

Modelling Household Water Demand in Europe - Insights from a Cross-Country Econometric Analysis of EU-28 countries

Arnaud Reynaud
JRC Technical Report, 2015¹

Překlad kapitol „Shrnutí“ a „Česká Republika“ z anglického originálu studie EU provedl Bc. Jan Brabec (e-academia.eu).

Shrnutí

Studie přináší nové poznatky o poptávce domácností po pitné vodě (se zaměřením na ekonomické modelování) v Evropské Unii. Studie je založena na konsolidovaných veřejných datech na národní a regionální úrovni.

Kontext

Modelování poptávky po vodě nabralo na významu spolu s rostoucí potřebou lépe rozumět tržním a netržním užitím vody kvůli evaluaci realokace, investičních benefitů a jiných opatření. V Evropě je podle článku 9 Rámcové směrnice o vodě vyžadována implementace takového zpoplatnění vody, které zvýší efektivnost jejího užívání. Cenové nástroje jsou Evropskou komisí (2012) zdůrazňovány jako účinné prostředky k motivaci odběratelů, které kombinují environmentální a ekonomické benefity a zároveň podporují inovace. Nicméně, jakákoliv změna cen vody vyvolá změnu chování domácností a může mít negativní dopad na dostupnost vody pro nízkopříjmové skupiny obyvatelstva. Ekonomické modely jsou důležité pro pochopení, jak může poptávka domácností po vodě reagovat na změnu cen vody. Ekonomové vytvořili velké množství modelů pro odhad poptávky po pitné vodě ze strany domácností. Přestože odhady poptávky byly provedeny v mnoha zemích po celém světě, poznání v Evropě je stále neúplné. Konstrukce poptávek po pitné vodě jsou v Evropě dostupné pro několik zemí, ale poslední studie Evropské agentury pro životní prostředí zdůraznila, že většina studií vznikla před 10 nebo 20 lety.

Metodologie

Jako první studie shrnuje vědeckou literaturu týkající se modelování poptávky po pitné vodě v Evropě. Nebyli jsme schopni nalézt žádný odhad poptávky domácností po vodě pro 10 z 28 zemí EU (Bulharsko, Estonsko, Finsko, Chorvatsko, Irsko, Lotyšsko, Litva Maďarsko, Rakousko a Slovinsko). Pro 18 zbývajících zemí je nutné zdůraznit, že pouze 6 existujících odhadů poptávkové funkce domácností po pitné vodě vychází z dat po roce 2010 (Česká Republika, Kypr, Lucembursko, Německo, Rumunsko a Velká Británie). Pro Dánsko a Švédsko se současnější studie datují do let 1990 a 1992. I přes tato

¹ Celý anglický text studie je dostupný zde: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/modelling-household-water-demand-europe-insights-cross-country-econometric-analysis-eu-28-countries?search>

omezení, literatura poskytuje indikátory, na jakých empirických faktorech závisí poptávka domácností po pitné vodě.

Jako další jsme shromáždili data o spotřebě a cenách vody pro 28 států EU podle rozdělení NUTS3. Data pocházejí většinou od národních statistických úřadů, regulátorů, čistíček odpadních vod, národních asociací pro vodu a odpadní vodu a národních asociací samosprávních jednotek. Přístup k důvěryhodnému zdroji dat je nezbytný pro návrh efektivního managementu. Náš datové souhrny si kladou za cíl napomoci tvůrcům politiky orientovat se v aktuálních statistikách.

Dále za použití konzistentních dat a ekonometrických metod poskytujeme nové odhady poptávky domácností po pitné vodě pro všech 28 zemí EU. Shromáždili jsme data o spotřebě vody, cenách vody a charakteristikách domácností, které by mohly mít vliv na spotřebu vody za všechny země EU. Poté byla za použití nejnovějších dat (2005-2012) na úrovni samostatných správních jednotek nebo NUTS3 jednotek odhadnuta poptávka domácností po pitné vodě v každé zemi. Ekonometrické odhady nám umožňují určit faktory ovlivňující poptávku domácností po pitné vodě v jednotlivých zemích. Odhadujeme také nové cenové a důchodové elasticity.

Hlavní postřehy

Pro většinu zemí vychází odhad cenové elasticity poptávky domácností po pitné vodě negativně. Při **zvýšení ceny** tedy budou evropské domácnosti reagovat **snížením spotřeby pitné vody**. Dále se ukazuje, že cena vody je indikátorem, který informuje domácnosti o zvýšené vzácnosti vody, resp. o vyšších nákladech na výrobu pitné vody. Zjistili jsme, že poptávky domácností po pitné vodě jsou pro většinu zemí EU cenově **neelastické**. To znamená, že poptávka poklesne o méně než 1 % pro každý nárůst ceny o 1 % (tj. pitná voda z veřejných vodovodů je nezbytnou komoditou jejíž substitute je omezená). Cenové elasticity se pohybují mezi -0,5 a -0,1. Růst ceny o 10 % tak způsobí pokles spotřeby v rozmezí 1 – 5 %. Usilují-li veřejné autority o rychlejší snižování spotřeby pitné vody, musí ekonomické/cenové podněty doplnit těmi necenovými, například vzděláváním nebo informačními kampaněmi.

Poptávka domácností po pitné vodě může být v čase konstantní kvůli zvykům domácností nebo kvůli časovému zpoždění, které je nutné pro přechod na spotřebiče šetřící vodu (např. sprchy, pračky, toalety apod.). Očekáváme, že domácnosti mohou reagovat na změnu ceny pitné vody **v delším období** spíše než v kratším. Za použití panelových dat pro některé země ukazujeme, že cenová elasticita je v delším období vyšší (v absolutní hodnotě) než v krátkém období. Znamená to, že i když domácnosti nezareagují na změnu ceny pitné vody okamžitě, veřejné autority mohou očekávat výraznější změnu jejich chování v dlouhém období. Užítky (např. v podobě redukce spotřeby vody) ze zvýšení ceny pitné vody mohou být patrné až několik let po implementaci cenové změny. Poznatky o vyšší reakci domácností na změnu ceny v dlouhém období je v souladu s existující literaturou (Nauges and Thomas 2000, Musolesi and Nosvelli 2007, Hortová and Kristoufek 2014).

Rozsah hodnot důchodových elasticit je mnohem širší. Pro Francii, Chorvatsko, Německo, Rakousko, Řecko a Španělsko je důchodová elasticita velmi nízká (mezi 0,00 a 0,25). Pro tyto země neočekáváme výrazný vliv změny příjmu domácností na spotřebu pitné vody na obyvatele. Důchodová elasticita je mnohem vyšší pro Bulharsko, Estonsko, Finsko, Kypr, Litvu, Lotyšsko, Portugalsko a Slovensko (přes 0,50). Tato skupina zahrnuje některé východoevropské státy, kde se příjem domácností i cena pitné vody za posledních 10 let výrazně změnily. Odhadnout trend spotřeby pitné vody v těchto zemích je velmi obtížné, protože bude důsledkem dvou protichůdných efektů. Za prvé, díky očekávanému růstu příjmů v těchto zemích (proces konvergence) by mělo dojít ke zvýšení spotřeby pitné vody na obyvatele (důchodový efekt). Na druhou stranu můžeme v těchto zemích očekávat výraznější zvýšení cen pitné vody kvůli zohlednění principu nákladové návratnosti. Tento efekt by měl vyústit ve snížení spotřeby pitné vody na obyvatele. Kombinovaný vliv důchodového a cenového efektu na spotřebu pitné vody dopředu není možné odhadnout.

Struktura studie

Zpracovaná studie má následující strukturu. V první kapitole shrnujeme dosavadní znalosti a mezery v oblasti poptávky domácností po pitné vodě v zemích EU. Také prezentujeme náš nový dataset a hlavní výsledky mezistátní ekonometrické analýzy poptávky domácností po pitné vodě v EU. Zejména prezentujeme aktualizovaný seznam cenových a důchodových elasticit poptávky domácností po pitné vodě pro všechny členské státy. Studie také zahrnuje kapitolu pro každou zemi, kde detailněji prezentujeme zdroj dat pro ekonometrickou analýzu a odhad poptávky domácností po vodě.

Česká Republika

Dosavadní literatura

Hortová a Kristoufek (2014) používají regionální agregovaná panelová data z let 2000 – 2011 k odhadu cenové a důchodové elasticity poptávky domácností po pitné vodě v České Republice. Krátkodobá cenová elasticita je odhadnuta na $-0,20$, zatímco dlouhodobá na $-0,54$. To naznačuje, že 1% zvýšení ceny pitné vody vede k 0,20% snížení krátkodobé spotřeby, ale v dlouhém období stejná změna ceny vede k redukcí spotřeby o 0,54 %. Důchodová elasticita je odhadnuta na 0,10.

Zásobování pitnou vodou v ČR

Za pitnou vodu a odpadní vody jsou zodpovědné samostatné správní jednotky (obce). Převažuje model soukromé koncese (46 % populace) ve formě „oddílného modelu“, založeném na dlouhodobých operačních nákladech (Světová Banka 2015c). Smíšenými systémy (poskytující služby 27 % populace) se rozumí zařízení, které zároveň provozují a vlastní infrastrukturu. Samostatné správní jednotky jsou akcionáři zařízení poskytujících služby 10 % populace. Malé obce přímo zásobují pitnou vodou 11 % populace a zhruba 6 % populace provozuje své vlastní studny. Přes 95 % zařízení poskytuje zároveň pitnou vodu a odkanalizování (Světová Banka 2015c).

Na národní úrovni jsou příslušnými orgány pro regulaci vodovodů a kanalizací Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo financí také přispívá regulací a kontrolou poplatků za povrchové vody, pitnou vodu a odpadní vodu.

Regulace pitné vody a odpadních vod je upravena dvěma zákony. Za prvé, zákon 254/2001 Sb. (vodní zákon) definuje práva a povinnosti všech subjektů, jejichž aktivity mohou mít vliv na kvantitu nebo kvalitu vody. Druhým zákonem je zákon 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích, který stanovuje reguluje síťové odvětví VaK, definuje vlastníka infrastruktury, poskytovatele služby a uživatele.

Populace České republiky má plný přístup k vodě a odkanalizování.

Data

Panelová data na úrovni NUTS3 (kraje) obsahují údaje o spotřebě vody domácností, ceně vody pro domácnosti, socioekonomickém stavu domácností a stavu podnebí za roky 2006-2011. Většina údajů pochází ze Českého statistického úřadu. Jedná se o agregovaná data na úrovni NUTS3 o spotřebě vody na obyvatele a cenách vodného a stočného. Data byla zkombinována s informacemi Českého statistického úřadu o příjmech domácností, klimatických podmínkách, a charakteristikách domácností.

Data o spotřebě pitné vody

Naši závislou proměnnou je roční množství pitné vody na obyvatele prodané domácnostem, které jsou připojené k veřejné distribuční síti, na úrovni NUTS3 od roku 2006 do roku 2011 (v m³ ročně na

obyvatele). Hodnota je vypočítána vydělením celkové spotřeby vody v regionu počtem účastníků distribuční sítě. Veškerá data pocházejí z Českého statistického úřadu.

Data o ceně vody

Jedná se o cenový indikátor. Používáme průměrnou cenu placenou domácnosti za vodné a stočné (v eurech za m³ včetně DPH). Data za období 2006-2011 na úrovni NUTS3 pocházejí z Českého statistického úřadu.

Příjmy domácností

Používáme průměrnou hrubou mzdu zaměstnanců v každém NUTS3 regionu. Data pocházejí z Českého statistického úřadu a jsou za roky 2006-2011.

Ostatní socioekonomická data

Ostatní socioekonomická data z let 2000-2011 pocházejí z Českého statistického úřadu.

Klimatická data

Veškerá meteorologická data pocházejí z klimatické databáze JRC. Rastrová data (5km x 5km) o srážkách, teplotách a evapotranspiraci byly agregovány na národní úrovni. K dispozici máme historická data od roku 1990 do roku 2013.

Empirická analýza spotřeby pitné vody domácnostmi

V této sekci uvádíme statistickou analýzu rezidenční spotřeby vody a ceny vodného v České republice.

Tabulka 7.1: Spotřeba domácností a cena vody v České republice

Rok	Spotřeba vody (m ³ na obyvatele za rok)	Cena vodného (eura za m ³)
2006	35,344	1,898
2007	35,595	1,883
2008	34,146	2,037
2009	33,597	2,195
2010	32,554	2,316
2011	32,239	2,451
Průměr	33,904	2,131

Tabulka 7.1 ukazuje roční spotřebu pitné vody domácnostmi (m³ na obyvatele za rok) a cenu vodného (průměrná cena v eurech za m³) v České republice za roky 2006-2011. V roce 2011 byla průměrná spotřeba na obyvatele vyčíslena na 32,2 m³. Od roku 2006 má spotřeba pitné vody klesající trend. Mezi lety 2002 a 2011 průměrná cena vodného a stočného vzrostla z 1,9 eura za m³ na 2,5 eur za m³.

Tabulka 7.2 ukazuje roční spotřebu pitné vody domácnostmi (m³ na obyvatele za rok) a cenu vodného v jednotlivých krajích (NUTS3) za rok 2010. V tabulce je možné vidět určité rozdíly mezi regiony, v případě spotřeby pitné vody i její ceny. S téměř 38 m³ na obyvatele za rok je spotřeba pitné vody nejvyšší v NUTS3 regionu CZ010. Tento region zahrnuje hlavní město Prahu a má tak nejhustější osídlení v České republice. Na druhou stranu, nízká spotřeba pitné vody je zaznamenána v regionu CZ072 (28.8 m³ na obyvatele za rok).

Odhad poptávkové funkce po pitné vodě

Tabulka 7.2: Regionální spotřeba domácností a cena v České republice

Kraj	Spotřeba vody (m ³ na obyvatele za rok)	Cena vodného (eura za m ³)
Hlavní město Praha	37,939	2,336
Jihočeský kraj	31,511	2,269
Jihomoravský kraj	32,835	2,269
Karlovarský kraj	32,305	2,469
Kraj Vysočina	29,233	2,078
Královéhradecký kraj	31,603	2,357
Liberecký kraj	31,748	2,760
Moravskoslezský kraj	34,463	2,107
Olomoucký kraj	30,750	2,078
Pardubický kraj	29,824	2,373
Plzeňský kraj	33,083	1,954
Středočeský kraj	32,681	2,373
Zlínský kraj	28,853	2,382
Ústecký kraj	30,357	2,785
Průměr	32,554	2,316

Specifikace poptávkové funkce po pitné vodě odebírané domácnostmi

Rezidenční poptávka po pitné vodě může být odvozena vyřešením optimalizace užítku spotřebitele. Za předpokladu snadné oddělitelnosti pitné vody od ostatních spotřebních statků, Marshallovská poptávka po pitné vodě může být zapsána jako:

$$y = y^*(p, I, Z) \quad (7.1)$$

Kde y představuje spotřebu vody za obyvatele nebo za domácnost, p a I představují jednotkovou cenu pitné vody (zahrnují dodávku pitné vody i odkanalizování) a příjem domácností. Z je vektor exogenních proměnných s předpokládaným vlivem na spotřebu vody (klimatické podmínky, charakteristiky domácností a obytných jednotek, atd.).

K odhadnutí rovnice (7.1) byla v literatuře aplikována řada funkčních forem, včetně lineární formy, semi- nebo dvojité logaritmické formy a komplexnějších forem jako Stone-Gearyho specifikace. V literatuře ovšem neexistuje shoda, jaká forma by měl být preferována. Protože nejčastěji používanou formou k odhadu rezidenční poptávky po vodě je dvojitý logaritmický model, používáme ho také kvůli možnosti porovnání s ostatními studiemi. Tato specifikace navíc znamená, že odhadnuté koeficienty jsou rovněž elasticitami. V této specifikaci zapíšeme poptávku po vodě ve tvaru:

$$\ln(y) = \alpha \ln(p) + \beta \ln(I) + \gamma \ln(Z)' \quad (7.2)$$

A koeficienty α a β můžeme přímo interpretovat jako cenovou a důchodovou elasticitu poptávky po pitné vodě. Testování specifikace funkční formy bude provedeno v empirické části, ale neočekáváme zásadní vliv volby konkrétní formy na odhad parametrů.

Tabulka 7.3: Odhad poptávky domácností po pitné vodě v České republice

	OLS Metoda nejmenších čtverců	GLS Metoda zobecněných nejmenších čtverců	GLSiv Metoda zobecněných nejmenších čtverců s instrumentální proměnnou
ln cena vody (v eurech za m ³)	-0,178*** (0,06)	-0,201*** (0,07)	-0,281** (0,12)
ln příjem domácností (v eurech na obyvatele)	0,456*** (0,06)	0,161** (0,07)	0,255*** (0,08)
ln podíl populace mezi 15 a 65 lety	3,711*** (0,52)	2,173*** (0,63)	1,835* (0,96)
ln průměr denních srážek (mm za den)	-0,001 (0,03)	-0,054** (0,03)	-0,049* (0,03)
Konstanta	-16,752*** (2,20)	-7,186*** (2,65)	-6,433* (3,79)
R-squared	0,706		
Počet pozorování	84000	84000	84000

Metody odhadu

Pokud platí, že $i = (1, \dots, I)$ indexuje NUTS3 a $t = (1, \dots, T)$ roky, naše rovnice bude vypadat následovně:

$$\ln(y_{it}) = \alpha \ln(p_{it}) + \beta \ln(I_{it}) + \gamma \ln(Z_{it})' + \epsilon_{it} \quad (7.3)$$

Kde ϵ_{it} je standardní náhodná složka. Mohou být použity dva odhady pro panelová data, konkrétně model s fixními efekty (nebo dummy proměnnými) a model s náhodnými efekty (model komponentních chyb). Navrhujeme užití těchto dvou odhadů a provedení testů specifikace (Hausmanův test) k rozhodnutí, který z nich je vhodnější pro naše data.

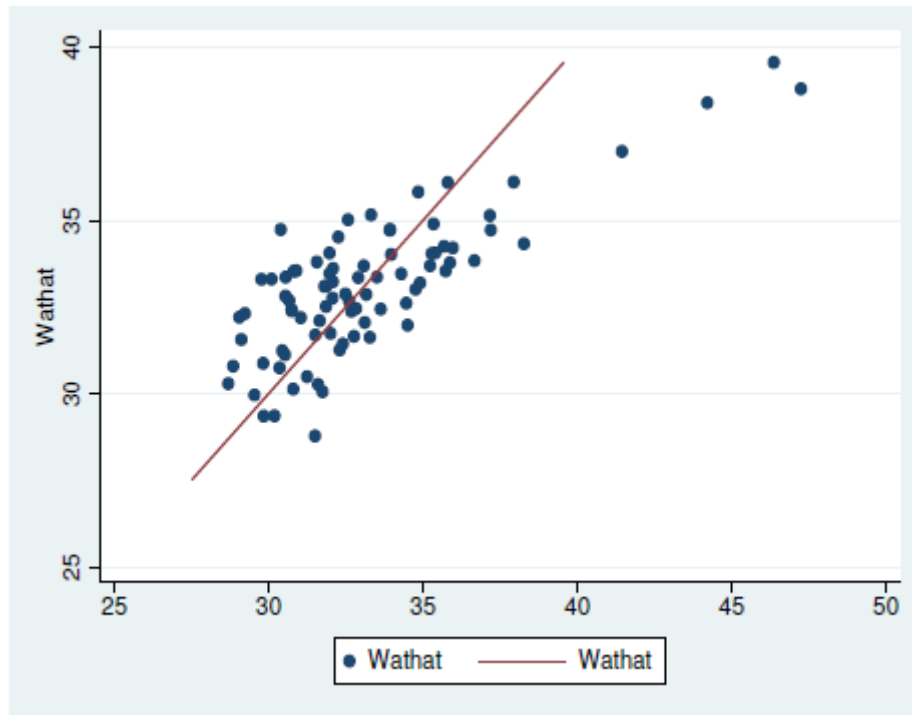
Výsledky

Představujeme náš odhad poptávkové funkce po pitné vodě v České republice, založený na datech z NUTS3 regionů (2006 až 2011). První model v tabulce 7.3 je odhadnutý metodou nejmenších čtverců, zatímco druhý model (rovnice 7.4) je odhadnut pomocí tzv. random parameter estimator. Ve třetím modelu bereme ohled na možnou endogenitu ceny a používáme instrumentální proměnné. Jako instrumenty jsme použili hustotu osídlení, podíl populace připojené k veřejné distribuční síti a podíl ztráty pitné vody v distribuční síti.

Tabulka 7.3 prezentuje hlavní významné proměnné vysvětlující poptávku domácností po pitné vodě v České republice. Cenová elasticita je napříč modely konzistentní, od -0,18 (metoda nejmenších čtverců) po -0,28 (GLSiv). Koeficienty jsou ve všech případech statisticky významné. Na základě GLSiv modelů se **10% zvýšení cen vody projeví 2,8% poklesem krátkodobé spotřeby pitné vody** v České Republice. Poptávka po pitné vodě v České republice je neelastická, odhadnutá cenová elasticita je tedy v absolutní hodnotě menší než jedna.

Důchodová elasticita se pohybuje mezi 0,16 a 0,46 a je statisticky odlišná od nuly ve všech třech modelech. To naznačuje, že existuje pozitivní vztah mezi spotřebou pitné vody a příjmem domácnosti. Kladný statisticky významný koeficient znamená, že na základě zobecněné metody nejmenších čtverců s instrumentální proměnnou se 10% zvýšení příjmů projeví 2,6% zvýšením spotřeby pitné vody.

Graf 7.1: Skutečná versus předpovídaná spotřeba pitné vody domácností v České Republice



Klimatické podmínky hrají v modelování významnou roli. 10% nárůst průměrného denního úhrnu srážek sníží spotřebu pitné vody o 0,5 % (GLSiv). Spotřeba pitné vody roste, pokud ji odhadujeme jen pro populaci mezi 15 a 65 lety.

Jednou z možností posouzení validity modelu je porovnání předpovídané spotřeby odhadnuté poptávkovou funkcí se skutečnou spotřebou (graf 7.1). Pro většinu samostatných správních jednotek model funguje dobře. Průměrná absolutní chyba vyjádřená v procentech je 5.

Spotřeba pitné vody může zůstat na stejné úrovni kvůli zvykům domácností nebo kvůli času nutnému pro pořízení úsporných spotřebičů. Při použití panelových dat nebo časové řady lze tuto setrvačnost zabudovat do modelu poptávky domácností po pitné vodě zařazením časově zpožděné proměnné do rovnice 7.1. Rovnice poté zapíšeme jako:

$$\ln(y) = \alpha \ln(p) + \beta \ln(I) + \gamma \ln(Z)' + \mu \ln(\text{Lag}Y) \quad , \quad (7.4)$$

kde $\text{Lag}(y)$ představuje spotřebu vody zpožděnou o jedno období. Z této rovnice je možné odvodit dlouhodobou cenovou elasticitu poptávky domácností po pitné vodě, která má tvar:

$$\epsilon_P^{LT} = \frac{\alpha}{1-\mu} \quad (7.5)$$

V tabulce 7.4 jsou představeny odhady poptávkové funkce domácností po pitné vodě, kde byla do modelu jako jedna z vysvětlujících proměnných zařazena zpožděná spotřeba. Podle modelu GLSivlag (zobecněná metoda nejmenších čtverců s instrumentální proměnnou a zpožděnou proměnnou) je

dlouhodobá cenová elasticita odhadnuta na -0,61 a je statisticky významně odlišná od nuly na 1% hladině významnosti.

Tabulka 7.4: Odhad poptávky domácností po pitné vodě se zpožděnou proměnnou v České Republice

	Metoda zobecněných nejmenších čtverců se zpožděnou proměnnou	GLSivlag
ln cena vody (v eurech za m ³)	-2,202** (1,03)	-0,098** (0,05)
ln příjem domácností (v eurech na obyvatele)	1,409 (1,81)	0,038 (0,06)
ln podíl populace mezi 15 a 65 lety	2,655 (12,79)	-0,004 (0,38)
ln průměr denních srážek (mm za den)	-0,667 (0,58)	-0,009 (0,02)
Konstanta	-93,569* (56,04)	0,283 (1,64)
R-squared		
Počet pozorování	70000	70000