

LCA – POSOUZENÍ VODÁRENSKÉHO PROVOZU S MODELOVOU APLIKACÍ ALTERNATIVNÍHO ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE

Ing. Martina Klimtová¹⁾, doc. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D.²⁾

¹⁾ Vodárna Plzeň a.s., Malostranská 2, 317 68 Plzeň, martina.klimtova@vodarna.cz

²⁾ VŠCHT v Praze, Ústav chemie ochrany prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6, e-mail: Vlad.Koci@vscht.cz, tel.:220444171

Úvod

Trendem současné doby je začínající rozvoj a podpora environmentálně šetrných technologií. Každá technologie představuje pro své okolí určitou zátěž, proces výroby pitné vody nevyjímaje. Hlavním zájmem provozovatele úpravný pitné vody je dodávat ke spotřebiteli pitnou vodu odpovídající kvality v souladu s platnou legislativou. Pokud má stávající vodárenský provoz nedostačující parametry, většinou provozovatel hledá řešení v intenzifikaci provozních celků, v náhradě efektivnějších zařízení, v částečné nebo celkové rekonstrukci. Plzeňská úpravna vody se momentálně ve stavu rozsáhlé rekonstrukce nachází. Cílem našeho příspěvku bylo posoudit stávající i navrženou technologii úpravný vody v Plzni z environmentálního pohledu pomocí metody posuzování životního cyklu – Life Cycle Assessment (LCA). Od výsledků jsme očekávali, zda nám dává hodnocení environmentálních dopadů vodárenského provozu smysluplnou výstupní informaci. V druhé části práce jsme se zaměřili na elektrickou energii, jejíž spotřebované množství v procesu úpravný vody hraje z environmentálního pohledu významnou roli. Energetická náročnost některých technologických a technických celků nás přivedla na myšlenku namodelovat aplikaci alternativního zdroje elektrické energie a zvolené teoretické varianty posoudit pomocí LCA.

Metoda LCA a popis posuzovaného systému

Metoda LCA – Life Cycle Assessment

Metoda LCA je analytická metoda hodnocení možných environmentálních dopadů spjatých s životním cyklem určitého produktu. Hodnocení celého životního cyklu procesu zahrnuje dopady produktů již od stádia získávání a výroby výchozích materiálů, přes stádium výroby samotného produktu, stádium jeho užívání spotřebitelem až po stádium jeho odstranění. V rámci metody se souhrnně hodnotí environmentální dopady všech zmíněných stádií. Sčítají se všechny emise látek do prostředí ve všech stádiích životního cyklu produktu a získané sumy hmotnostních toků emisí se vztahují k určitému množství produktu [1, 2]. Metoda LCA je standardizována v normách ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044 [4, 5]. Fáze LCA nazývaná inventarizační analýza slouží k zjištění a vyčíslení všech materiálových a energetických toků během celého životního cyklu posuzovaného produktu. Výstupní soubor dat tzv. environmentální profil produktu slouží k přiřazení výsledků jednotlivým kategoriím dopadu a vyčíslení míry jejich působení tzv. charakterizaci. Tuto fázi LCA nazýváme posuzování dopadů LCIA (Life Cycle Impact Assessment) [3]. Vzájemné porovnání různých kategorií dopadů je

umožněno rozvojem charakterizačních modelů a metodik pro metodu LCA, například CML 2001 [7], EDIP, IMPACT 2002⁺, ReCiPe, USEtox [9].

Technologie úpravy vody Plzeň

ÚV Plzeň upravuje surovou vodu z řeky Úhlavy. Technologická linka úpravy je principiálně poskládána právě s ohledem na kolísavou kvalitu povrchového zdroje surové vody. Do surové vody je po případné úpravě pH dávkován hlinitý koagulant. Po homogenizaci natéká voda do usazovacích nádrží, které reprezentují první separační stupeň úpravy. Po separaci vzniklých vloček voda pokračuje na druhý separační stupeň - soustavu rychlofiltrů. Filtrovaná voda postupuje dále do další části technologické linky - do ozonizačních nádrží, kde probíhá sycení vody ozónem. V současné době je na ÚV Plzeň ozon vyráběn z vysušeného vzduchu. Před vstupem do akumulčních nádrží je do vody dávkována vápenná voda a oxid uhličitý. Za homogenizačními klapkami je do upravené vody dávkován chlór, jehož úlohou je pitnou vodu hygienicky zabezpečit [6]. Finální produkt - upravená pitná voda, kvalitou odpovídající platné legislativě, je čerpána do vodojemů a připravena takto pro spotřebitele.

Alternativní zdroj elektrické energie - fotovoltaika

Fotovoltaika je založena na fotovoltaickém jevu, při kterém je sluneční energie přímo přeměňována na energii elektrickou. Prostředníkem tohoto procesu je fotovoltaický kolektor skládající se z určitého množství fotovoltaických článků. Světlo, které dopadá na fotovoltaický článek, uvolňuje elektrony, a ty pak v elektrickém obvodu tvoří stejnosměrný elektrický proud. Fotovoltaický článek je tenký plátek polovodičového materiálu; v současnosti se na výrobu nejčastěji používá křemík [8].

Spotřeba elektrické energie v procesu výroby pitné vody na ÚV Plzeň hraje velmi významnou roli z hlediska provozuschopnosti technologie a také z pohledu environmentálního. Z dřívějších studií máme ověřenu skutečnost, že největší podíl na environmentálních dopadech vodárenského provozu plzeňské úpravy má právě spotřebovaná elektrická energie. Stávající provoz využívá elektrickou energii z distribuční sítě, tedy vzhledem k současnému energetickému mixu v ČR, energii s majoritním podílem klasických zdrojů při její výrobě. Posouzení environmentálních dopadů modelových variant využití elektrické energie z alternativního zdroje - energie slunečního záření, bylo pro naši práci velmi motivující.

Podkladová vstupní data a popis posuzovaného systému

Hranice systému byly vymezeny podle následujícího přehledu:

- čerpáním surové vody
- vstupem veškerých chemikálií podílejících se na procesu úpravy vody, jejich doprava, jejich výroba a získávání surovin pro jejich výrobu
- množstvím spotřebovaných médií, jejich výrobou a získáváním surovin
- odvozem a likvidací vzniklého kalu
- odtokem technologické vody na ČOV
- čerpáním vyrobené vody do plzeňských vodojemů (distribuce vodovodní sítí není uvažována)

Funkční jednotkou a referenčním tokem zároveň byl zvolen 1 m³ vyrobené vody.

Ke zpracování studie byla použita provozní data ÚV Plzeň z roku 2012.

Veškeré potřebné informace a data týkající se celé výroby fotovoltaických článků nám poskytla firma Lintech - solar, která je jejich samostatným výrobcem.

Jako první model varianty využití alternativního zdroje elektrické energie jsme uvažovali veškerou možnou plochu (střechy budov, střechy podzemních akumulčních nádrží) areálu ÚV Plzeň pro „umístění“ fotovoltaických panelů. Množství vyrobené elektrické energie z těchto panelů vztahované na místní klimatické podmínky odpovídalo 11% elektrické energie z celkové roční spotřeby v roce 2012. Druhým porovnávacím modelem jsme zvolili poloviční náhradu elektrické energie z fotovoltaiky z celkové roční spotřeby. Třetí posuzovaná varianta odpovídala možnosti, kdyby elektrická energie z fotovoltaických panelů plně nahradila celkovou potřebnou elektrickou energii pro provoz úpravy vody. Při takovémto výkonu fotovoltaického komplexu by se systém neobešel bez vhodné akumulace vyrobené energie. Toto však z důvodu nedostatečnosti relevantních dat nebylo zahrnuto do hodnocení.

Výsledky a diskuse

V úvodní části zmíněná inventarizační tabulka - první fáze výstupu environmentálního hodnocení, poskytuje velmi obsáhlý výčet všech spotřebovaných surovin, sloučenin, prvků atd. Jako příklad je v tabulce 1 uvedeno pět hospodářsky významných surovin, které se spotřebují na výrobu 1 m³ pitné vody. Z přehledu je čitelný klesající trend spotřeby všech uvedených surovin se zvyšujícím se podílem uvažované fotovoltaiky v provozu úpravy vody.

Tabulka 1. Příklad spotřeby surovin s ohledem na celý životní cyklus výroby 1 m³ pitné vody na ÚV Plzeň

Surovina [kg]	provoz ÚV Plzeň	ÚV s 11% fotovoltaiky	ÚV s 50% fotovoltaiky	ÚV s 100% fotovoltaiky
ropa	3,9036E-02	3,8971E-02	3,8745E-02	3,8449E-02
černé uhlí	4,5751E-02	4,1825E-02	2,7978E-02	9,8829E-03
hnědé uhlí	3,4133E-01	3,0550E-01	1,7911E-01	1,3963E-02
zemní plyn	1,2187E-01	1,2111E-01	1,1845E-01	1,1496E-01
uran	5,29E-06	4,78E-06	2,97E-06	6,11E-07

V následující tabulce 2 jsou v přehledu uvedeny výsledky vybraných indikátorů kategorií dopadu pro zvolený hodnotící charakterizační model CML – acidifikace, globální oteplování, potenciál rozkladu ozónu, vznik fotooxidantů aj. Z tabulky lze vyčíst, že hodnoty jednotlivých indikátorů kategorií dopadu se snižují se zvětšujícím se podílem fotovoltaiky v provozu úpravy vody. Zřejmý je výrazný pokles hodnot pro případ acidifikace a potenciálu globálního oteplování s úzce související uhlíkovou stopou. Patrné je také snížení hodnot v případě kategorie dopadu vzniku fotooxidantů. Také nižší spotřeba abiotických surovin je čitelná v závislosti na vyšším podílu fotovoltaiky.

Tabulka 3 je pokračováním výčtu indikátorů kategorií dopadu, jako jsou humánní toxicita a ekotoxicita. Tyto indikátory kategorie dopadu jsou uvedeny odděleně, poněvadž jsou hodnoceny jinou charakterizační metodikou než indikátory uvedené v tabulce 2. Charakterizační metodiky USEtox a ReCiPe jsou pro hodnocení uvedených indikátorů přesnější a vhodnější. Klesající trend ve směru s rostoucím podílem fotovoltaiky je viditelný i v tomto příkladu.

Tabulka 2. Výsledky indikátorů kategorií dopadu výroby 1 m³ pitné vody na ÚV Plzeň - charakterizační model CML 2001

Indikátor kategorie dopadu	provoz ÚV Plzeň	ÚV s 11% fotovoltaiky	ÚV s 50% fotovoltaiky	ÚV se 100% fotovoltaiky
Abiotické suroviny (ADP fossil) [MJ]	1,41E+01	1,33E+01	1,06E+01	6,94E+00
Acidifikace (AP) [kg SO₂-Equiv.]	4,75E-03	4,35E-03	2,92E-03	1,05E-03
Eutrofizace (EP) [kg Phosphate-Equiv.]	2,77E-04	2,61E-04	2,06E-04	1,34E-04
Sladkovodní toxicita (FAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	1,78E-03	2,10E-03	3,22E-03	4,69E-03
Globální oteplování (GWP 100 years) [kg CO₂-Equiv.]	9,62E-01	9,06E-01	7,08E-01	4,49E-01
Úbytek ozonu (ODP, steady state) [kg R11-Equiv.]	4,58E-08	4,59E-08	4,64E-08	4,71E-08
Vznik fotooxidantů (POCP) [kg Ethene-Equiv.]	3,50E-04	3,27E-04	2,48E-04	1,44E-04
Terestrická ekotoxicita (TETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	1,27E-03	1,23E-03	1,09E-03	8,99E-04

Tabulka 3. Výsledky indikátorů kategorie dopadu - humánní toxicita a ekotoxicita výroby 1 m³ vody (srovnání dvou charakterizačních metodik USEtox a ReCiPe)

Indikátor kategorie dopadu	ÚV s 100% fotovoltaiky	ÚV s 50% fotovoltaiky	ÚV s 11% fotovoltaiky	provoz ÚV Plzeň
Ekotoxicita [CTUeco] (USEtox)	3,16E-02	3,30E-02	3,40E-02	3,43E-02
Humánní toxicita, nekarcinogenní látky [CTUh] (USEtox)	2,43E-08	3,29E-08	3,96E-08	4,15E-08
Humánní toxicita [DALY] (ReCiPe 1.07)	9,91E-09	1,25E-08	1,45E-08	1,51E-08
Humánní toxicita [kg 1,4-DB eq] (ReCiPe 1.07)	2,18E-02	2,46E-02	2,67E-02	2,73E-02

Závěr

Vyhodnocením výstupních souborů dat konkrétního vodárenského procesu jsme získali přehled se zastoupením jednotlivých kategorií dopadu. Skladba diskutovaných kategorií dopadu a podíl jejich „nebezpečnosti“ korespondoval s výsledky studií z minulých let, poněvadž v technologii ÚV Plzeň nenastaly zásadní změny. Stále nejhlubší environmentální stopu představuje výroba spotřebované elektrické energie. Významná část emisí, které vznikají při výrobě elektrické energie v naší republice, je spjata s acidifikujícími látkami. Proto acidifikace je majoritním indikátorem kategorie dopadu v procesu výroby pitné vody v Plzni.

Z analýzy výsledků variant využití alternativního zdroje elektrické energie v porovnání se stávajícím stavem využití elektřiny „ze zásuvky“ pro vodárenský provoz jsme ověřili předpoklad, že volbou „šetrnějšího“ zdroje celkově snížíme environmentální dopady celého procesu. V případě fotovoltaiky by náhrada zdroje elektrické energie měla smysl alespoň v nadpolovičním podílu ve vztahu k celkové potřebě elektrické energie. Možnost modelového přístupu a environmentálního pohledu na optimalizaci vodárenského provozu může být v budoucnu pro případné rozhodování cenným nástrojem.

Poděkování

Autoři práce děkují vedení společnosti Vodárna Plzeň a.s. za možnost zpracování provozních dat úpravny vody. Práce vznikla s finanční podporou výzkumných záměrů MSM 6046137308 a s podporou Technologické agentury TA02030188.

Literatura

- [1] Kočí, V., Posuzování životního cyklu – Life Cycle Assessment – LCA. 2009, Chrudim: Ekomonitor.
- [2] Kočí, V., Metoda posuzování životního cyklu a chemický průmysl. *Chemické Listy* 104, 921-925 (2010).
- [3] Kočí, V., Posuzování environmentálních dopadů životního cyklu. Sb. konference Posuzování životního cyklu LCA, 31. Ledna 2008, Praha. str. 12-15.
- [4] ČSN EN ISO 14040 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova (2006).
- [5] ČSN EN ISO 14044 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice (2006).
- [6] Klimtová, M. and V. Kočí, Posuzování životního cyklu výroby pitné vody ÚV Plzeň. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae* (Bratislava), 2012.20(1).
- [7] Heijungs, R., et al., Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. 1992, Leiden: CML, Leiden University.
- [8] Obecně o fotovoltaice, internetový zdroj: <http://www.lintech-solar.cz/obecne-o-fotovoltaice>, (cit. 2013-10-11).
- [9] Rosenbaum, R.K., et al., USEtox – the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterization factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. 2008, Springer-Verlag: *International Journal of Life Cycle Assess*, DOI 10.1007/s11367-008-0038-4.