,16	-63,753	216516,15	78480,723	-63,753
ČOV_14	0,3021	36	4993276,8	1508647,4	-69,786	793020,89	239599,96	-69,786
ČOV_15	0,5358	27	937179,01	502162,28	-46,418	243666,01	130561,91	-46,418
ČOV_16	0,3901	33	1351237,5	527094,12	-60,992	274945	107251,24	-60,992
ČOV_17	0,8599	15	8959473,4	7704516,2	-14,007	1797241,2	1545500,8	-14,007
ČOV_18	0,9255	9	5760836,5	5331441,5	-7,454	1372607	1270297,1	-7,454
ČOV_19	0,8607	14	990127,71	852239,96	-13,926	575775,2	495591,25	-13,926

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_20	1	1	184042,43	184042,43	0	188155,11	188155,11	0
ČOV_21	0,8532	16	1669748,1	1424562,5	-14,684	327986,23	279824,78	-14,684
ČOV_22	0,8235	18	386591,92	318369,57	-17,647	302281,98	248937,91	-17,647
ČOV_23	1	1	1108367,3	1108367,3	0	361915,84	361915,84	0
ČOV_24	1	1	419493,36	419493,36	0	173760,73	173760,73	0
ČOV_25	0,9427	8	250873,48	236507	-5,727	80197,26	75604,696	-5,727
ČOV_26	1	1	341352,44	341352,44	0	200493,15	200493,15	0
ČOV_27	0,8633	13	1756114,4	1516064,4	-13,669	666254,16	575181,34	-13,669
ČOV_28	0,559	26	369113,03	206342,6	-44,098	62718,37	35060,998	-44,098
ČOV_29	0,5047	28	1406536,6	709813,03	-49,535	179929,75	90802,106	-49,535
ČOV_30	0,4129	32	900676,92	371933,3	-58,705	205634	84916,279	-58,705
ČOV_31	0,8846	11	348549,63	308325,49	-11,54	181986,09	140286,18	-22,914
ČOV_32	0,6424	23	1031254,5	662457,98	-35,762	557268,14	357978,29	-35,762
ČOV_33	0,6725	22	409211,66	275208,52	-32,747	288915,77	117203,57	-59,433
ČOV_34	0,8091	19	1558705,7	1261172,4	-19,088	772155,67	624762,85	-19,088
ČOV_35	1	1	268352,37	268352,37	0	288915,77	288915,77	0
ČOV_36	1	1	323873,55	323873,55	0	134690,27	134690,27	0
ČOV_37	1	1	577831,54	577831,54	0	39070,46	39070,46	0
ČOV_38	0,8676	12	887310,71	554077,59	-37,555	43183,14	37464,321	-13,243

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
2598360	2598360	0	684,3	12729	1760,149	1257,9	28009,8	2126,711	891	15384,11	1626,612	130	993,5467	664,267
700251	700251	0	156,1	3473,15	2124,952	332,6	7641,549	2197,519	189,4	4198,605	2116,793	15	270,8469	1705,646
163382	163382	0	147,9	1077,824	628,752	356,7	2365,097	563,049	68,7	1309,127	1805,57	52,4	82,53255	57,505
132415	132415	0	64,9	932,8185	1337,317	129,4	2045,857	1481,033	166	1134,032	583,152	20,32	71,17583	250,275
191145	191145	0	62,1	712,8117	1047,845	39,2	1573,86	3914,95	115,2	856,2717	643,291	20,4	56,92359	179,037
220998	220998	0	56,1	2269,132	3944,799	132,6	4964,833	3644,218	89,4	2770,168	2998,621	17,7	170,2903	862,092
971302	971302	0	198,5	2809,994	1315,614	392,3	6229,83	1488,027	159	3350,604	2007,298	11,09	230,5362	1978,776
419006	419006	0	164,3	1622,541	887,548	320,5	3580,626	1017,2	187	1950,934	943,28	30	129,1193	330,398
113558	113558	0	64,9	292,5556	350,779	223,5	650,0577	190,854	22,5	347,4168	1444,074	13,1	24,35203	85,893
269540	269540	0	56,4	1572,779	2688,615	108,8	3454,831	3075,396	59,8	1906,737	3088,524	5,1	121,31	2278,628
330411	330411	0	75,1	851,6749	1034,055	134,5	1892,399	1306,988	63,2	1011,404	1500,323	7,2	70,88765	884,551
125029	125029	0	79,8	400,677	402,101	160,2	886,7359	453,518	32	479,3042	1397,826	3,6	32,49266	802,574
70923	70923	0	157,6	325,9074	106,794	276	717,6642	160,023	130	393,3845	202,603	25	25,56217	2,249
245166	245166	0	221,5	1421,408	541,719	392,5	3122,506	695,543	174,2	1723,045	889,119	10	109,6788	996,788
41209	47682,3	15,708	341,3	700,3824	105,21	617,2	1472,315	138,548	170,8	771,2773	351,567	26,4	36,0767	36,654
92248	92248	0	98	435,7234	344,616	179,5	957,1025	433,205	84,5	521,4819	517,138	35,1	35,1	0
1345227	1345227	0	222,6	5652,09	2439,124	453,6	12459,66	2646,839	181,2	6809,131	3657,799	25,4	446,5619	1658,118
989023	989023	0	173,8	2908,629	1573,549	398	6446,591	1519,746	183,2	3470,089	1794,153	12	238,1671	1884,726
228524	228524	0	313,9	509,198	62,217	557,7	1076,271	92,984	324,4	476,8825	47,004	84,6	84,6	0

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>s</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
63882	63882	0	133,7	133,7	0	267	267	0	96,3	96,3	0	40,9	40,9	0
247013	247013	0	103,9	1074,712	934,371	270,5	2368,105	775,455	69,2	1295,721	1772,429	25	84,66393	238,656
79771	79771	0	192,8	306,9633	59,213	482,7	623,4304	29,155	178,5	272,6844	52,764	33,5	51,98067	55,166
233933	233933	0	116,3	116,3	0	280,5	280,5	0	116,5	116,5	0	15	15	0
52711	52711	0	206,9	206,9	0	405,8	405,8	0	225,9	225,9	0	130	130	0
22844	22844	0	137,2	324,2716	136,35	333,3	676,1434	102,863	152,5	347,9976	128,195	10,7	16,87508	57,711
95766	95766	0	112,4	112,4	0	236,7	236,7	0	83,8	83,8	0	20	20	0
339548	339548	0	66,1	680,5528	929,581	141	1487,133	954,704	130,8	722,2354	452,168	75	75	0
23890	23890	0	171,1	287,5485	68,059	339,5	616,3699	81,552	63,3	333,0993	426,223	13,9	18,23328	31,175
108511	108511	0	159,6	902,5185	465,488	397,7	1972,542	395,987	185,2	1089,014	488,02	70,5	70,5	0
36722	37837,53	3,038	234,6	518,9151	121,191	483,2	1098,19	127,275	152,7	581,6792	280,929	23,1	28,74437	24,435
37718	37718	0	368,9	395,4501	7,197	710,5	814,2802	14,607	263	403,0292	53,243	24,1	26,25828	8,956
167413	167413	0	330,3	514,74	55,84	679,4	1093,902	61,01	328,7	520,376	58,313	43,5	78,05004	79,425
59247	59247	0	315,3	315,3	0	558	675,5449	21,065	138,3	347,3687	151,17	39,1	40,98188	4,813
259569	259569	0	396,5	1145,652	188,941	792,6	2406,182	203,581	401,8	1217,748	203,073	257	257	0
13468	13468	0	301,9	301,9	0	608	608	0	272,8	272,8	0	6,7	6,7	0
19955	19955	0	451	451	0	916,6	916,6	0	452,8	452,8	0	14,6	14,6	0
78645	78645	0	807,5	807,5	0	1766,8	1766,8	0	985,8	985,8	0	60,6	60,6	0
75412	75412	0	396,4	774,3047	95,334	801,3	1694,169	111,428	458,6	945,275	106,122	28,2	58,10881	106,06

N_NH4 v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
47,3	1961,58	4047,104	41,1	1875,916	4464,273	47,5	2090,122	4300,256	7,212	405,6044	5524,021
37,5	533,9552	1323,881	36,6	510,7772	1295,566	42,8	569,0935	1229,658	9,6	110,6168	1052,259
4,9	157,8574	3121,58	9,8	151,8749	1449,744	4,4	169,1659	3744,678	11,7	33,99573	190,562
5,5	135,3128	2360,232	2	130,3368	6416,838	4,35	145,1671	3237,175	8,5	29,36678	245,492
36,6	116,486	218,268	27,4	110,6646	303,885	31,58	123,3423	290,571	4,8	22,99446	379,051
37,3	314,4469	743,021	36,6	304,6116	732,272	42,8	339,1755	692,466	9,5	70,81378	645,408
53,4	490,8847	819,26	48,7	463,0484	850,818	55	516,282	838,695	7,746	91,98795	1087,554
39,2	262,8113	570,437	37,6	249,9215	564,685	44,4	278,5386	527,339	6,4	52,24219	716,284
9,6	52,91598	451,208	8,6	49,73884	478,359	8,41	55,46703	559,537	8,4	9,653651	14,924
18,1	234,8769	1197,663	17,1	225,4485	1218,412	15	251,1452	1574,301	2,2	49,79882	2163,583
22,9	154,0214	572,582	19,1	144,7761	657,99	23,37	161,4492	590,839	1,3	28,10221	2061,708
9,2	68,03585	639,52	8,6	64,36895	648,476	5,6	71,75814	1181,395	8	13,03363	62,92
8,1	50,86287	527,937	8,6	48,57091	464,778	10,1	54,12106	435,852	3,3	10,41197	215,514
56,4	212,4994	276,772	49,2	203,9432	314,519	37,7	227,1902	502,627	7,6	45,01562	492,311
135,4	141,1687	4,261	130,3	130,3	0	116,5	130,6304	12,129	12,6	19,99459	58,687
28,8	67,26683	133,565	27,2	64,53101	137,246	29,9	71,66503	139,682	2,3	13,69477	495,425
62	898,8596	1349,774	55,48	856,5249	1443,845	63,7	954,5021	1398,433	8,396	181,2804	2059,129
45,7	505,7336	1006,638	44,1	477,2876	982,285	51	532,145	943,422	8	95,11605	1088,951
84,6	117,6809	39,103	69,2	98,91191	42,936	74,6	87,96631	17,917	10,3	12,43564	20,734
54,5	54,5	0	34,9	34,9	0	18,3	18,3	0	2,8	2,8	0

N_NH4 v t/rok			N_anorg v t/rok			N_c v t/rok			P_c v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
42,9	169,6365	295,423	41,6	161,7837	288,903	28,2	180,2823	539,299	3,3	34,4154	942,891
64,7	97,09855	50,075	56,9	72,01438	26,563	52,54	52,54	0	7,4	7,438853	0,525
48,5	48,5	0	43	43	0	48,1	48,1	0	5	5	0
62,3	62,3	0	49,7	49,7	0	65,9	65,9	0	5,5	5,5	0
35,4	70,1841	98,26	22,4	63,73238	184,52	62,3	62,3	0	3,2	9,06018	183,131
24,6	24,6	0	24,7	24,7	0	25,4	25,4	0	2,1	2,1	0
16,78	128,1986	663,996	16,3	123,5213	657,799	29	133,9404	361,863	1,7	19,50737	1047,492
49,3	49,3	0	33,6	46,32207	37,863	16,9	48,4439	186,65	7,1	8,575148	20,777
43,5	127,2751	192,586	33,6	123,4947	267,544	34,2	137,0064	300,603	3,3	27,83185	743,389
99,2	99,2	0	87,4	92,10482	5,383	55	93,61333	70,206	9,1	15,04172	65,294
92,4	96,99999	4,978	52,3	84,27114	61,13	77,56	77,56	0	10,6	10,6	0
89,7	113,7287	26,788	43,5	93,34316	114,582	45,1	82,13276	82,113	13,6	13,6	0
34,1	63,87785	87,325	19,8	51,83842	161,81	18,68	46,18377	147,236	3,2	9,069601	183,425
85,9	272,5181	217,25	80,6	212,6139	163,789	77,4	197,2558	154,852	13,9	31,6924	128,003
86,2	86,2	0	70,4	70,4	0	79,9	79,9	0	10,9	10,9	0
114	114	0	102,9	102,9	0	97,7	97,7	0	11,9	11,9	0
111,9	111,9	0	108,4	108,4	0	120,7	120,7	0	25,2	25,2	0
99,3	107,2999	8,056	95,6	103,9438	8,728	113,1	115,7382	2,333	14,8	24,16406	63,271

**Příloha č. 3 Podrobná optimalizace výstupních hodnot v modelu CCR-O**

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_01	0,8882	10	17298923,24	17298923,24	0	3141569	3141569	0
ČOV_02	0,7608	20	5458194,671	5458194,671	0	982474,8	982474,8	0
ČOV_03	0,3807	34	2732361,775	2732361,775	0	382531	382531	0
ČOV_04	0,4883	29	1758865,743	1758865,743	0	228652,7	228652,7	0
ČOV_05	0,6766	21	1582456,447	1582456,447	0	338933,6	338933,6	0
ČOV_06	0,127	38	36249084,41	12787534,39	-64,723	864637,6	864637,6	0
ČOV_07	0,8438	17	6190765,796	6190765,796	0	1484479	1484479	0
ČOV_08	0,5723	25	4129173,903	4129173,903	0	867126,8	867126,8	0
ČOV_09	0,4551	30	1320906,45	1320906,45	0	330298,1	330298,1	0
ČOV_10	0,5952	24	2791215,254	2791215,254	0	440761,4	440761,4	0
ČOV_11	0,4294	31	4073046,103	4073046,103	0	1018300	1018300	0
ČOV_12	0,2733	37	2498734,819	2498734,819	0	574708,8	574708,8	0
ČOV_13	0,3625	35	1141204,953	1141204,953	0	216516,2	216516,2	0
ČOV_14	0,3021	36	4993276,76	4993276,76	0	793020,9	793020,9	0
ČOV_15	0,5358	27	937179,0113	937179,0113	0	243666	243666	0
ČOV_16	0,3901	33	1351237,465	1351237,465	0	274945	274945	0
ČOV_17	0,8599	15	8959473,38	8959473,38	0	1797241	1797241	0



DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_18	0,9255	9	5760836,51	5760836,51	0	1372607	1372607	0
ČOV_19	0,8607	14	990127,71	990127,71	0	575775,2	575775,2	0
ČOV_20	1	1	184042,43	184042,43	0	188155,1	188155,1	0
ČOV_21	0,8532	16	1669748,08	1669748,08	0	327986,2	327986,2	0
ČOV_22	0,8235	18	386591,92	386591,92	0	302282	302282	0
ČOV_23	1	1	1108367,26	1108367,26	0	361915,8	361915,8	0
ČOV_24	1	1	419493,36	419493,36	0	173760,7	173760,7	0
ČOV_25	0,9427	8	250873,48	250873,48	0	80197,26	80197,26	0
ČOV_26	1	1	341352,44	341352,44	0	200493,2	200493,2	0
ČOV_27	0,8633	13	1756114,36	1756114,36	0	666254,2	666254,2	0
ČOV_28	0,559	26	369113,03	369113,03	0	62718,37	62718,37	0
ČOV_29	0,5047	28	1406536,56	1406536,56	0	179929,8	179929,8	0
ČOV_30	0,4129	32	900676,92	900676,92	0	205634	205634	0
ČOV_31	0,8846	11	348549,63	348549,63	0	181986,1	158587,9	-12,857
ČOV_32	0,6424	23	1031254,51	1031254,51	0	557268,1	557268,1	0
ČOV_33	0,6725	22	409211,66	409211,66	0	288915,8	174271,7	-39,681
ČOV_34	0,8091	19	1558705,72	1558705,72	0	772155,7	772155,7	0
ČOV_35	1	1	268352,37	268352,37	0	288915,8	288915,8	0
ČOV_36	1	1	323873,55	323873,55	0	134690,3	134690,3	0
ČOV_37	1	1	577831,54	577831,54	0	39070,46	39070,46	0
ČOV_38	0,8676	12	887310,71	638655,9126	-28,023	43183,14	43183,14	0

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
2598360	2925320	12,583	684,3	14330,73	1994,217	1257,9	31534,36	2406,905	891	17319,94	1843,877	130	1118,568	760,437
700251	920467,3	31,448	156,1	4565,393	2824,659	332,6	10044,68	2920,048	189,4	5518,991	2813,934	15	356,0234	2273,489
163382	429143	162,662	147,9	2831,037	1814,156	356,7	6212,218	1641,581	68,7	3438,583	4905,216	52,4	216,7819	313,706
132415	271154,3	104,776	64,9	1910,19	2843,281	129,4	4189,427	3137,579	166	2322,227	1298,932	20,32	145,7511	617,279
191145	282524,5	47,806	62,1	1053,581	1596,588	39,2	2326,266	5834,351	115,2	1265,624	998,632	20,4	84,13668	312,435
220998	1740431	687,532	56,1	17870,15	31754,09	132,6	39099,66	29386,92	89,4	21815,96	24302,64	17,7	1341,091	7476,784
971302	1151166	18,518	198,5	3330,343	1577,754	392,3	7383,456	1782,094	159	3971,061	2397,523	11,09	273,2264	2363,719
419006	732204,6	74,748	164,3	2835,358	1625,72	320,5	6257,071	1852,284	187	3409,218	1723,111	30	225,6334	652,111
113558	249546,4	119,752	64,9	642,8979	890,598	223,5	1428,517	539,158	22,5	763,4565	3293,14	13,1	53,51416	308,505
269540	452859,1	68,012	56,4	2642,455	4585,203	108,8	5804,525	5235,041	59,8	3203,545	5257,098	5,1	203,8152	3896,377
330411	769429,5	132,87	75,1	1983,299	2540,878	134,5	4406,837	3176,459	63,2	2355,261	3626,679	7,2	165,0764	2192,727
125029	457555,3	265,959	79,8	1466,315	1737,487	160,2	3245,093	1925,651	32	1754,058	5381,432	3,6	118,9099	3203,053
70923	195665,6	175,885	157,6	899,1279	470,513	276	1979,924	617,364	130	1085,287	734,836	25	70,52205	182,088
245166	811443,2	230,977	221,5	4704,533	2023,943	392,5	10334,78	2533,065	174,2	5702,884	3173,757	10	363,0117	3530,117
41209	88988,86	115,945	341,3	1307,115	282,981	617,2	2747,763	345,198	170,8	1439,425	742,755	26,4	67,32947	155,036
92248	236483,3	156,356	98	1117,003	1039,799	179,5	2453,59	1266,902	84,5	1336,85	1482,071	35,1	89,98096	156,356
1345227	1564346	16,289	222,6	6572,735	2852,711	453,6	14489,16	3094,26	181,2	7918,243	4269,891	25,4	519,3006	1944,491
989023	1068679	8,054	173,8	3142,89	1708,337	398	6965,8	1650,201	183,2	3749,57	1946,709	12	257,3491	2044,576

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
228524	265497,9	16,179	313,9	591,5835	88,462	557,7	1250,406	124,208	324,4	554,0395	70,789	84,6	98,28782	16,179
63882	63882	0	133,7	133,7	0	267	267	0	96,3	96,3	0	40,9	40,9	0
247013	289527,1	17,211	103,9	1259,684	1112,4	270,5	2775,687	926,132	69,2	1518,731	2094,698	25	99,23569	296,943
79771	96864,86	21,429	192,8	372,7414	93,331	482,7	757,0232	56,831	178,5	331,117	85,5	33,5	63,11943	88,416
233933	233933	0	116,3	116,3	0	280,5	280,5	0	116,5	116,5	0	15	15	0
52711	52711	0	206,9	206,9	0	405,8	405,8	0	225,9	225,9	0	130	130	0
22844	24231,65	6,074	137,2	343,9693	150,706	333,3	717,2153	115,186	152,5	369,1366	142,057	10,7	17,90015	67,291
95766	95766	0	112,4	112,4	0	236,7	236,7	0	83,8	83,8	0	20	20	0
339548	393311,2	15,834	66,1	788,3099	1092,602	141	1722,602	1121,703	130,8	836,5924	539,597	75	86,87532	15,834
23890	42735,29	78,884	171,1	514,377	200,629	339,5	1102,585	224,767	63,3	595,86	841,327	13,9	32,61634	134,65
108511	215021	98,156	159,6	1788,394	1020,548	397,7	3908,709	882,829	185,2	2157,945	1065,197	70,5	139,6999	98,156
36722	91627,69	149,517	234,6	1256,609	435,639	483,2	2659,388	450,37	152,7	1408,6	822,462	23,1	69,60762	201,332
37718	42638,69	13,046	368,9	447,0405	21,182	710,5	920,5112	29,558	263	455,6084	73,235	24,1	29,68394	23,17
167413	260613,4	55,671	330,3	801,3005	142,598	679,4	1702,888	150,646	328,7	810,0742	146,448	43,5	121,5012	179,313
59247	88095,25	48,691	315,3	468,8243	48,691	558	1004,478	80,014	138,3	516,5076	273,469	39,1	60,93656	55,848
259569	320806	23,592	396,5	1415,932	257,108	792,6	2973,844	275,201	401,8	1505,037	274,574	257	317,6309	23,592
13468	13468	0	301,9	301,9	0	608	608	0	272,8	272,8	0	6,7	6,7	0
19955	19955	0	451	451	0	916,6	916,6	0	452,8	452,8	0	14,6	14,6	0
78645	78645	0	807,5	807,5	0	1766,8	1766,8	0	985,8	985,8	0	60,6	60,6	0
75412	86923,42	15,265	396,4	892,5	125,151	801,3	1952,779	143,701	458,6	1089,568	137,586	28,2	66,97895	137,514

N_NH4 v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
47,3	2208,412	4568,947	41,1	2111,969	5038,61	47,5	2353,128	4853,954	7,212	456,6428	6231,709
37,5	701,8745	1771,665	36,6	671,4075	1734,447	42,8	748,0632	1647,811	9,6	145,4039	1414,623
4,9	414,632	8361,878	9,8	398,9181	3970,593	4,4	444,335	9998,523	11,7	89,29398	663,196
5,5	277,0882	4937,968	2	266,8986	13244,93	4,35	297,2676	6733,738	8,5	60,13616	607,484
36,6	172,1737	370,42	27,4	163,5693	496,968	31,58	182,3078	477,289	4,8	33,98727	608,068
37,3	2476,371	6539,064	36,6	2398,915	6454,412	42,8	2671,117	6140,927	9,5	557,6813	5770,33
53,4	581,7857	989,486	48,7	548,7947	1026,889	55	611,886	1012,52	7,746	109,0221	1307,463
39,2	459,2575	1071,575	37,6	436,7327	1061,523	44,4	486,7407	996,263	6,4	91,29218	1326,44
9,6	116,2841	1111,293	8,6	109,3023	1170,957	8,41	121,8901	1349,347	8,4	21,21413	152,549
18,1	394,6211	2080,227	17,1	378,7801	2115,088	15	421,9537	2713,025	2,2	83,66792	3703,087
22,9	358,6702	1466,245	19,1	337,1407	1665,135	23,37	375,9673	1508,76	1,3	65,44173	4933,979
9,2	248,9835	2606,342	8,6	235,5642	2639,118	5,6	262,6056	4589,385	8	47,69779	496,222
8,1	140,3228	1632,38	8,6	133,9996	1458,135	10,1	149,3116	1378,333	3,3	28,72502	770,455
56,4	703,3243	1147,029	49,2	675,0051	1271,962	37,7	751,9475	1894,556	7,6	148,9914	1860,413
135,4	263,4614	94,58	130,3	243,1772	86,629	116,5	243,7939	109,265	12,6	37,31565	196,156
28,8	172,4426	498,759	27,2	165,4291	508,195	29,9	183,7176	514,44	2,3	35,10736	1426,407
62	1045,271	1585,921	55,48	996,0408	1695,315	63,7	1109,977	1642,507	8,396	210,8085	2410,82
45,7	546,4654	1095,767	44,1	515,7285	1069,452	51	575,004	1027,459	8	102,7767	1184,709

N_NH4 v t/rok			N_anorg v t/rok			N_c v t/rok			P_c v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Data	Projekce	Změna (%)	Data
84,6	136,7211	61,609	69,2	114,9153	66,063	74,6	102,1988	36,996	10,3	14,44766	40,269
54,5	54,5	0	34,9	34,9	0	18,3	18,3	0	2,8	2,8	0
42,9	198,8331	363,481	41,6	189,6288	355,838	28,2	211,3112	649,331	3,3	40,33873	1122,386
64,7	117,9055	82,234	56,9	87,4461	53,684	52,54	63,79862	21,429	7,4	9,0329	22,066
48,5	48,5	0	43	43	0	48,1	48,1	0	5	5	0
62,3	62,3	0	49,7	49,7	0	65,9	65,9	0	5,5	5,5	0
35,4	74,4474	110,303	22,4	67,60377	201,803	62,3	66,08438	6,074	3,2	9,610536	200,329
24,6	24,6	0	24,7	24,7	0	25,4	25,4	0	2,1	2,1	0
16,78	148,4972	784,966	16,3	143,0793	777,787	29	155,1482	434,994	1,7	22,59612	1229,183
49,3	88,18961	78,884	33,6	82,86257	146,615	16,9	86,65819	412,77	7,1	15,33953	116,05
43,5	252,2031	479,777	33,6	244,7122	628,31	34,2	271,4862	693,819	3,3	55,15046	1571,226
99,2	240,2236	142,161	87,4	223,0418	155,197	55	226,6949	312,172	9,1	36,42516	300,276
92,4	109,6546	18,674	52,3	95,26516	82,151	77,56	87,67848	13,046	10,6	11,98288	13,046
89,7	177,0425	97,372	43,5	145,3082	234,042	45,1	127,8568	183,496	13,6	21,17125	55,671
34,1	94,98093	178,536	19,8	77,07932	289,289	18,68	68,67134	267,62	3,2	13,48573	321,429
85,9	336,81	292,095	80,6	262,7734	226,022	77,4	243,7919	214,977	13,9	39,1692	181,793
86,2	86,2	0	70,4	70,4	0	79,9	79,9	0	10,9	10,9	0
114	114	0	102,9	102,9	0	97,7	97,7	0	11,9	11,9	0
111,9	111,9	0	108,4	108,4	0	120,7	120,7	0	25,2	25,2	0
99,3	123,6789	24,551	95,6	119,8105	25,325	113,1	133,4053	17,953	14,8	27,85263	88,193

**Příloha č. 4 Podrobná optimalizace vstupních hodnot v modelu BBC-I**

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_01	1	1	17298923,24	17298922,21	0	3141569	3141568	0
ČOV_02	0,8436	22	5458194,671	4604505,26	-15,641	982474,8	828810,7	-15,641
ČOV_03	0,402	33	2732361,775	1098326,558	-59,803	382531	153765,9	-59,803
ČOV_04	0,507	29	1758865,743	891685,1711	-49,303	228652,7	115919,2	-49,303
ČOV_05	0,6954	24	1582456,447	1100373,357	-30,464	338933,6	235680,1	-30,464
ČOV_06	0,2479	38	36249084,41	1522501,463	-95,8	864637,6	214347,6	-75,21
ČOV_07	0,9315	17	6190765,796	5766426,354	-6,854	1484479	1360740	-8,336
ČOV_08	0,6142	27	4129173,903	2536046,053	-38,582	867126,8	532569,8	-38,582
ČOV_09	0,4576	30	1320906,45	604503,7313	-54,236	330298,1	151158,7	-54,236
ČOV_10	0,6457	26	2791215,254	1802299,678	-35,43	440761,4	284601,5	-35,43
ČOV_11	0,4489	31	4073046,103	1828507,323	-55,107	1018300	457144,1	-55,107
ČOV_12	0,274	37	2498734,819	684751,6014	-72,596	574708,8	157492,8	-72,596
ČOV_13	0,3896	35	1141204,953	444568,8161	-61,044	216516,2	84346,22	-61,044
ČOV_14	0,3256	36	4993276,76	1625892,958	-67,438	793020,9	258220,6	-67,438
ČOV_15	1	1	937179,0113	937161,2908	-0,002	243666	243661,4	-0,002
ČOV_16	0,3919	34	1351237,465	529582,7877	-60,808	274945	107757,6	-60,808
ČOV_17	0,9618	16	8959473,38	8617658,685	-3,815	1797241	1719200	-4,342

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Projekce	Data	Změna (%)
ČOV_18	1	1	5760836,51	5760835,702	0	1372607	1372607	0
ČOV_19	1	1	990127,71	990126,8985	0	575775,2	575774,7	0
ČOV_20	1	1	184042,43	184042,43	0	188155,1	188155,1	0
ČOV_21	0,8995	20	1669748,08	1501871,72	-10,054	327986,2	295010,5	-10,054
ČOV_22	0,9234	18	386591,92	356969,3554	-7,662	302282	171163,9	-43,376
ČOV_23	1	1	1108367,26	1108367,26	0	361915,8	361915,8	0
ČOV_24	1	1	419493,36	419493,36	0	173760,7	173760,7	0
ČOV_25	1	1	250873,48	250873,0793	0	80197,26	80197,13	0
ČOV_26	1	1	341352,44	341352,44	0	200493,2	200493,2	0
ČOV_27	0,9901	15	1756114,36	1738644,802	-0,995	666254,2	659626,4	-0,995
ČOV_28	1	1	369113,03	369109,6134	-0,001	62718,37	62717,79	-0,001
ČOV_29	0,5487	28	1406536,56	771731,0612	-45,133	179929,8	98722,91	-45,133
ČOV_30	0,4442	32	900676,92	400058,1779	-55,582	205634	91337,48	-55,582
ČOV_31	0,8846	21	348549,63	308332,8884	-11,538	181986,1	141513,6	-22,239
ČOV_32	0,7617	23	1031254,51	785553,1388	-23,825	557268,1	383896,8	-31,111
ČOV_33	0,6902	25	409211,66	282452,8788	-30,976	288915,8	150806,2	-47,803
ČOV_34	1	1	1558705,72	1558704,61	0	772155,7	772155,1	0
ČOV_35	1	1	268352,37	268352,37	0	288915,8	288915,8	0
ČOV_36	1	1	323873,55	323873,55	0	134690,3	134690,3	0
ČOV_37	1	1	577831,54	577831,54	0	39070,46	39070,46	0
ČOV_38	0,9048	19	887310,71	577825,7617	-34,879	43183,14	39070,07	-9,525

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
2598360	2598360	0	684,3	684,307	0,001	1257,9	1257,916	0,001	891	891,0085	0,001	130	130,0004	0
700251	700251	0	156,1	709,5933	354,576	332,6	1505,479	352,639	189,4	874,3692	361,652	15	69,27816	361,854
163382	163382	0	147,9	774,6529	423,768	356,7	1691,96	374,337	68,7	945,179	1275,806	52,4	59,34421	13,252
132415	132415	0	64,9	775,3838	1094,736	129,4	1696,639	1211,159	166	945,3226	469,471	20,32	58,39335	187,369
191145	191145	0	62,1	534,6699	760,982	39,2	1179,719	2909,488	115,2	642,2957	457,548	20,4	42,14796	106,608
220998	220998	0	56,1	800,5478	1327,002	132,6	1738,067	1210,76	89,4	980,4541	996,705	17,7	64,52138	264,528
971302	971302	0	198,5	242,3868	22,109	392,3	498,6846	27,118	159	267,9709	68,535	11,09	35,67949	221,727
419006	419006	0	164,3	584,6289	255,83	320,5	1283,306	300,407	187	704,054	276,499	30	44,18633	47,288
113558	113558	0	64,9	457,7923	605,381	223,5	1003,699	349,082	22,5	537,2582	2287,814	13,1	39,17941	199,079
269540	269540	0	56,4	769,1175	1263,684	108,8	1669,826	1434,767	59,8	940,7352	1473,136	5,1	62,22498	1120,098
330411	330411	0	75,1	330,9536	340,684	134,5	740,9165	450,867	63,2	385,4046	509,817	7,2	27,88131	287,24
125029	125029	0	79,8	492,8785	517,642	160,2	1084,075	576,701	32	585,2538	1728,918	3,6	40,76235	1032,288
70923	70923	0	157,6	572,5418	263,288	276	1247,473	351,983	130	678,8551	422,196	25	51,83344	107,334
245166	245166	0	221,5	760,2476	243,227	392,5	1654,514	321,532	174,2	928,5311	433,026	10	60,2955	502,955
41209	41209,26	0,001	341,3	341,3146	0,004	617,2	617,2348	0,006	170,8	170,8245	0,014	26,4	26,40039	0,001
92248	92248	0	98	548,205	459,393	179,5	1197,861	567,332	84,5	650,7679	670,14	35,1	45,18185	28,723
1345227	1345227	0	222,6	482,2669	116,652	453,6	952,3634	109,957	181,2	591,6446	226,515	25,4	74,24389	192,299
989023	989023	0	173,8	173,8051	0,003	398	398,0114	0,003	183,2	183,2062	0,003	12	12,00043	0,004



Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
228524	228524	0	313,9	313,9007	0	557,7	557,7022	0	324,4	324,4003	0	84,6	84,6	0
63882	63882	0	133,7	133,7	0	267	267	0	96,3	96,3	0	40,9	40,9	0
247013	247013	0	103,9	633,3756	509,601	270,5	1391,344	414,36	69,2	765,864	1006,74	25	47,96946	91,878
79771	79771	0	192,8	345,6897	79,3	482,7	731,139	51,469	178,5	375,4673	110,346	33,5	49,78738	48,619
233933	233933	0	116,3	116,3	0	280,5	280,5	0	116,5	116,5	0	15	15	0
52711	52711	0	206,9	206,9	0	405,8	405,8	0	225,9	225,9	0	130	130	0
22844	22844	0	137,2	137,2052	0,004	333,3	333,3096	0,003	152,5	152,5055	0,004	10,7	10,70017	0,002
95766	95766	0	112,4	112,4	0	236,7	236,7	0	83,8	83,8	0	20	20	0
339548	339548	0	66,1	259,0674	291,933	141	496,7514	252,306	130,8	266,7208	103,915	75	75	0
23890	23890,4	0,002	171,1	171,1053	0,003	339,5	339,5138	0,004	63,3	63,31223	0,019	13,9	13,90037	0,003
108511	108511	0	159,6	757,4363	374,584	397,7	1649,853	314,849	185,2	921,6075	397,628	70,5	70,5	0
36722	41096,7	11,913	234,6	520,142	121,714	483,2	1111,024	129,931	152,7	586,3834	284,01	23,1	30,06769	30,163
37718	37718	0	368,9	394,9503	7,062	710,5	813,1449	14,447	263	402,2075	52,931	24,1	26,23351	8,853
167413	167413	0	330,3	431,8671	30,75	679,4	861,8315	26,852	328,7	482,4294	46,769	43,5	72,25083	66,094
59247	59247	0	315,3	315,3	0	558	661,6266	18,571	138,3	325,476	135,341	39,1	40,18632	2,778
259569	259569	0	396,5	396,5012	0	792,6	792,6019	0	401,8	401,8014	0	257	257	0
13468	13468	0	301,9	301,9	0	608	608	0	272,8	272,8	0	6,7	6,7	0
19955	19955	0	451	451	0	916,6	916,6	0	452,8	452,8	0	14,6	14,6	0
78645	78645	0	807,5	807,5	0	1766,8	1766,8	0	985,8	985,8	0	60,6	60,6	0
75412	78644,21	4,286	396,4	807,4919	103,706	801,3	1766,782	120,489	458,6	985,7901	114,956	28,2	60,59939	114,891

N <sub>NH4</sub> v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
47,3	47,30106	0,002	41,1	41,10103	0,003	47,5	47,50115	0,002	7,212	7,212238	0,003
37,5	91,05271	142,807	36,6	87,21613	138,295	42,8	97,68619	128,239	9,6	19,53633	103,503
4,9	107,64	2096,735	9,8	104,1893	963,156	4,4	116,1318	2539,358	11,7	24,07386	105,759
5,5	108,377	1870,491	2	104,9633	5148,164	4,35	116,9739	2589,055	8,5	24,2807	185,655
36,6	86,33687	135,893	27,4	82,29629	200,351	31,58	91,83442	190,799	4,8	17,31466	260,722
37,3	108,2515	190,219	36,6	104,5989	185,789	42,8	116,5657	172,35	9,5	24,18401	154,569
53,4	53,4	0	48,7	48,74213	0,087	55	55,30983	0,563	7,746	8,383883	8,235
39,2	88,17248	124,93	37,6	85,31427	126,9	44,4	95,67339	115,481	6,4	19,02474	197,262
9,6	72,43198	654,5	8,6	69,68176	710,253	8,41	76,97035	815,224	8,4	14,10529	67,92
18,1	104,8933	479,521	17,1	101,3305	492,576	15	113,0225	653,483	2,2	23,30974	959,534
22,9	66,66813	191,127	19,1	62,49263	227,187	23,37	70,05493	199,764	1,3	11,52179	786,292
9,2	78,92713	757,904	8,6	75,49739	777,877	5,6	83,75825	1395,683	8	15,51846	93,981
8,1	90,66967	1019,379	8,6	81,9636	853,065	10,1	87,71325	768,448	3,3	17,40675	427,477
56,4	104,7863	85,791	49,2	101,2987	105,892	37,7	112,9919	199,713	7,6	23,301	206,592
135,4	135,4002	0	130,3	130,3	0	116,5	116,5006	0	12,6	12,6003	0,002
28,8	80,55615	179,709	27,2	78,1078	187,161	29,9	86,30691	188,652	2,3	16,72758	627,286
62	62	0	55,48	56,38405	1,63	63,7	63,7	0	8,396	10,65208	26,871
45,7	45,70087	0,002	44,1	44,10081	0,002	51	51,00091	0,002	8	8,000164	0,002
84,6	84,60025	0	69,2	69,20016	0	74,6	74,6	0	10,3	10,3	0

N_NH4 v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
54,5	54,5	0	34,9	34,9	0	18,3	18,3	0	2,8	2,8	0
42,9	94,57012	120,443	41,6	91,19455	119,218	28,2	101,8829	261,287	3,3	20,33338	516,163
64,7	73,5915	13,743	56,9	59,04922	3,777	52,54	52,54	0	7,4	9,953041	34,501
48,5	48,5	0	43	43	0	48,1	48,1	0	5	5	0
62,3	62,3	0	49,7	49,7	0	65,9	65,9	0	5,5	5,5	0
35,4	35,40097	0,003	22,4	22,40115	0,005	62,3	62,3	0	3,2	3,200163	0,005
24,6	24,6	0	24,7	24,7	0	25,4	25,4	0	2,1	2,1	0
16,78	71,46038	325,866	16,3	61,05229	274,554	29	65,81945	126,964	1,7	9,159955	438,821
49,3	49,3	0	33,6	33,60036	0,001	16,9	16,90195	0,012	7,1	7,100074	0,001
43,5	107,3643	146,815	33,6	103,2011	207,146	34,2	115,3248	237,207	3,3	23,45838	610,86
99,2	99,2	0	87,4	90,43104	3,468	55	99,44902	80,816	9,1	15,01747	65,027
92,4	97,00876	4,988	52,3	84,22024	61,033	77,56	77,56	0	10,6	10,6	0
89,7	89,7	0	43,5	77,18179	77,429	45,1	82,04025	81,907	13,6	13,6	0
34,1	75,46655	121,31	19,8	60,36146	204,856	18,68	51,17668	173,965	3,2	8,591979	168,499
85,9	85,90056	0,001	80,6	80,60036	0	77,4	77,40061	0,001	13,9	13,90002	0
86,2	86,2	0	70,4	70,4	0	79,9	79,9	0	10,9	10,9	0
114	114	0	102,9	102,9	0	97,7	97,7	0	11,9	11,9	0
111,9	111,9	0	108,4	108,4	0	120,7	120,7	0	25,2	25,2	0
99,3	111,8989	12,688	95,6	108,3989	13,388	113,1	120,6988	6,719	14,8	25,19975	70,269

**Příloha č. 5 Podrobná optimalizace výstupních hodnot v modelu BBC-O**

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
ČOV_01	1	1	17298923,24	17298923,24	0	3141569	3141569	0
ČOV_02	0,8465	23	5458194,671	5458194,671	0	982474,8	982474,8	0
ČOV_03	0,5507	31	2732361,775	1997302,238	-26,902	382531	382531	0
ČOV_04	0,5692	30	1758865,743	1599599,698	-9,055	228652,7	228652,7	0
ČOV_05	0,7109	27	1582456,447	1582456,447	0	338933,6	338933,6	0
ČOV_06	0,43	36	36249084,41	3466506,483	-90,437	864637,6	575046,1	-33,493
ČOV_07	0,9498	17	6190765,796	6190765,796	0	1484479	1402717	-5,508
ČOV_08	0,6252	29	4129173,903	4129173,903	0	867126,8	867126,8	0
ČOV_09	0,4883	33	1320906,45	1320906,45	0	330298,1	330298,1	0
ČOV_10	0,6657	28	2791215,254	2742771,469	-1,736	440761,4	440761,4	0
ČOV_11	0,462	34	4073046,103	4073046,103	0	1018300	1018300	0
ČOV_12	0,3452	38	2498734,819	2459585,18	-1,567	574708,8	388217,9	-32,45
ČOV_13	0,3922	37	1141204,953	1141204,953	0	216516,2	216516,2	0
ČOV_14	0,4971	32	4993276,76	3657095,989	-26,76	793020,9	684935,6	-13,63
ČOV_15	1	1	937179,0113	937179,0113	0	243666	243666	0
ČOV_16	0,4404	35	1351237,465	1351237,465	0	274945	274945	0
ČOV_17	0,9696	16	8959473,38	8959473,38	0	1797241	1753943	-2,409

DMU	Skóre	Pořadí	Provozní náklady v Kč/rok			Náklady na energie v Kč		
			Data	Projekce	Změna (%)	Projekce	Data	Změna (%)
ČOV_18	1	1	5760836,51	5760836,51	0	1372607	1372607	0
ČOV_19	1	1	990127,71	990127,71	0	575775,2	575775,2	0
ČOV_20	1	1	184042,43	184042,43	0	188155,1	188155,1	0
ČOV_21	0,9045	22	1669748,08	1669748,08	0	327986,2	327986,2	0
ČOV_22	0,9412	18	386591,92	386591,92	0	302282	179919,8	-40,479
ČOV_23	1	1	1108367,26	1108367,26	0	361915,8	361915,8	0
ČOV_24	1	1	419493,36	419493,36	0	173760,7	173760,7	0
ČOV_25	1	1	250873,48	250873,48	0	80197,26	80197,26	0
ČOV_26	1	1	341352,44	341352,44	0	200493,2	200493,2	0
ČOV_27	0,9911	15	1756114,36	1756114,36	0	666254,2	666254,2	0
ČOV_28	0,9999	14	369113,03	369113,03	0	62718,37	62718,37	0
ČOV_29	0,7809	24	1406536,56	983599,8343	-30,069	179929,8	179929,8	0
ČOV_30	0,7573	25	900676,92	871556,9944	-3,233	205634	205634	0
ČOV_31	0,9092	20	348549,63	348549,63	0	181986,1	140582,3	-22,751
ČOV_32	0,9056	21	1031254,51	1031254,51	0	557268,1	321915,8	-42,233
ČOV_33	0,7292	26	409211,66	409211,66	0	288915,8	152041,1	-47,375
ČOV_34	1	1	1558705,72	1558705,72	0	772155,7	772155,7	0
ČOV_35	1	1	268352,37	268352,37	0	288915,8	288915,8	0
ČOV_36	1	1	323873,55	323873,55	0	134690,3	134690,3	0
ČOV_37	1	1	577831,54	577831,54	0	39070,46	39070,46	0
ČOV_38	0,9374	19	887310,71	589779,8632	-33,532	43183,14	41286,72	-4,392

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
2598360	2598360	0	684,3	684,307	0,001	1257,9	1257,916	0,001	891	891,0085	0,001	130	130,0005	0
700251	827247,9	18,136	156,1	710,8828	355,402	332,6	1494,911	349,462	189,4	879,3703	364,293	15	73,71371	391,425
163382	296693,3	81,595	147,9	711,522	381,083	356,7	1525,904	327,783	68,7	860,8839	1153,106	52,4	95,15569	81,595
132415	232616	75,672	64,9	799,9798	1132,635	129,4	1735,721	1241,361	166	980,017	490,372	20,32	64,84138	219,101
191145	268895,6	40,676	62,1	545,5793	778,55	39,2	1202,536	2967,695	115,2	655,4296	468,949	20,4	42,15825	106,658
220998	513941,7	132,555	56,1	786,2245	1301,47	132,6	1678,902	1166,14	89,4	969,4326	984,376	17,7	72,58987	310,112
971302	1022690	5,291	198,5	297,3423	49,795	392,3	604,5185	54,096	159	341,0491	114,496	11,09	44,02513	296,98
419006	670201,7	59,95	164,3	517,8216	215,168	320,5	1120,943	249,748	187	622,6907	232,99	30	47,98512	59,95
113558	232579,6	104,811	64,9	531,2825	718,617	223,5	1149,964	414,525	22,5	631,6782	2707,459	13,1	50,11546	282,561
269540	404881,5	50,212	56,4	791,557	1303,47	108,8	1700,929	1463,354	59,8	973,5358	1527,986	5,1	69,58605	1264,432
330411	715202,7	116,458	75,1	172,3924	129,551	134,5	388,2223	188,641	63,2	180,9867	186,371	7,2	17,78552	147,021
125029	362207,9	189,699	79,8	793,6435	894,541	160,2	1709,547	967,133	32	975,1413	2947,317	3,6	68,4107	1800,297
70923	180852,7	154,999	157,6	695,621	341,384	276	1521,124	451,132	130	841,2078	547,083	25	63,74966	154,999
245166	493172,2	101,158	221,5	534,3353	141,235	392,5	1057,814	169,507	174,2	529,0599	203,708	10	54,09469	440,947
41209	41209,36	0,001	341,3	341,3073	0,002	617,2	617,2161	0,003	170,8	170,8096	0,006	26,4	26,40031	0,001
92248	209487,6	127,092	98	707,7209	622,164	179,5	1538,079	756,869	84,5	853,1668	909,665	35,1	79,70921	127,092
1345227	1387439	3,138	222,6	523,3622	135,113	453,6	1032,523	127,628	181,2	646,5426	256,812	25,4	80,04595	215,142
989023	989023,1	0	173,8	173,8051	0,003	398	398,0113	0,003	183,2	183,2061	0,003	12	12,00042	0,004

Množství přečištěných odpadních vod v m <sup>3</sup> /rok			BSK <sub>5</sub> v t/rok			CHSK v t/rok			NL v t/rok			RAS v r/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
228524	228524,2	0	313,9	313,9009	0	557,7	557,7024	0	324,4	324,4006	0	84,6	84,60006	0
63882	63882	0	133,7	133,7	0	267	267	0	96,3	96,3	0	40,9	40,9	0
247013	273094,9	10,559	103,9	647,1921	522,899	270,5	1420,82	425,257	69,2	783,0271	1031,542	25	48,6228	94,491
79771	84756,41	6,25	192,8	361,8114	87,662	482,7	763,8416	58,244	178,5	396,4679	122,111	33,5	51,36657	53,333
233933	233933	0	116,3	116,3	0	280,5	280,5	0	116,5	116,5	0	15	15	0
52711	52711	0	206,9	206,9	0	405,8	405,8	0	225,9	225,9	0	130	130	0
22844	22844,04	0	137,2	137,2065	0,005	333,3	333,312	0,004	152,5	152,5068	0,004	10,7	10,70023	0,002
95766	95766	0	112,4	112,4	0	236,7	236,7	0	83,8	83,8	0	20	20	0
339548	342604,8	0,9	66,1	261,6239	295,8	141	500,3849	254,883	130,8	269,4449	105,998	75	75,67519	0,9
23890	23898,4	0,035	171,1	171,1932	0,054	339,5	339,7273	0,067	63,3	63,47235	0,272	13,9	13,90664	0,048
108511	138961,6	28,062	159,6	564,0153	253,393	397,7	1208,603	203,898	185,2	679,4476	266,872	70,5	90,28388	28,062
36722	48489,67	32,045	234,6	428,6923	82,733	483,2	832,6765	72,325	152,7	323,5854	111,909	23,1	32,81918	42,074
37718	41485,31	9,988	368,9	439,1154	19,034	710,5	908,1339	27,816	263	459,3339	74,652	24,1	27,88426	15,702
167413	184861,8	10,423	330,3	592,3432	79,335	679,4	1236,349	81,977	328,7	698,657	112,552	43,5	72,10676	65,763
59247	81254,16	37,145	315,3	432,4175	37,145	558	925,0825	65,785	138,3	489,7276	254,105	39,1	53,62361	37,145
259569	259569,2	0	396,5	396,5013	0	792,6	792,6023	0	401,8	401,8016	0	257	257,0002	0
13468	13468	0	301,9	301,9	0	608	608	0	272,8	272,8	0	6,7	6,7	0
19955	19955	0	451	451	0	916,6	916,6	0	452,8	452,8	0	14,6	14,6	0
78645	78645	0	807,5	807,5	0	1766,8	1766,8	0	985,8	985,8	0	60,6	60,6	0
75412	80445,42	6,675	396,4	807,4201	103,688	801,3	1766,454	120,449	458,6	985,7421	114,946	28,2	60,65017	115,072

N_NH4 v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
47,3	47,30106	0,002	41,1	41,10103	0,003	47,5	47,50115	0,002	7,212	7,212237	0,003
37,5	88,34229	135,579	36,6	84,33303	130,418	42,8	94,54732	120,905	9,6	18,76591	95,478
4,9	100,7586	1956,297	9,8	96,3092	882,747	4,4	106,3721	2317,548	11,7	21,24659	81,595
5,5	107,9537	1862,794	2	104,2886	5114,432	4,35	116,2282	2571,913	8,5	24,10107	183,542
36,6	86,49436	136,323	27,4	82,87524	202,464	31,58	92,65243	193,39	4,8	17,77128	270,235
37,3	100,7411	170,083	36,6	96,7746	164,411	42,8	108,0555	152,466	9,5	22,09272	132,555
53,4	56,2252	5,291	48,7	51,27654	5,291	55	58,05491	5,554	7,746	9,076617	17,178
39,2	77,88674	98,691	37,6	74,97087	99,391	44,4	84,24281	89,736	6,4	16,19981	153,122
9,6	88,36098	820,427	8,6	82,90643	864,028	8,41	92,19953	996,308	8,4	17,20415	104,811
18,1	103,5371	472,028	17,1	99,68753	482,968	15	111,2238	641,492	2,2	22,87129	939,604
22,9	49,569	116,458	19,1	45,98519	140,76	23,37	52,33146	123,926	1,3	7,454981	473,46
9,2	104,6312	1037,296	8,6	100,8273	1072,411	5,6	112,4635	1908,276	8	23,17593	189,699
8,1	101,4594	1152,586	8,6	97,95827	1039,05	10,1	108,6457	975,7	3,3	22,09077	569,417
56,4	113,4534	101,158	49,2	108,6229	120,778	37,7	105,8017	180,641	7,6	15,28805	101,158
135,4	135,401	0,001	130,3	130,3009	0,001	116,5	116,501	0,001	12,6	12,60019	0,001
28,8	102,6407	256,391	27,2	99,05491	264,172	29,9	109,086	264,836	2,3	22,26588	868,082
62	63,9455	3,138	55,48	58,20616	4,914	63,7	65,69884	3,138	8,396	11,18152	33,177
45,7	45,70086	0,002	44,1	44,10081	0,002	51	51,0009	0,002	8	8,000163	0,002
84,6	84,6003	0	69,2	69,2002	0	74,6	74,60006	0	10,3	10,30001	0



N <sub>NH4</sub> v t/rok			N <sub>anorg</sub> v t/rok			N <sub>c</sub> v t/rok			P <sub>c</sub> v t/rok		
Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)	Data	Projekce	Změna (%)
54,5	54,5	0	34,9	34,9	0	18,3	18,3	0	2,8	2,8	0
42,9	95,5306	122,682	41,6	92,33689	121,964	28,2	103,2148	266,01	3,3	20,78731	529,918
64,7	75,39004	16,522	56,9	61,22993	7,61	52,54	55,82357	6,25	7,4	10,53251	42,331
48,5	48,5	0	43	43	0	48,1	48,1	0	5	5	0
62,3	62,3	0	49,7	49,7	0	65,9	65,9	0	5,5	5,5	0
35,4	35,40122	0,003	22,4	22,40141	0,006	62,3	62,30012	0	3,2	3,200201	0,006
24,6	24,6	0	24,7	24,7	0	25,4	25,4	0	2,1	2,1	0
16,78	71,88427	328,393	16,3	61,36364	276,464	29	66,14963	128,102	1,7	9,233367	443,139
49,3	49,30614	0,012	33,6	33,60897	0,027	16,9	16,92835	0,168	7,1	7,101876	0,026
43,5	90,26579	107,508	33,6	83,0531	147,182	34,2	96,7464	182,884	3,3	16,82233	409,768
99,2	130,9889	32,045	87,4	126,1886	44,381	55	117,281	113,238	9,1	14,96046	64,401
92,4	101,629	9,988	52,3	89,91218	71,916	77,56	85,30676	9,988	10,6	12,05865	13,761
89,7	99,04909	10,423	43,5	90,36618	107,738	45,1	99,58972	120,82	13,6	18,4702	35,81
34,1	80,86909	137,153	19,8	68,46937	245,805	18,68	65,51633	250,73	3,2	12,8373	301,166
85,9	85,90058	0,001	80,6	80,60039	0	77,4	77,40062	0,001	13,9	13,90002	0
86,2	86,2	0	70,4	70,4	0	79,9	79,9	0	10,9	10,9	0
114	114	0	102,9	102,9	0	97,7	97,7	0	11,9	11,9	0
111,9	111,9	0	108,4	108,4	0	120,7	120,7	0	25,2	25,2	0
99,3	111,855	12,643	95,6	108,353	13,34	113,1	120,6489	6,675	14,8	25,1874	70,185