

Srovnání vlivu volby prostorového měřítka charakterizačního faktoru AWARE na příkladu JE Dukovany a Temelín

Influence of regionalization of AWARE characterization factor on the example of NPPs Dukovany and Temelín

Libor Ansorge¹ | Jiří Dlabal¹

INFORMACE O ČLÁNKU

DOI

10.3260/ENTECHO.2018.11.001

HISTORIE

Datum doručení: 18.9.2018

Datum revize: 24.10.2018

Datum akceptace: 2.11.2018

AFILACE

¹ Výzkumný ústav vodohospodářský

T. G. Masaryka, v. v. i.

Podbabská 2582/30

160 00 Praha 6

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní stopa;

posuzování životního cyklu;

charakterizační model AWARE;

jaderná elektrárna

KEYWORDS

Water footprint;

life cycle assessment;

AWARE characterization model;

nuclear power plant

SOUHRN

V tomto článku jsou popsány výsledky studie, zaměřené na posouzení vlivu různých prostorových měřítek použitých pro odvození hodnoty charakterizačního faktoru AWARE. Srovnávací studie jaderných elektráren Temelín a Dukovany ukázala, že různá prostorová měřítka charakterizačního faktoru mohou vést, až k diametrálně odlišným výsledkům srovnávací studie, kdy v jednom ze čtyř případů vyšly výsledky posouzení opačně. Volba prostorového měřítka charakterizačního faktoru AWARE tak může zásadním způsobem ovlivnit závěry hodnocení životního cyklu.

SUMMARY

The article describes the LCA water footprint study focused on influence of different spatial scale of AWARE characterisation factor. The comparative study of two nuclear power plants shows important impact of different spatial resolution of characterisation factor on the results when one from four cases resulted to the opposite results. Selection of spatial resolution of characterisation factor may importantly affected the conclusions of LCA study.

1 Úvod

Posuzování životního cyklu (LCA) je jedním z často používaných nástrojů pro hodnocení environmentálních dopadů produktů, procesů či lidských aktivit. V současnosti doporučovanou metodou pro tzv. charakterizaci dopadů spojených s užíváním vody je metoda Available Water Remaining zkráceně AWARE (Boulay et al., 2018; Frischknecht a Jolliet, 2016; Jolliet et al., 2018). Tato metoda je dále rozvíjena dalšími autory. Ansorge a Beránková (2017) například použili prostorovou regionalizaci pro stanovení podrobnějších hodnot charakterizačního faktoru. Gejl et al. (2018) aplikoval model AWARE na podzemní vody. Někteří autoři poukazují na nejistoty a specifika použití modelu AWARE (Ansorge et al., 2018; Lee et al., 2018). V návaznosti na tyto skutečnosti byla provedena studie vlivu prostorového měřítka dostupných hodnot charakterizačního faktoru AWARE na hodnotu vodní stopy na příkladu jaderných elektráren Dukovany a Temelín.

2 Data a metody

V rámci projektu QJ1520322 „Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy“ byla vytvořena srovnávací

studie vodní stopy jaderných elektráren Dukovany a Temelín (Ansorge a Dlabal, 2017, 2016) s využitím charakterizačního modelu fwua (Yano et al., 2015). Pro studii vlivu rozdílného měřítka charakterizačního modelu jsme použili data shromážděná během inventarizační analýzy této starší srovnávací studie.

2.1 Cíle a rozsah studie

Cílem studie popsané v tomto článku bylo porovnání vlivu rozdílného měřítka charakterizačního modelu AWARE na příkladu výroby elektrické a tepelné energie ve dvou jaderných elektrárnách provozovaných v České republice společností ČEZ a. s. Studie popsaná v tomto článku přímo navazovala na předchozí studii (Ansorge a Dlabal, 2016) a má proto i stejný rozsah, tj. „cradle-to-gate“. Funkční jednotkou byla zvolena 1 MWh vyprodukované energie (elektrické + tepelné). Data byla použita za období 2005–2015. Upstream a downstream procesy byly ze studie vypuštěny zejména proto, že pro obě elektrárny používají stejného dodavatele jaderného paliva a hodnoty vstupů vztažené na funkční jednotku tak budou mít stejnou nebo velmi podobnou hodnotu.

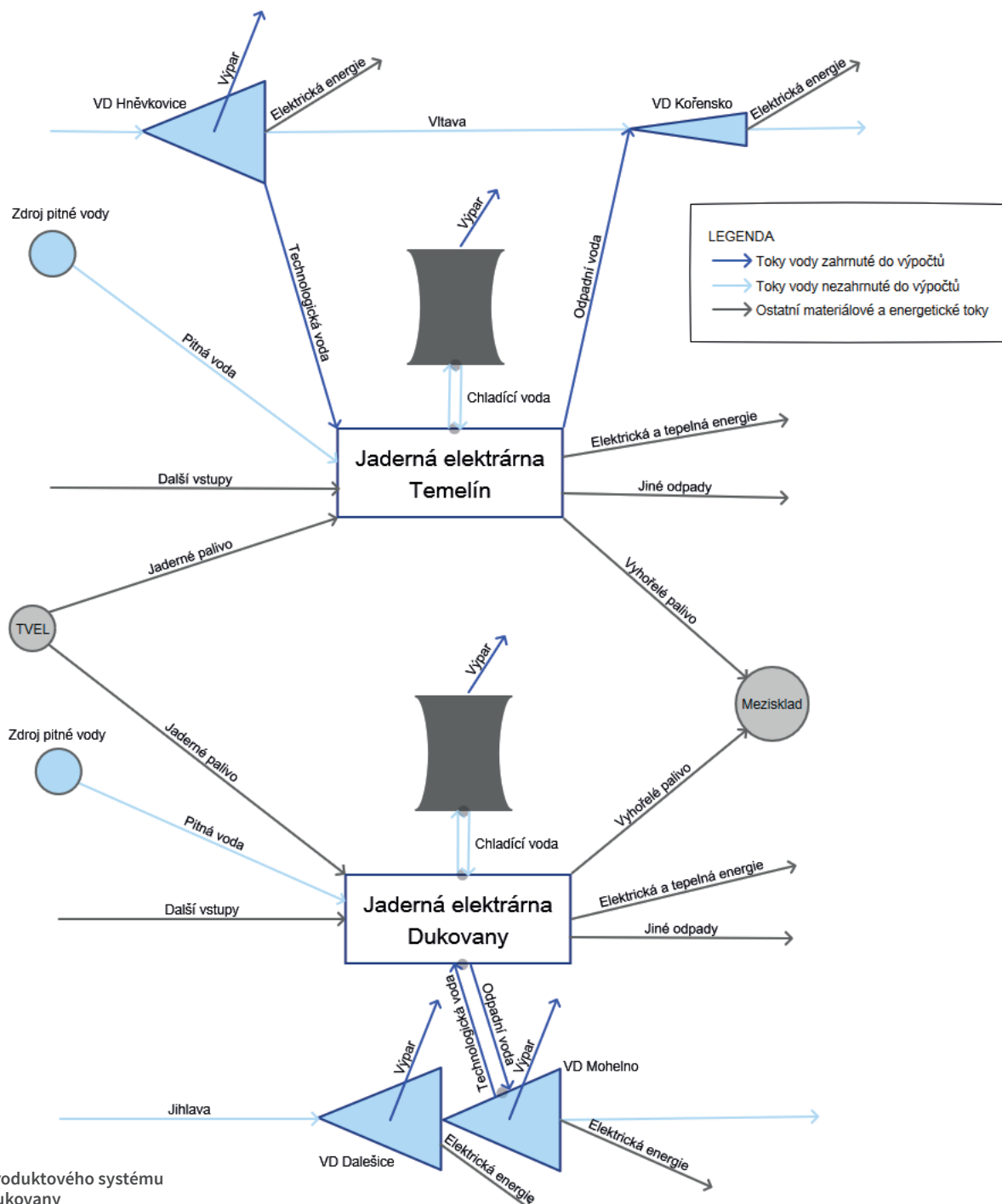
Protože nejsou známy konkrétní materiálové spotřeby při výstavbě obou jaderných elektráren, byla předpokládána stejná spotřeba

surovin při výstavbě a likvidaci obou jaderných elektráren. Inhaber (2004) uvádí spotřebu základních materiálů přepočtenou na produkovanou elektrickou energii a k tomu vztaženou „nepřímou!“ spotřebu vody, která se pro jadernou energetiku pohybuje na úrovni 0,0005 až 0,001 m³ · MWh⁻¹ oproti „přímé spotřebě“ ve výši 107 m³ · MWh⁻¹. Jedná se tak o zanedbatelné množství vody. Obdobně zanedbatelné hodnoty uvádí i Mekonnen et al. (2015). Proto byly dopady fáze výstavby i fáze likvidace jaderných elektráren z analýzy vyloučeny.

2.2 Inventarizační analýza

Schéma produktového systému obou jaderných elektráren uvádí Obrázek 1. Podrobné údaje o vstupech a výstupech produktového systému lze nalézt ve zveřejněné srovnávací studii (Ansorge a Dlabal, 2016), souhrnné údaje charakterizující obě jaderné elektrárny uvádí Tabulka 1, souhrnné údaje charakterizující místa odběru a vypouštění pro obě jaderné elektrárny uvádí Tabulka 2. Pro studii byla použita

data o výrobě elektřiny a tepla poskytnutá Energetickým regulačním úřadem o výrobě elektřiny a tepla a dále data zveřejněná v Ročních zprávách o provozu ES ČR (<http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy>) za roky 2014 a 2015. Informace o užívání vody byly použity údaje evidované v informačním systému veřejné správy podle § 21 odst. 2 písm. c) bodu 4 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Dále byly použity hydrologické charakteristiky pro vodní nádrže tvořící vodní hospodářství obou jaderných elektráren uvedené v manipulačních řádech těchto elektráren (VD TBD, 2015, 2009) a informace dostupné v informačním systému EIA „Oznámení záměru nového jaderného zdroje v lokalitě Dukovany“ (ČEZ, 2016), „Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín: Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí“ (ČEZ, 2010), „Vyjádření k žádosti o vydání integrovaného povolení společnosti ČEZ, a s.“ (CENIA, 2006) a dostupné na internetových stránkách společnosti ČEZ a. s.



Obr. 1: Schéma produktového systému JE Temelín a JE Dukovany

Tabulka 1: Souhrnné charakteristiky JE Temelín a JE Dukovany za období 2005–2015

Charakteristiky	Jednotky	JE Temelín	JE Dukovany
Celková produkce elektřiny	MWh	147 916 896	157 304 074
Celková produkce tepla	GJ	5 837 514	5 029 023
Celkové odběry povrchových vod	10 ³ m ³	374 556	538 825
Celkové vypouštění odpadních vod	10 ³ m ³	84 771	208 485

Tabulka 2: Charakteristiky míst odběrů a vypouštění z vodních děl tvořících systém vodního hospodářství JE Temelín a JE Dukovany

Hydrologické charakteristiky	Unit	Hněvkovice	Kořensko	Dalešice-Mohelno
ČHP	–	1-06-03-076	1-07-05-001	4-16-01-1050
Hlavní povodí	–	Labe	Labe	Dunaj
Plocha povodí (A)	km ²	3 540,29	7 828,85	1 155,26
Průměrné srážky	mm	769	716	646
Průměrný roční odtok (Q _A)	m ³ · s ⁻¹	30,6	54,9	5,35
Minimální zůstatkový průtok (MZP)	m ³ · s ⁻¹	6,5	9,5	1,2
Průměrná plocha hladiny	ha	276,7	–	463,7 + 117,0
Průměrný roční výpar	mm	659	–	725

2.3 Hodnocení dopadů ve vazbě na vodu

S ohledem na cíl studie, kterým je ověření vlivu rozdílného prostorového měřítka charakterizačního faktoru AWARE na výsledek hodnocení vodní stopy, byl použit ve studii pouze tento model.

Autory modelu AWARE byly hodnoty charakterizačního faktoru odvozeny pro cca 11 tisíc hlavních povodí na světě a následně z nich byly odvozeny hodnoty charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivé státy. Údaje pro obě tyto prostorové jednotky s rozdílným prostorovým měřítkem jsou k dispozici všem řešitelům studií vodní stopy na stránkách pracovní skupiny Water Use in LCA (<http://wulca-waterlca.org/>). Kromě těchto dvou prostorových měřítek (státy/povodí) byly vypočítány hodnoty regionalizovaného charakterizačního faktoru CF_{AWARE} podle rovnice:

$$CF_{AWARE} = \frac{AMD_{world\ avg}}{AMD_i} \quad (1)$$

Kde $AMD_{world\ avg}$ je referenční hodnota navržená autory metody AWARE o hodnotě 0,1632 m³ · m⁻² · rok⁻¹ a AMD_i pro každou nádrž, tvořící vodní hospodářství jaderných elektráren Temelín a Dukovany lze spočítat podle rovnice:

$$AMD_i = \frac{(Q_A - MZP) \times 365 \times 86\,400}{1\,000\,000 \times A} \quad (2)$$

Metodika sestavení vodní stopy (Ansorge et al., 2017, kap. IX.6) uvádí hodnoty charakterizačního faktoru AWARE stanovené na základě hydrologického modelu BILAN pro jednotlivá dílčí hydrologická povodí 3. řádu v ČR. Protože místa odběrů a vypouštění pro obě jaderné elek-

trárny leží na páteřních tocích, není možno použít zde uváděné hodnoty přímo, ale je nutno spočítat hodnotu charakterizačního faktoru jako plochou váženou průměrnou hodnotu charakterizačních faktorů všech povodí ležících nad příslušným profilem. Povodí vodního díla Dalešice – Mohelno tvoří pouze ČHP-III 4-16-01, takže zde není třeba provádět žádný přepočet. Povodí vodních děl Kořensko i Hněvkovice se však skládá z několika povodí 3. řádu.

Hodnoty charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivá prostorová měřítka uvádí Tabulka 3, vypočtené hodnoty pro ČHP 3. řádu pak Tabulka 4.

S těmito 4 sadami hodnot charakterizačního faktoru AWARE byla spočtena vodní stopa obou elektráren a stanoven poměr mezi oběma elektrárnami, tj. kolikrát je nižší environmentální dopad spojený s užíváním vody v jedné elektrárně vůči druhé.

3 Výsledky

Celková spotřeba vody započítaná do vodní stopy (Tabulka 5) se skládá z výparu z chladících věží a z výparu z hladiny vodních nádrží tvořících systém vodního hospodářství obou jaderných elektráren. Další užívání vody, jako je spotřeba pitné vody, čerpání podzemních vod, výpar z vodních nádrží vztažený k výrobě elektrické energie na hydroelektřárnách instalovaných v hrázích vodních nádrží apod., tvoří zanedbatelnou část celkového užívání vody vztaženého na funkční jednotku (Ansorge a Dlabal, 2016) a nebylo proto uvažováno. Celková spotřeba vody na výrobu energie se v případě JE Temelín pohybuje mezi

Tabulka 3: Hodnoty charakterizačního faktoru CF_{AWARE} pro různé prostorové jednotky

	ČR	Hlavní povodí Labe	Hlavní povodí Dunaje	Hněvkovice	Kořensko	Dalešice-Mohelno
CF_{AWARE}	1,79	2,1	1,3	0,76	0,89	1,44

Tabulka 4: Hodnoty charakterizačního faktoru CF_{AWARE} pro povodí 3. řádu JE Temelín a JE Dukovany

Název VD	ČHP III	Plocha povodí [km ²]	CF_{AWARE}
Hněvkovice	1-06-01	1863	0,76
	1-06-02	979	1,09
	1-06-03	750	1,03
	1-06-01 až 1-16-03	3592	0,91
Kořensko	1-06-01	1863	0,76
	1-06-02	979	1,09
	1-06-03	750	1,03
	1-07-01	589	1,24
	1-07-02	1128	1,30
	1-07-03	998	0,99
	1-07-04	1520	1,29
	1-07-05	327	1,18
1-06-01 až 1-07-05	8154	1,08	
Dalešice - Mohelno	4-16-01	1206	1,32

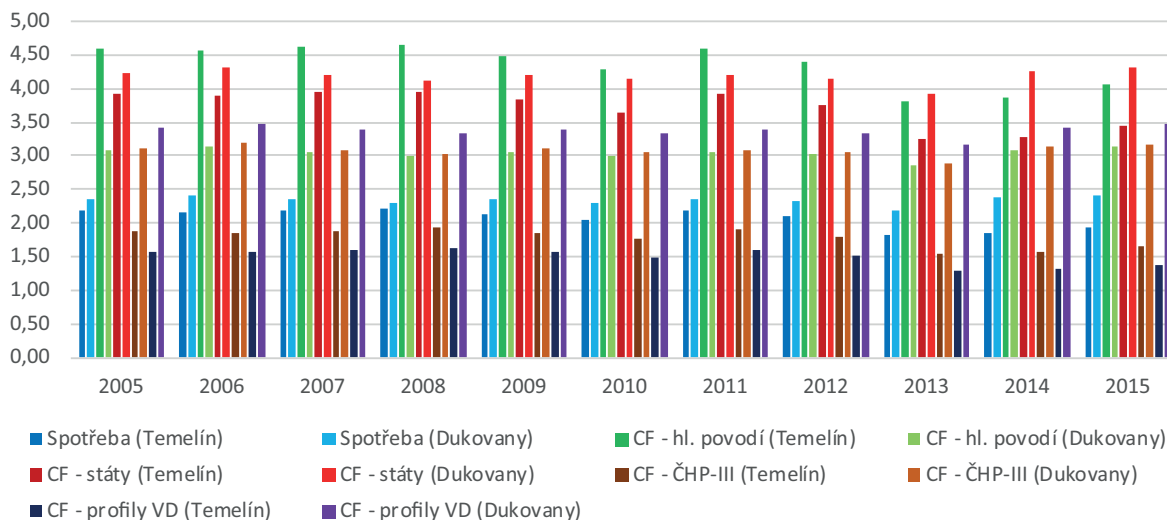
1, 81 až 2,21 m³·MWh⁻¹ a v případě JE Dukovany mezi 2,19 až 2,42 m³·MWh⁻¹. Spotřeba vody v Temelíně je tak v jednotlivých letech na úrovni 77,4 až 96,0% spotřeby vody v Dukovanech na 1 MWh vyprodukované energie.

Hodnota vodní stopy se pak liší v závislosti na prostorovém měřítku, pro které byl odvozen charakterizační faktor AWARE. Při použití hodnoty charakterizačního faktoru pro hlavní povodí Labe a Dunaje se hodnota vodní stopy v JE Temelín pohybuje mezi 3,80 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 4,65 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a v JE Dukovany mezi 2,85 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 3,14 m³_{ekv.}·MWh⁻¹. Poměr vodní stopy JE Temelín se pohybuje mezi 125,1% až 155,0% vodní stopy JE Dukovany. Jedná se o jediný případ, kdy vodní stopa JE Temelín je vyšší než vodní stopa JE Dukovany. Při použití charakterizačního faktoru AWARE odvozeného pro území jednotlivých států je vodní stopa JE Temelín mezi 3,26 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 3,96 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ zatímco JE Dukovany mezi 3,93 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 4,32 m³_{ekv.}·MWh⁻¹. Protože je použita jedna hodnota charakterizačního faktoru na obě elektrárny, je poměr vodní stopa JE Temelín a JE Dukovany shodný jako v případě spotřeby vody, tj. 77,4 až 96,0%. Při použití charakterizačního faktoru pro hydrologická povodí 3. řádu se vodní

stopa JE Temelín pohybuje mezi 1,54 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 1,92 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a vodní stopa JE Dukovany 2,89 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 3,18 m³_{ekv.}·MWh⁻¹. Vodní stopa JE Temelín tak tvoří jen 50,4% až 63,3% vodní stopy JE Dukovany. Nejvyšší rozdíl mezi oběma jadernými elektrárnami je při použití charakterizačního faktoru odvozeného přímo pro profily používaných vodních zdrojů (tj. pro vodní díla Hněvkovice, Kořensko a Dalešice – Mohelno) podle rovnice 2. Vodní stopa JE Temelín se pohybuje v tomto případě mezi 1,30 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 1,62 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a vodní stopa JE Dukovany mezi 3,16 m³_{ekv.}·MWh⁻¹ a 3,48 m³_{ekv.}·MWh⁻¹. Vodní stopa JE Temelín tak dosahuje pouze 38,8% až 48,7% vodní stopy JE Dukovany. Podrobné informace uvádí Tabulka 5 a zobrazuje Obrázek 2.

4 Diskuse a závěr

Výsledky popsané v předchozí části ukazují značný vliv volby prostorového měřítka pro odvození charakterizačního faktoru na závěry posuzování životního cyklu. Podle zvoleného měřítka charakterizačního faktoru může být vodní stopa JE Temelín buďto 2,5x lepší než vodní stopa JE Dukovany v případě použití charakterizačního faktoru pro



Obr. 2: Srovnání spotřeby a vodní stopy JE Temelín a JE Dukovany stanovené pomocí CF_{AWARE} pro různá prostorová měřítka

Tabulka 5: Hodnoty spotřeby vody a vodní stopy pro JE Temelín a JE Dukovany

	Temelín	Dukovany	Temelín				Dukovany			
	Celková spotřeba vody		Vodní stopa nedostatku vody							
CF_{AWARE}			Hl. povodí	Státy	ČHP III	Profily VD	Hl. povodí	Státy	ČHP III	Profily VD
Rok	$m^3 \cdot MWh^{-1}$		$m^3_{ekv.} \cdot MWh^{-1}$							
2005	2,19	2,37	4,60	3,92	1,87	1,57	3,08	4,24	3,12	3,41
2006	2,17	2,42	4,56	3,89	1,86	1,56	3,14	4,32	3,18	3,48
2007	2,20	2,34	4,62	3,93	1,89	1,59	3,05	4,19	3,09	3,37
2008	2,21	2,31	4,65	3,96	1,92	1,62	3,00	4,13	3,04	3,32
2009	2,14	2,35	4,48	3,82	1,86	1,56	3,06	4,21	3,10	3,39
2010	2,04	2,31	4,27	3,64	1,76	1,48	3,01	4,14	3,04	3,33
2011	2,19	2,34	4,60	3,92	1,90	1,60	3,05	4,20	3,09	3,38
2012	2,09	2,32	4,40	3,75	1,80	1,51	3,01	4,15	3,05	3,34
2013	1,81	2,19	3,80	3,24	1,54	1,30	2,85	3,93	2,89	3,16
2014	1,84	2,37	3,86	3,29	1,57	1,33	3,09	4,25	3,13	3,42
2015	1,93	2,41	4,05	3,45	1,65	1,39	3,13	4,31	3,17	3,47

profil vodních nádrží, nebo také 1,5x horší než vodní stopa JE Dukovany v případě použití charakterizačního faktoru pro hlavní povodí. Provedená studie tak potvrzuje, že v případě vodní stopy má smysl hledat taková řešení, která maximálně postihnou prostorovou a časovou variabilitu v dostupnosti vody, protože problémy spojené s užíváním vody (ačkoliv je voda globálním zdrojem), mají významný a neopominutelný časový a prostorový kontext (Wichelns, 2017).

Jako nejvhodnější se proto může zdát použití lokálně stanovených charakterizačních faktorů. Jejich použití však ještě dlouho bude narážet na nedostupnost dat pro jejich stanovení pro všechny prvky posuzovaného produktového systému. Zároveň je třeba uspokojivě vyřešit způsob stanovení charakterizačních faktorů pro prvky produktového systému, které nemají jednoznačně identifikované místo a čas původu.

V současnosti tedy je nejschůdnější cestou použití „průměrných“ hodnot charakterizačních faktorů pro jasně definované větší územní celky. I zde platí, že čím menší velikost celku, tím lze předpokládat „lepší“ výsledky z hlediska vypovídací schopnosti. Na druhou stranu ovšem také platí, že čím větší podrobnost řešení, tím větší nároky na data. Dostupnost dat tak může být limitujícím faktorem při zvyšování podrobnosti řešení. Ostatně, jak ukázal Ansorge et al. (2018), už odvození hodnot pro jednotlivé země se potýkalo s metodickými problémy. Možné řešení ukázali Ansorge a Beránková (2017) pro povrchové vody a Gejl et al. (2018) pro podzemní vody.

Je třeba si také uvědomit, že nahrazení reálných měřených hodnot jejich modelovanými hodnotami nemusí být vždy vhodným řešením. Jakýkoliv matematický model či jinak odvozená sada tzv. sekundárních dat je totiž pouhou aproximací reality a zahrnuje více či méně známou chybu či nejistotu. Použitím každé sady takto získaných dat tak dochází k nárůstu nejistot výsledného posouzení. Zatím je v literatuře popsáno jen málo studií, které se nejistotami posuzování životního cyklu v oblasti vodní stopy podrobně zabývají (např. Lee et al., 2018; Scherer a Pfister, 2016).

Použití charakterizačních faktorů pro jednotlivé státy může být vhodnou cestou při řešení úloh s významnými přeshraničními materiálovými a energetickými toky. Pro řešení úloh s produktovým systémem převážně v rámci jedné země je jejich použití prakticky neefektivní. Bohužel je řešení postavené na členění podle zemí dnes úzce spojeno s existujícími LCIA databázemi jako např. GaBi® či Ecolnvent®, je-

jichž datové sady jsou na tomto územním členění založeny. Ani řešení po „hlavních“ povodích není příliš efektivní, protože pokud neleží vodní zdroj (místo odběru či vypouštění) na páteřním toku poblíž uzávěrového profilu daného povodí, pak nejistoty spojené s variabilitou charakterizačního faktoru v ploše povodí jsou značné (Ansorge et al., 2018). Ostatně v jediném případě, kdy vodní stopa JE Dukovany byla nižší než vodní stopa JE Temelín, byl použit charakterizační faktor AWARE na úrovni hlavních povodí Labe a Dunaje. Tento diametrální rozpor s výsledky řešení v jiném prostorovém členění lze vykládat tak, že charakterizační faktor 1,3 odpovídá vodnosti Dunaje, avšak JE Dukovany leží v takové části povodí Dunaje, která se od „průměru“ vyjádřeného charakterizačním faktorem 1,3 značně odlišuje. Zejména zpracovatelé tzv. kritického přezkoumání každé studie vodní stopy musí zodpovědně zvážit, zda měřítka, pro které byly použity charakterizační faktory, bylo zvoleno adekvátně s ohledem na cíle studie, dostupnost dat a nejistoty výsledků.

Relativně zajímavým výsledkem jsou hodnoty vodní stopy pro měřítka profilů vodních nádrží a pro měřítka hydrologických povodí 3. řádu pro JE Temelín, kdy hodnota vodní stopy v $m^3_{ekv.} \cdot MWh^{-1}$ je menší než skutečná spotřeba vody na výrobu 1 MWh. Tato skutečnost je způsobena tím, že voda je odebírána v části povodí s lepšími hydrologickými charakteristikami a naopak vypouštěna v povodí s horšími hydrologickými charakteristikami.

5 Poděkování

Vznik článku byl podpořen v rámci naplňování Dlouhodobé koncepce rozvoje Výzkumného ústavu vodního hospodářství a využil data získaná v projektu QJ1520322 „Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy“ řešeného s finanční podporou Ministerstva zemědělství v rámci Programu zemědělského aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012–2018 „KUS“.

6 Literatura

Ansorge, L.; Beránková, T., 2017. LCA Water Footprint AWARE characterization factor based on local specific conditions. EJSD 6(4), 13–20. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n4p13>

- Ansorge, L.; Beránková, T.; Uhlířová, K., 2018. *Specifika charakterizačního modelu vodní stopy AWARE*. ENTECHO 1(1), 12–15. <https://doi.org/10.3260/entecho.2017.11.003>
- Ansorge, L.; Dlabal, J., 2017. *Comparative water scarcity footprint study of two nuclear power plants*. SREEC 26(4), 489–497. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2017.26.4.47>
- Ansorge, L.; Dlabal, J., 2016. *Srovnávací studie dopadů JE Temelín a JE Dukovany na vodní zdroje: verze pro veřejnost*, Projekt QJ1520322 Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.
- Ansorge, L.; Dlabal, J.; Prchalová, H.; Vyskoč, P.; Vološínová, D.; Beránková, T., 2017. *Metodika sestavení vodní stopy v souladu s ISO 14046*, Výzkum pro praxi. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.
- Boulay, A.-M.; Bare, J.; Benini, L.; Berger, M.; Lathuillière, M. J.; Manzardo, A.; Margni, M.; Motoshita, M.; Núñez, M.; Pastor, A. V.; Ridoutt, B.; Oki, T.; Worbe, S.; Pfister, S., 2018. *The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)*. Int J Life Cycle Assess 23(2), 368–378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- CENIA, 2006. *Vyjádření k žádosti o vydání integrovaného povolení společnosti ČEZ a. s.* CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Praha.
- ČEZ, 2016. *Nový jaderný zdroj v lokalitě Dukovany: Oznámení záměru* (No. C1450-13–01). ČEZ a. s.
- ČEZ, 2010. *Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín: Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí*. ČEZ a. s.
- Frischknecht, R.; Jolliet, O. (Ed.), 2016. *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1*. United Nations Environment Programme, Paris.
- Gejl, Ryle Nørskov; Bjerg, Poul Løgstrup; Henriksen, Hans Jørgen; Hauschild, Michael Zwicky; Rasmussen, Jens; Rygaard, Martin, 2018. *Integrating groundwater stress in life-cycle assessments – An evaluation of water abstraction*. Journal of Environmental Management 222, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.058>
- Inhaber, H., 2004. *Water Use in Renewable and Conventional Electricity Production*. Energy Sources 26(3), 309–322. <https://doi.org/10.1080/00908310490266698>
- Jolliet, O.; Antón, A.; Boulay, A.-M.; Cherubini, F.; Fantke, P.; Levasseur, A.; McKone, T. E.; Michelsen, O.; Canals, L. M. i.; Motoshita, M.; Pfister, S.; Veronesi, F.; Vigon, B.; Frischknecht, R., 2018. *Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: impacts of climate change, fine particulate matter formation, water consumption and land use*. Int J Life Cycle Assess 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1443-y>
- Lee, J. S.; Lee, M. H.; Chun, Y.-Y.; Lee, K. M., 2018. *Uncertainty Analysis of the Water Scarcity Footprint Based on the AWARE Model Considering Temporal Variations*. Water 10(3), 341. <https://doi.org/10.3390/w10030341>
- Mekonnen, M. M.; Gerbens-Leenes, P. W.; Hoekstra, A. Y., 2015. *The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment*. Environ. Sci.: Water Res. Technol. 1(3), 285–297. <https://doi.org/10.1039/C5EW00026B>
- Scherer, L.; Pfister, S., 2016. *Dealing with uncertainty in water scarcity footprints*. Environ. Res. Lett. 11(5), 054008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054008>
- VD TBD, 2015. *Manipulační řád pro Vodní dílo Dalešice*.
- VD TBD, 2009. *Manipulační řád VD Hněvkovice a VD Kořensko*.
- Wichelns, D., 2017. *Volumetric water footprints, applied in a global context, do not provide insight regarding water scarcity or water quality degradation*. Ecological Indicators 74, 420–426. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.008>
- Yano, S.; Hanasaki, N.; Itsubo, N.; Oki, T., 2015. *Water Scarcity Footprints by Considering the Differences in Water Sources*. Sustainability 7(8), 9753–9772. <https://doi.org/10.3390/su7089753>