

VODNÍ STOPA - JEDEN POJEM DVA PŘÍSTUPY WATER FOOTPRINT – ONE TITLE, TWO APPROACHES

Libor Ansorge¹

Abstract

Footprints are very popular ways for description of human impacts on environment in few last years. We can meet terms as carbon footprint, environmental footprint, ecological footprint, energy footprint and also water footprint. Water footprint was defined in last decade of the last century. The methodology of this concept is still under rapid development. There are two main methodological approaches to the term “water footprint”. These two approaches have a lot of similar points but they are principally different. The first approach is based on virtual water idea and it is focused on the water accounting linked to the product, services or used in some units (person, company, society, or process). The second approach is based on principles of Life Cycle Assessment and it is focused on the environmental impacts related to water. In this paper are introduced and compared both these two approaches.

Keywords

Water footprint, water accounting, life cycle assessment

1 ÚVOD

Smyslem tohoto příspěvku není presentace výsledků konkrétního výzkumu, ale vysvětlení rozdílného pojmání pojmu „vodní stopa“, užívaného ve dvou odlišných konceptech. Cílem obou konceptů je v obecné rovině snížení dopadů lidské činnosti na životní prostředí resp. ochrana vodních zdrojů. Způsob dosažení se však, přes mnohé společné znaky, liší. To občas vede k „argumentačním přestřelkám“ mezi skupinami představitelů obou konceptů (např. [1], [2], [3]).

Je třeba si uvědomit, že oba koncepty vznikly s jiným cílem a okruh aplikací, v nichž jsou oba koncepty využity, se liší. Oba koncepty jsou také stále metodicky

¹ Libor Ansorge, Ing., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6, libor_ansorge@vuv.cz

rozvíjeny a průběžně dochází ke zpřesňování metod a tvorbě jednotlivých standardů. Tento vývoj je ovlivňován jak potřebami každého z konceptů, tak vývojem „toho konkurenčního“ konceptu.

2 VZNIK POJMU VODNÍ STOPA

Koncept vodní stopy byl představen v závěru roku 2002 [4] a je založen na myšlence virtuální vody. Myšlenku virtuální vody zavedl Allan [5] pro vyjádření celkového množství vody nutného k produkci určitého produktu či služby a identifikaci virtuálních převodů vody v rámci mezinárodního obchodu. Virtuální voda představuje veškerou vodu potřebnou k růstu, výrobě a balení zemědělských komodit a spotřebního zboží, přičemž samotný produkt obsahuje fyzicky jen malou část vody, která je potřebná při jeho vytváření. Allan použil koncept virtuální vody k tomu, aby ukázal, že mnohé země trpící nedostatkem vody (typicky v aridních a semiaridních oblastech) by mohly dovozem na vodu náročných komodit (namísto vlastní produkce) lépe využívat vzácné místní zdroje vody. Vodní stopa pak představuje indikátor virtuální vody tedy kvantifikaci resp. „objemovou bilanci“ virtuální vody. Zahrnuje v sobě jak přímé užití vody v produkci, tak nepřímé užití vody jako jsou dešťové srážky „využité“ při produkci či znečištění vodních zdrojů v důsledku produkce. Od 90. let vznikla řada studií, zabývající se kvantifikací transferu virtuální vody mezi různými regiony světa (např. [6], [7]). Jak uvádí Wichelns [8] koncept virtuální vody pomohl přivést pozornost na důležitou úlohu mezinárodního obchodu v oblasti využívání přírodních zdrojů. Zároveň však upozorňuje na to, že současné modely pro kvantifikaci transferů virtuální vody vycházejí zejména z existujících statistik a proto hlavní země vyvážející potraviny, jako je Argentina, Austrálie, Brazílie, Kanada, Thajsko a Spojené státy jsou považovány za velké vývozce virtuální vody, zatímco významní dovozci potravin, jako je Čína, Egypt, Japonsko, Rusko, Jižní Korea a Velká Británie jsou považovány za velké dovozce virtuální vody. Současné statistiky pak pouze odráží existující obchodní modely, které se v průběhu času vyvinuly z mnoha důvodů, jako jsou dostupnost přírodních zdrojů, dostupnost práce, technologie, produktivita, směnné kurzy a relativní ceny.

Koncept virtuální vody a z něj vycházející vodní stopy prošel i kritickým hodnocením (např. [9], [10], [11]), mezi hlavní námitky ke konceptu patří:

- koncept nerozlišuje mezi hodnotou jednotlivých zdrojů vody (např. zdarma dostupná dešťová voda vs. voda dodaná závlahovým systémem),

- koncept předpokládá, že voda uspořená omezením aktivit náročných na vodu je využitelná (a bude využita) při méně náročných aktivitách, což nemusí být splněno – dešťové srážky nelze bez systémů jímání využít jinak, neboť část srážek dopadajících na zemský povrch se pomocí evapotranspirace opět vrací do ovzduší,
- tím, že koncept nijak nerespektuje vzácnost či míru využití přírodního zdroje, nedává podklad pro posouzení dopadů na životní prostředí či plnění ekologických cílů,
- možnosti promítnutí klimatické změny do konceptu jsou značně omezené.

Z těchto námitek pak vyšla komunita zabývající se posuzováním dopadů v rámci posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA) a navrhla koncept „dopadové“ vodní stopy. Koncept „dopadové“ vodní stopy rozšiřuje bilanční chápání pojmu vodní stopy o hodnocení dopadů, resp. objemové vyjádření transformuje na indexové vyjádření pomocí charakterizačního faktoru, v souladu s existující metodologií LCA (např. [12], [13], [14]). Ovšem i koncept „dopadové“ vodní stopy prošel kritikou (např. [3], [11]) poukazující na slabé nebo dosud nedořešené stránky současného stavu řešení. Mezi připomínky patří:

- nezahrnutí „zelené“ vody do konceptu je problematické zejména v zemědělství, kde závlahy obvykle „doplňují“ dešťové srážky (v české terminologické praxi tomu říkáme „vláhový deficit“)
- některé užívané „charakterizační faktory“ (vysvětlení dále v textu) vedou ke kvadratické závislosti environmentálních dopadů na množství užívané vody
- běžně užívaný Water Stress Index a z něj odvozené charakterizační faktory nemají fyzikální základ
- nejednoznačnost a rozdílnost dosud vyvinutých charakterizačních modelů (v porovnání např. s uhlíkovou stopou, kde je užíván jeden charakterizační model) vede k rozdílným výsledkům v závislosti na zvoleném modelu i při stejných vstupních datech.

3 POROVNÁNÍ OBOU PŘÍSTUPŮ

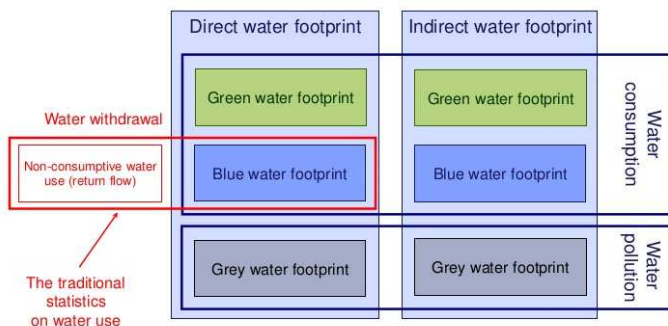
Rozdílnost přístupů vyplývá s odlišného zaměření obou konceptů. Postup „sestavení“ vodní stopy má v obou přístupech 4 fáze a užívá kvantitativní indikátory. Tyto indikátory jsou však v obou konceptech používány v jiné fázi.

3.1 „Bilanční“ přístup

„Bilanční“ přístup k vodní stopě byl vyvinut jako nástroj vodního hospodářství k řízení a optimální alokaci vodních zdrojů. Pro „bilanční“ přístup je základním metodickým dokumentem „The water footprint assessment manual“ [15]. „Bilanční“ přístup se používá pro posouzení užívání vody v celém „dodavatelském řetězci“, posouzení udržitelnosti užívání vod v povodí, účinnosti užívání vody, ke spravedlivé alokaci vody a identifikaci „společání se“ či závislosti na vodě v dodavatelském řetězci [3]. „Bilanční přístup“ zahrnuje tyto fáze:

- nastavení cílů a rozsahu,
- bilancování vodní stopy,
- posouzení udržitelnosti,
- formulace závěrů.

Kvantitativní indikátory jsou pak uplatňovány ve fázi bilancování, kdy je stanovováno množství „modré“, „zelené“ a „šedé“ vody. „Modrou“ vodu představuje voda odebraná z vodních zdrojů. „Zelenou“ vodu pak představuje přírodní voda „využitá“ nepřímo, např. dešťové srážky, které jsou využity při růstu rostlin. „Šedou“ vodu pak představuje množství vody znečištěné v souvislosti s posuzovanou jednotkou (výrobek, proces, instituce apod.), přičemž znečištěnou vodou nejsou jen samotné odpadní vody vypouštěné např. z továrny, ale též množství neznečištěné vody, které je nutné pro naředění vypouštěného znečištění na koncentrace neohrožující životní prostředí. Vodní stopa se pak vyjadřuje jako množství vody vztažené k určité jednotce (produktu, času).



Graf 1: Schema bilanční vodní stopy (zdroj Water Footprint Network)

3.2 „Dopadový“ přístup

Pro „dopadový“ přístup je základním metodickým rámcem mezinárodní norma ISO 14046 Water Footprint [16] a související normy z řady 14000. „Dopadový“ přístup vychází z metodologie LCA a proto zahrnuje i čtyři fáze předepisované touto metodologií:

- stanovení cílů a rozsahu,
- inventarizační analýza,
- hodnocení dopadů na životní prostředí
- interpretace životního cyklu.

Samotné zjišťování množství spotřebované vody je specifikováno ve fázi inventarizační analýzy, ale další kvantitativní indikátory jsou uplatňovány až ve fázi hodnocení dopadů na životní prostředí, kdy je užívání vody vyjádřené k tzv. funkci jednotce dáváno prostřednictvím tzv. charakterizačních faktorů do souvislosti s environmentálními a socio-ekonomickými dopady. Protože bylo dosud vyvinuto mnoho rozdílných modelů, které popisují dopady užívání vody a tyto modely využívají různé charakterizační faktory vodní stopy, je jednodušší vysvětlit princip charakterizačního faktoru na příkladu uhlíkové stopy. Lidstvo vypouští do vzduší mnoho různých plynů, každý má však odlišný vliv na proces globálního oteplování; protože však došlo ke shodě na tom jakou měrou každý z vypouštěných plynů přispívá ke globálnímu oteplování je možno tyto plyny převést na zvolený „charakteristický“ plyn, kterým je CO₂, takže např. 1 kg metanu přispívá ke globálnímu oteplování stejně jako 21 kg CO₂ a představuje tak 21 kg CO₂ekv.

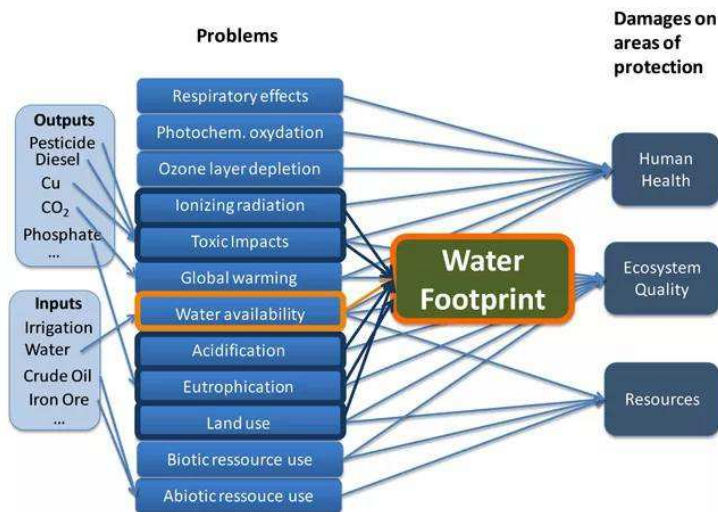
Mezi hodnocené dopady jsou zařazovány:

- dopad na dostupnost vodních zdrojů (water scarcity)
- dopad na zdraví člověka (human health damage)
- dopad na kvalitu ekosystémů (ecosystem damage).

Logika „dopadového“ přístupu spočívá na myšlence, že spotřeba 1 litru vody v povodí s napjatou či pasivní bilancí je horší než spotřeba 1 litru vody s aktivní vodní bilancí. Charakterizačním faktorem by v tomto případě bylo vyjádření nedostatku vody (obdobně jako je „potenciál globálního oteplení“ charakterizačním faktorem užívaným při stanovování uhlíkové stopy).

Na rozdíl od „bilančního“ přístupu se do „dopadového“ přístupu někdy nezapočítává „zelená“ voda (např. [1]) (závisí to zvoleném charakterizačním modelu),

neboť jako součást přírodních procesů je dopad jejího užívání na životní prostředí nulový.



Graf 2: Schema dopadové vodní stopy (zdroj: projekt WULCA)

Protože existuje mnoho charakterizačních modelů, které definují vazbu mezi užíváním vody a dopady tohoto užívání, je nutno rozlišovat míru komplexity studie vodní stopy a proto se můžeme (v souladu s požadavky normy [16]) setkat s „dílčími“ vodními stopami jako je (laskavý čtenář doufám promine použití anglických výrazů, ale adekvátní české vyjádření je často málo srozumitelné):

- Water stress footprint
- Water scarcity footprint
- Water supply footprint
- Water pollution footprint
- Water eutrofication footprint
- Water acidification footprint
- Water human health footprint
- ...

V případě, že dojde k vyjádření více „typů“ vodních stop, pak hovoříme o „profilu“ vodní stopy. Je však také možné pomocí vhodně vybraných

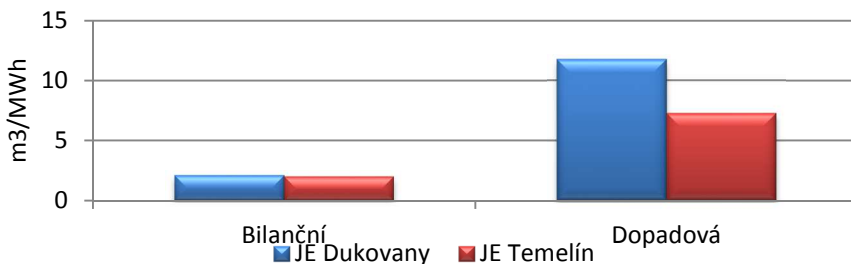
charakterizačních faktorů převést všechny dílčí stopy na jeden „společný jmenovatel“ např. $\text{H}_2\text{O}_{\text{ekv}}$, tj. obdobu CO_2ekv v uhlíkové stopě, a „profil vodní stopy“ vyjádřit jednou hodnotou.

Existence velkého množství modelů, které popisují dopady užívání vody, vede také k tomu, že různé modely vyžadují jiná data o užívání vody a dalších doplňujících ukazatelů. Přehled požadavků na vstupní data pro různé metody uvádí např. Berger a Finkbeiner [11].

3.3 Příklad porovnání obou přístupů

Porovnání obou přístupů si ukážeme na kvantifikaci vodní stopy procesu výroby 1 MWh elektrické a tepelné energie v našich jaderných elektrárnách. V JE Dukovany se spotřebuje na výrobu 1 MWh energie $2,079 \text{ m}^3$, zatímco v JE Temelín se spotřebuje $1,979 \text{ m}^3$ [17]. Tyto údaje představují bilanční vodní stopu (pouze) procesu výroby energie v těchto elektrárnách. Pro kvantifikaci dopadové vodní stopy (water scarcity footprint) byl zvolen charakterizační model obnovitelnosti vodních zdrojů [18]. Pro výpočet charakterizačního faktoru byly použity hydrologické údaje pro profil VD Hněvkovice na Vltavě a pro profil Ptáčov na Jihlavě.

Zatímco bilančním přístupem jsou procesy v obou elektrárnách prakticky srovnatelně náročné na vodu (rozdíl 5 %) má při hodnocení dopadovým způsobem proces výroby 1 MWh v elektrárně Dukovany o 62 % ($11,751$ vs. $7,260 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O}_{\text{ekv}}$) vyšší nároky na „referenční jednotku vodního zdroje“ než proces výroby v elektrárně Temelín. Referenční jednotkou v tomto případě je 1000 mm srážek za rok na 1 m^2 plochy povodí.



Graf 3: Srovnání Bilanční a dopadové vodní stopy jaderných elektráren v ČR

4 ZÁVĚR

Tzv. „bilanční“ přístup je v principu snadno uchopitelný nástroj, který jasně specifikuje, jaké množství vody je použito (či znečištěno) v rámci nějaké produkční, procesní či územní jednotky. Na druhou stranu nám hodnota „bilanční“ vodní stopy pramálo říká o tom, zda to je či není v daných podmínkách problém. Proto je do studií vodní stopy doplněna fáze „posouzení udržitelnosti“ ve které jsou zhodnoceny možné dopady na okolí. „Bilanční“ přístup vznikl jako nástroj pro řízení vodního hospodářství, kdy pomocí studií vodní stopy je možno optimalizovat využívání vodních zdrojů. Komparativní využití je vhodné spíše jen v rámci stejného vodního zdroje, např. při hledání odpovědi na otázku, zda je vhodnější v daném povodí produkovat výrobek A nebo B. Není vcelku problém vzít dvě nezávislé studie a porovnat je mezi sebou; samozřejmě i v při proovnáávání dvou „bilančních“ studií vodní stopy mohou vzniknout nesrovnalosti z důvodu rozdílného zahrnutí či „zanedbání“ některých „užívání“ vody do studie studie – viz například tři metody stanovení vodní stopy hydroenergetiky [19].

Ambice „dopadového“ přístupu jsou mnohem vyšší, jeho metodologie je proto mnohem komplexnější a v současné době je stále ve vývoji. Bohužel dosud také není tato metodologie bez „mezer“ a není ani jednotná. Využití „dopadového“ přístupu je zejména v komparativních studiích hodnocení vlivů různých výrobků, procesů či institucí „poskytujících stejné služby“ (to je obecně princip LCA studií). S ohledem na dosud nejednotnou metodologii však prakticky nelze porovnávat mezi sebou dvě nezávislé studie, neboť s vysokou pravděpodobností využívají rozdílné charakterizační modely, datové zdroje atd. Pro studie LCA a tedy i „dopadové“ vodní stopy obecně platí, že jsou často závislé na specializovaných databázích, které však v sobě zahrnují potřebu a spotřebu vody velmi rozdílně.

Aplikace „bilančního“ či „dopadového“ přístupu je tak závislá zejména na cíli, kterého má být studií dosaženo.

Poděkování

Príspevek vznikl s finanční podporou programu zemědělského aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“ Ministerstva zemědělství České republiky v rámci projektu QJ1520322 „Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy“

Literatura

- [1] Pfister, S. a S. Hellweg. The water “shoesize” vs. footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2009, roč. 106, č. 35, s. E93–E94 [cit. 13. květen 2015]. ISSN 0027-8424, 1091-6490. Dostupné z: doi: 10.1073/pnas.0908069106
- [2] Hoekstra, A.Y., W. Gerbens-Leenes a T.H. van der Meer. Reply to Pfister and Hellweg: Water footprint accounting, impact assessment, and life-cycle assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2009, roč. 106, č. 40, s. E114–E114 [cit. 13. květen 2015]. ISSN 0027-8424, 1091-6490. Dostupné z: doi: 10.1073/pnas.0909948106
- [3] Hoekstra, A.Y. A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. *Ecological Indicators* [online]. 2016, roč. 66, s. 564–573 [cit. 24. červenec 2016]. ISSN 1470-160X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ecolind.2016.02.026
- [4] *Virtual Water Trade – Proceedings of the international expert meeting on Virtual Water Trade* [online]. 12. Delft: IHE. 2003. *Value of Water Research Report Series*. Dostupné z: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>
- [5] Allan, T. ‘Virtual water’: a long term solution for water short Middle Eastern economies? In: *British Association Festival of Science*. B.m.: University of Leeds, 1997.
- [6] Chapagain, A.K. a A.Y. Hoekstra. *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. [online]. 13. Delft: UNESCO-IHE. 2003. *Value of Water Research Report Series*. Dostupné z: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report13.pdf>
- [7] Horlemann, L. a S. Neubert. *Virtual water trade: a realistic concept for resolving the water crisis?* Bonn: Dt. Inst. für Entwicklungspolitik, 2007. *Studies / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik*, 25. ISBN 978-3-88985-335-6.
- [8] Wichelns, D. An Economic Analysis of the Virtual Water Concept in relation to the Agri-food Sector. In: *OECD Sustainable Management of Water Resources in Agriculture* [online]. Paris, France: OECD Publishing, 2010 [cit. 5. květen 2015], s. 1–29. ISBN 978-92-64-08345-5. Dostupné z: http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/sustainable-management-of-water-resources-in-agriculture/an-economic-analysis-of-the-virtual-water-concept-in-relation-to-the-agri-food-sector_9789264083578-8-en

-
- [9] Department of Environment and Primary Industries, V. *The concept of „virtual water” - a critical review* [online]. text. Melbourne: Frontier Economics Pty Ltd. 2008 [cit. 5. květen 2015]. Dostupné z: <http://www.depi.vic.gov.au/agriculture-and-food/farm-management/soil-and-water/water/virtual-water>
- [10] Gawel, E. a K. Bernsen. What is Wrong with Virtual Water Trading? On the Limitations of the Virtual Water Concept. *Environment and Planning C: Government and Policy* [online]. 2013, roč. 31, č. 1, s. 168–181 [cit. 26. únor 2016]. ISSN 0263-774X, 1472-3425. Dostupné z: doi: 10.1068/c11168
- [11] Berger, M. a M. Finkbeiner. Methodological Challenges in Volumetric and Impact-Oriented Water Footprints. *Journal of Industrial Ecology* [online]. 2013, roč. 17, č. 1, s. 79–89 [cit. 8. červen 2016]. ISSN 1530-9290. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1530-9290.2012.00495.x
- [12] Pfister, S., A. Koehler a S. Hellweg. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science & Technology* [online]. 2009, roč. 43, č. 11, s. 4098–4104 [cit. 6. květen 2015]. ISSN 0013-936X, 1520-5851. Dostupné z: doi: 10.1021/es802423e
- [13] Bayart, J.-B., C. Bulle, L. Deschênes, M. Margni, S. Pfister, F. Vince a A. Koehler. A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* [online]. 2010, roč. 15, č. 5, s. 439–453 [cit. 14. květen 2015]. ISSN 0948-3349, 1614-7502. Dostupné z: doi: 10.1007/s11367-010-0172-7
- [14] Berger, M. a M. Finkbeiner. Water Footprinting: How to Address Water Use in Life Cycle Assessment? *Sustainability* [online]. 2010, roč. 2, č. 4, s. 919–944 [cit. 6. květen 2015]. Dostupné z: doi: 10.3390/su2040919
- [15] Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya a M.M. Mekonnen. *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. London ; Washington, DC: Earthscan, 2011. ISBN 978-1-84971-279-8.
- [16] ISO. *ISO 14046:2014 Water Footprint*. ICS:13.020.60;13.020.10. Geneva: International Organization for Standardization. 2014.
- [17] Ansorge, L. a M. Zeman. Model of Water Needs for Energy Production. *Statistika*. 2016, roč. 96, č. 3, s. 5–16. ISSN 1804-8765 (Online) 0322-788x (Print).
- [18] Yano, S., N. Hanasaki, N. Itsubo a T. Oki. Water Scarcity Footprints by Considering the Differences in Water Sources. *Sustainability* [online]. 2015, roč. 7, č. 8, s. 9753–9772 [cit. 28. červenec 2016]. Dostupné z: doi: 10.3390/su7089753