

Využívanie vodnej energie na Slovensku

Dušička, P., Šulek, P.: Water Power Utilization in Slovakia. *Životné prostredie*, 2015, 49, 1, p. 34 – 40.

Hydropower is one of the largest proportion of renewable energy in the Slovak Republic. Its use also contributes to reducing greenhouse gas emissions, reducing dependence on imported fossil fuels, contributes to the diversification of energy sources and is consistent with the requirements of the environmental acceptability and the principles of sustainable development.

Key words: water power utilization, hydropower potential, hydro power plant

Využívanie energie vodných tokov predstavuje od dávna jeden zo základných zdrojov získavania energie. Hydroenergetický potenciál, t. j. energia obsiahnutá vo vodných tokoch patrí medzi prírodné bohatstvo každej krajiny. Dnes sa využíva predovšetkým vo vodných elektrárnach (VE) a pokiaľ je inštalovaný výkon menší ako 10 MW, v malých vodných elektrárnach (MVE). Využitie hydroenergetického potenciálu na výrobu elektrickej energie je v rôznych krajinách a na rôznych kontinentoch sveta rozdielne. Určujú to najmä prírodné podmienky a stupeň hospodárskeho, technického a spoločenského rozvoja príslušnej krajiny. Vyspelé európske štáty (napr. Francúzsko, Anglicko, Švajčiarsko, Nemecko, Rakúsko, Švédsko, Nórsko, Fínsko a ďalšie) využívajú hydroenergetický potenciál svojich tokov na 65 až 95 % (Dušička, Šulek, 2012).

Druhy a definícia hydroenergetického potenciálu

Hydroenergetický potenciál môžeme rozdeliť na dve základné skupiny:

Primárny hydroenergetický potenciál – Každý vodný tok predstavuje určité množstvo vodnej energie, ktorá je založená na kolobehu vody v prírode. Základný údaj o toku, určujúci akú energiu v kWh.rok⁻¹ unášajú jeho prietoky, sa nazýva *primárny hydroenergetický potenciál* vodného toku.

Sekundárny hydroenergetický potenciál – Okrem energie vodných tokov založenej na kolobehu vody v prírode sa v praxi využíva aj vodná energia, ktorá bola predtým naakumulovaná umelým prečerpávaním vody z nižšie ležiacej nádrže do vyššie ležiacej nádrže. Ide o špeciálny prípad vodnej elektrárne, ktorú nazývame prečerpávací vodná elektrárňou. Energia, ktorá sa dá získať z predtým načerpaného množstva vody sa nazýva *sekundárny hydroenergetický potenciál*.

V príspevku je uvedený prehľad druhov primárneho hydroenergetického potenciálu. Údaje o hydroenergetickom potenciáli povrchových vodných tokov na určitom území slúžia na celkový prehľad o možnostiach využitia tokov, resp. ich potenciálnej energie. Rozlišuje

sa hrubý, teoretický a reálne využiteľný hydroenergetický potenciál.

Hrubý hydroenergetický potenciál povrchových tokov je určený z nadmorských výšok hodnotenej oblasti a príslušných priemerných prietokov. Určuje sa k hladine mora, do ktorého tok ústi alebo ku kóte hladiny toku na štátnej hranici. Má evidenčný charakter.

Teoretický hydroenergetický potenciálny výkon sa počíta podľa vzorca:

$$P_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad [\text{kW}]$$

pri účinnosti premeny energie $h = 1$, t. j. 100 %, kde Q je prietok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] a H je spád [m].

Najrozšírenejší spôsob výpočtu je metóda po jednotlivých úsekoch toku. Celý uvažovaný tok sa rozdelí pomocou profilov na úseky, v ktorých sa môžu umiestniť stupne (hate, priehrady) na sústredenie spádu. Ich výšky sa reálne volia tak, aby v pozdĺžnom profile vznikla neprerušovaná úplná kaskáda (tzv. hydraulicky viazaná) s vodorovnými hladinami v jednotlivých úsekoch.

Potenciálny výkon úseku toku medzi dvoma zvolenými profilmi 1 a 2 s prietokom na začiatku a na konci úseku Q_1 a Q_2 a spádom H_{1-2} sa vypočíta zo vzorca:

$$P_{1-2} = 9,81 \cdot \frac{(Q_1 + Q_2)}{2} \cdot H_{1-2} \quad [\text{kW}]$$

Počíta sa tu s priemerným prietokom v danom úseku 1 – 2.

Teoretický potenciálny výkon toku sa počíta pre dve hodnoty prietokov, ktoré sa určia z hydrologických podkladov (t. j. čiary prekročenia priemerných prietokov):

Q_{50} – stredný prietok s 50 % pravdepodobnosťou prekročenia;

Q_{95} – minimálny prietok s 95 % pravdepodobnosťou prekročenia.

Špecifický výkon toku v úseku 1 – 2 s dĺžkou L_{1-2} sa určí podľa vzorca:

$$p_{1-2} = \frac{P_{1-2}}{L_{1-2}} \quad [\text{kW.km}^{-1}]$$

Súčet výkonov $\sum_{i=1}^n P_i$ jednotlivých n úsekov toku dáva teoretický hydroenergetický potenciál. Predstavuje teda teoretické zásoby vodnej energie pri 100 % využití celkového spádu toku a pri 100 % využití stredných prietokov.

Hodnota $\sum_{i=1}^n P_{150\%}$ udáva stredný a hodnota $\sum_{i=1}^n P_{95\%}$ minimálny teoretický potenciál toku. Po vynásobení 8 760 hodinami dostaneme približnú teoretickú hodnotu množstva energie $\sum_{i=1}^n E_{30\%}$, resp. $\sum_{i=1}^n E_{18\%}$ unášanej riekou za celý rok. Celé spracovanie sa uskutočňuje tabelárne a graficky.

Reálne využiteľný hydroenergetický potenciál vodného toku je menší ako teoretický hydroenergetický potenciál, pretože 100 % využitie celkového spádu a stredného prietoku nie je prakticky možné. V ceste stoja vybudované mestá, komunikácie, veľké objekty, chránené krajinné územia a pod. Teda teoreticky predpokladané stupne neprerušovanej úplnej hydraulicky viazanej kaskády sa v praxi nedajú všetky v takom počte a v takej výške zrealizovať. Nie je ani reálna 100 % premena vodnej energie na elektrickú. Vznikajú straty, ktoré môžeme rozdeliť do troch skupín:

- straty na spáde* (napr. nevhodné geologické a topografické podmienky, straty trením, straty miestne, požiadavky ochrany prírody a pod.);
- straty na prietoku* (nemožnosť plného využitia prietoku, priesaky, výpar, ohrozená prietoková kapacita vodných elektrární);
- straty pri premene* potenciálnej energie toku na mechanickú a elektrickú vo vodných a elektrických strojoch, straty v prenosových sieťach a pod. (napr. účinnosť turbíny a účinnosť generátora $\eta_t \cdot \eta_g \approx 0,75 \div 0,85$).

Ak zhrnieme uvedené poznatky, môžeme konštatovať, že energetický význam a reálne možnosti využitia jednotlivých úsekov tokov určujú základné podmienky: hydrologické, topografické, geologické a ekologické.

Uvedenými stratami sa podstatne redukovujú teoretické hodnoty $\sum_{i=1}^n P_i$, $\sum_{i=1}^n E_i$. Tým sa priblížime k pravdepodobným reálnym údajom o energetickom bohatstve toku.

Technicky využiteľný hydroenergetický potenciál predstavuje približne 40 až 50 % potenciálu teoretického.

V praxi sa často používa označenie HEP. Pod týmto označením sa myslí reálne využiteľný hydroenergetický potenciál vodného toku, ktorý sa často nazýva aj technicky využiteľný hydroenergetický potenciál. Predovšetkým tento je pre prax zaujímavý. Prívlastok primárny sa obvykle pri HEP vynecháva. Pokiaľ ide o sekundárny hydroenergetický potenciál, uvádza sa vždy doslovne aj s prívlastkom sekundárny alebo sa používa označenie PVE (prečerpávací vodná elektrárň).

Bilančná hodnota hydroenergetického potenciálu (HEP)

Pri hodnotení % využívania HEP je dôležitá jeho bilančná hodnota, t. j. koľko energie vlastne unášajú vodné toky určitého územia. K tejto bilančnej hodnote sa porovnáva hodnota HEP, ktorá sa využíva vo vybudovaných a prevádzkovaných vodných a malých vodných elektrárnach.

Ako už bolo uvedené, na praktické využitie je zaujímavý *technicky využiteľný primárny hydroenergetický potenciál* vodných tokov. Využívaná hodnota HEP vo vybudovaných a prevádzkovaných VE a MVE, použitá pri hodnotení stupňa jeho využitia, by sa mala určovať vždy na základe rovnakej metodiky ako bola určená bilančná hodnota. Skutočná ročná výroba každej VE alebo MVE je totiž premenlivá, závisí najmä od prietokového režimu vodného toku v konkrétnom roku. Ten sa môže značne odlišovať od priemerných hodnôt používaných pri stanovení bilančnej hodnoty HEP.

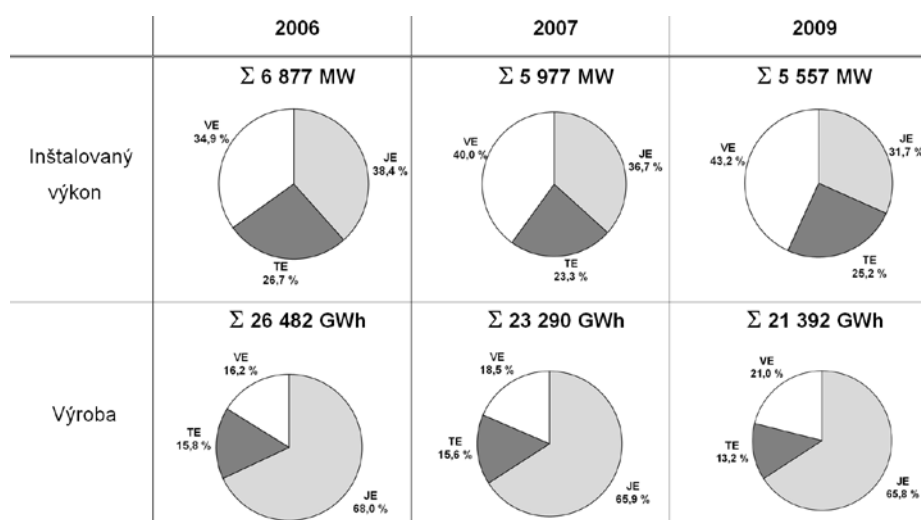
Hodnota HEP pre územie Slovenska bola určená výskumnými prácami najmä Výskumného ústavu energetického na hodnotu 7 361 GWh.rok⁻¹ (Posúdenie možnosti výstavby alternatívnych zdrojov, 1997), čo sa dá považovať za posledný známy systematický výskum hydroenergetického potenciálu. Po roku 1997 sa začala publikovať hodnota HEP 6 607 GWh.rok⁻¹ pod označením *ekologický HEP*. Rozdiel 754 GWh.rok⁻¹ pritom predstavuje takmer 4,5-násobok priemernej ročnej výroby VE Žilina na rieke Váh (jednej z najnovších VE na Slovensku) alebo viac ako 1/4 priemernej ročnej výroby Vodného diela Gabčíkovo. Nejde teda o žiadnu zanedbateľnú hodnotu.

Ekologický HEP nemá stanovenú žiadnu metodiku výpočtu. Hodnota ekologického HEP nie je ani ustálená a má tendenciu ďalej sa znižovať.

Zámenou bilančnej hodnoty HEP za ekologický HEP sa zvýšilo % jeho využitia. Podľa dostupných údajov bol využitý HEP v roku 1997 na úrovni 4 134 GWh.rok⁻¹ (od tohto času nebola na Slovensku uvedená do prevádzky žiadna významnejšia VE, ktorá by ovplyvnila celkovú bilanciu). Ak sa vzťahuje tento údaj k hodnote HEP 7 361 GWh.rok⁻¹, je jeho využitie na úrovni približne 56 %. Ak sa vzťahuje k ekologickému HEP 6 607 GWh.rok⁻¹, je jeho využitie už na úrovni približne 62,5 %.

Zámena ekologického HEP za technicky využiteľný HEP sa nedá považovať za korektnú. Skresľuje celkovú bilanciu využitia tak významného obnoviteľného zdroja energie, akou vodná energia nesporne je. Pritom treba zdôrazniť, že nevybudovaním VE alebo MVE z akéhokoľvek dôvodu (ekologického, ekonomického, legislatívneho a pod.) HEP daného úseku vodného toku nezahusuje. Zostáva vo vodnom toku naďalej.

Tu vystupuje otázka, či by nebolo v budúcnosti vhodnejšie hodnotiť % využívania HEP k hodnote teoretického potenciálu, nakoľko tento má stabilnú hod-



Obr. 1. Podiel inštalovaného výkonu a ročnej výroby elektrickej energie pri zdrojoch, ktoré prevádzkuje, resp. zodpovedá za ich nasadenie spoločnosť Slovenské elektrárne, a. s. Zdroj: Výročné správy Slovenských elektrární, a. s., 2006, 2007, 2009
Vysvetlivky: VE – vodné elektrárne, TE – tepelné elektrárne, JE – jadrové elektrárne

notu, ktorá sa nedá ovplyvniť rôznymi subjektívnymi faktormi.

Podiel využívania HEP na skladbe energetických zdrojov

Na nasledujúcich diagramoch (obr. 1) (Dušička, Šulek, 2012) je znázornený podiel inštalovaného výkonu a ročnej výroby elektrickej energie pri zdrojoch, ktoré prevádzkuje, resp. zodpovedá za ich nasadenie najväčší výrobca elektrickej energie na Slovensku – Slovenské elektrárne, a. s. (Výročné správy Slovenských elektrární, a. s., 2006, 2007, 2009). Skladbu týchto zdrojov tvoria jadrové, tepelné a vodné elektrárne. Údaje sú uvedené pre 3 charakteristické roky pre slovenskú energetiku:

- 2006 (pred odstavením 1. bloku jadrovej elektrárne V1 v Jaslovských Bohuniciach);
- 2007 (po odstavení 1. bloku jadrovej elektrárne V1 v Jaslovských Bohuniciach);
- 2009 (len inštalovaný výkon po odstavení 1. a 2. bloku jadrovej elektrárne V1 v Jaslovských Bohuniciach).

Silné stránky využívania HEP

Využívanie HEP vodných tokov má v porovnaní s inými, v súčasnosti najčastejšie využívanými energetickými zdrojmi ako sú najmä uhlie a jadrová energia, celý rad výhod:

- je to trvalý, nevyčerpatelný, stále sa obnovujúci zdroj založený na kolobehu vody v prírode, šetriaci úmerné množstvo paliva, náklady na jeho ťažbu a s tým často spojenú devastáciu krajiny, dopravu a uloženie odpadu;

- je to zdroj vlastný, nezávislý od okolitých krajín (s výnimkou hraničných úsekov vodných tokov);

- neznečisťuje ovzdušie a neprodukuje odpad (napr. pri tepelných elektrárňach popolček, pri jadrových elektrárňach jadrový odpad), ktorý je následne potrebné skladovať, resp. nejakým spôsobom likvidovať;

- dokáže rýchlo (v priebehu niekoľkých sekúnd) reagovať na zmeny zaťaženia v elektrizačnej sústave;

- vyžaduje veľmi nízke prevádzkové náklady pri dlhjej životnosti a vysokom počte prevádzkových hodín;

- vyžaduje malý počet prevádzkových zamestnancov – prevádzka väčšiny VE a MVE je v súčasnosti plne automatizovaná a diaľkovo riadená;

- jeho využívanie býva rozmiestnené po celom území štátu, elektrickú energiu preto nie je potrebné dopravovať ku konečnému spotrebiteľovi na veľké vzdialenosti (ako pri jadrových a tepelných elektrárňach, čo je následne spojené s prenosovými stratami).

Pri vodných elektrárňach pritom nie je cenná iba výroba elektrickej energie ako takej. Veľmi dôležitá je aj ich schopnosť rýchlo reagovať na zmeny zaťaženia v elektrizačnej sústave. Najmä *regulačné* vodné elektrárne či už s primárnou hydraulickou akumuláciou vody (prírodným gravitačným prítokom využívajúce primárny HEP) alebo sekundárnou hydraulickou akumuláciou vody (akumuláciou vody prečerpávaním využívajúce sekundárny HEP – PVE) umožňujú poskytovanie *dynamických služieb* pre elektrizačnú sústavu (t. j. služieb, ktoré sú spojené s náhlymi zmenami zaťaženia). Patrí sem najmä:

- *preberanie strmých nárastov a úbytkov výkonu* (pružné krytie premenlivej spotreby elektrickej energie v reálnom čase, najčastejšie v energetických špičkách);
- *poruchová rezerva systému* (krytie výpadkov iných zdrojov);
- *regulácia frekvencie a odovzdávaného výkonu*.

Regulačné vodné elektrárne so sekundárnou hydraulickou akumuláciou (PVE) plnia aj nezastupiteľnú úlohu *akumulátora energie*. Dokážu naakumulovať elektrickú energiu vo forme hydraulickej energie načerpanej vody v hornej nádrži (čerpadlová prevádzka – obvykle v čase prebytku elektrickej energie v elektrizačnej sústave). Túto energiu je potom možné premeniť späť na energiu elektrickú (turbínová prevádzka). Robí sa to

obvykle v čase zvýšeného dopytu po elektrickej energii v elektrizačnej sústave (v energetických špičkách). Vodné elektrárne bez akumulácie vody (tzv. *prietočné*) nemávajú schopnosť regulovať prietok a tým aj výkon a výrobu elektrickej energie v čase. Ich prevádzka je závislá od okamžitých prietokových podmienok daného vodného toku. Napriek tomu, na rozdiel od iných obnoviteľných zdrojov energie (napr. veterných alebo solárnych elektrární), sú zárukou neprerušovanej dodávky určitého množstva elektrickej energie. Medzi tento typ vodných elektrární patrí väčšina MVE.

Slabé stránky využívania HEP

Slabé stránky využívania HEP sa dajú vnímať z rôznych hľadísk. Najmä ekológovia poukazujú na celý rad vplyvov pri výstavbe a prevádzke vodných a malých vodných elektrární, ktoré, podľa ich názoru, negatívne pôsobia na životné prostredie. Zaraďujú medzi ne najmä:

- zmenu prietokových pomerov;
- zvýšenie sedimentačnej, resp. eróznej činnosti toku;
- zmenu režimu podzemnej vody;
- priechodnosť rýb a vodných živočíchov cez stupne na tokoch;
- potenciálny únik mazadiel (ropných látok);
- zmeny kvalitatívnych vlastností vody;
- ohrozenie vodných živočíchov chodom turbín;
- zmeny druhového zloženia vodných organizmov;
- ovplyvnenie brehových porastov;
- hlučnosť prevádzky;
- záber pozemkov a zásahy do územia počas výstavby;
- urbanistický zásah do okolitého krajinného prostredia;
- ovplyvnenie rekreačnej plavby.

Pri komplexnom hodnotení týchto vplyvov na životné prostredie nemusia byť všetky tieto vplyvy len negatívne. Závisí to najmä od miestnych pomerov na konkrétnom úseku vodného toku a na jeho okolí. Ako príklad môžeme uviesť, že najmä MVE nemávajú akumuláciu nádrže, budujú sa ako prietočné. Koľko vody pritečie k profilu MVE, toľko aj odtečie. Nemení sa tak veľkosť prietoku.

Väčšina negatívnych vplyvov sa dá pritom vhodnými opatreniami, napr. technického alebo prevádzkového charakteru, do značnej miery eliminovať. Často preto vyplýva kritika z neznalosti technického riešenia a prevádzky vodnej alebo malej vodnej elektrárne, prípadne aj z apriórnej zaujatosti.

Čo je to vlastne vodná elektráreň

Vodná elektráreň je vo svojej podstate veľmi zložitým inžinierskym dielom. Na jej prípravu, projekciu, výstavbu a následnej prevádzke sa podieľajú odborní-

ci rôznych profesií. Sú to stavbári z oblasti vodných a inžinierskych stavieb, strojár – konštruktéri vodných turbín a pomocných zariadení, elektrotechnici z oblasti točivých strojov, kontrolných a meracích zariadení a prenosu elektrického prúdu. Náročnosť celého procesu je určovaná najmä tým, že základné parametre prietoku a spádu, voľba hydroenergetickej schémy a konštrukcie jednotlivých objektov veľmi závisia od súboru prírodných, hydrologických, topografických, geologických a ďalších podmienok v konkrétnej lokalite.

Vodné stavby s energetickým využitím sa v súčasnosti riešia väčšinou ako stavby *viacúčelové*. Aj keď jedným zo základných zostáva výroba elektrickej energie, majú takéto stavby aj iné účely. Patrí sem najmä ochrana proti povodňam, neenergetické odbery vody (pitnej a úžitkovej vody pre komunálnu spotrebu, technologickej vody pre priemysel, pre závlahy), vodná doprava, športová a rekreačná plavba, rybolov, rekreácia a pod.

K vodnej elektrárni treba ešte uviesť, že sa v nej stretávajú dva úplne rozdielne systémy, ktoré nie sú od seba nijako závislé:

- hydrologicko-hydraulický systém vodných tokov;
- elektrizačná sústava – systém výroby, rozvodu a spotreby elektrickej energie.

Okamžitá spotreba elektrickej energie sa neriadi okamžitou veľkosťou prietokov vo vodných tokoch a naopak. Ich špecifické vlastnosti však do určitej miery dovoľujú vzájomné prispôsobovanie. Pokiaľ je k dispozícii akumulácia nádrže, možno vodu v dobe nižšieho zaťaženia v elektrizačnej sústave akumulovať a využiť ju v čase vyššieho zaťaženia na výrobu elektrickej energie. Takto pracujú na Slovensku napr. vodné elektrárne Vážskej kaskády.

Využívanie HEP na Slovensku v minulosti

Na Slovensku patrí využívanie energie vodných tokov k základným zdrojom získavania energie už od minulosti (Dušička, Hodák, Šulek, 2009). Bolo to najmä v závislosti od rozvoja banských podnikov zameraných na ťažbu a spracovanie rúd vzácnych kovov (zlato, striebro), farebných kovov (meď) a železných rúd. Banské a hutnícke centrá boli zároveň rozvojovými pre oblasť techniky i kultúry. Ich prostredníctvom sa veľmi rýchlo uplatňovali nové poznatky vedy a techniky. Voda bola pre baníctvo súčasťou jeho rozvoja. Slúžila, v tej dobe ako takmer jediný dostupný zdroj energie, na pohon rôznych banských zariadení. Na zabezpečenie jej dostatku budovali celé generácie našich predkov domyselné systémy vodných privádzačov a vodných nádrží. Známe sú najmä systémy banskoštiavnická, turčecká a špaňodolinská. Použitie vodného kolesa na banské účely je písomne dokumentované už v 13. storočí. Bolo prvým zariadením na premenu vodnej energie na energiu mechanickú, ktorá sa používala na pohon výťahov, hámrov, stúp, čerpadiel a tiež v hutách. Vodné kolesá

boli neskôr, tesne pred prelomom 19. a 20. storočia, nahradzované vodnými turbínami. Prispel k tomu najmä rozvoj elektrotechniky v druhej polovici 19. storočia, čo umožnilo premieňať vodnú energiu na energiu elektrickú. To sa odrazilo v realizácii vodných elektrární na Slovensku:

- 1892 – prvá banská vodná elektráreň na Slovensku v Žakarovciach;
- 1894 – banská vodná elektráreň v Kremnici;
- 1896 – elektrické osvetlenie Belianskej jaskyne z vodnej elektrárne na Bielej v Tatranskej Kotline;
- 1896 – banská vodná elektráreň v Smolníku;
- 1897 – prvý prenos jednosmerného prúdu na Slovensku Krompachy – Slovinky;
- 1901 – prvý prenos striedavého prúdu na Slovensku z vodnej elektrárne Štefanská Huta (Kluknava) do Mária Huty (Žakarovce).

Viaceré publikácie zaoberajúce sa elektrifikáciou Slovenska (Sládek a kol., 1996) konštatujú, že prvé vodné elektrárne vznikli pri mlynoch. Mlyny využívali koncom 19. storočia vodnú energiu nielen vodnými kolesami, ale aj vodnými turbínami. Na vodné koleso alebo turbínu stačilo napojiť dynamo a mlynár mal elektriku na svietenie buď len pre vlastnú potrebu, pre najbližšie okolie alebo i pre celú obec.

Využitie vodnej energie vodným kolesom a neskôr turbínou, spravidla s väčšími výkonmi ako pri mlynoch, bolo v baníctve, hutníctve a železiarstve. Tieto odvetvia mali hlavnú zásluhu na modernizácii a šírení nových vedecko-technických poznatkov. Vodné mlyny mali však početnú prevahu. Podľa štatistiky z roku 1873 bolo vodných mlynov na Slovensku viac ako 4 000. Zo súpisov mlynov z roku 1885 bolo z celkového počtu 3 714 mlynov 3 633 mlynov na vodný pohon. Spolu mali 5 691 vodných kolies a 7 vodných turbín.

Na Hornáde v Čani bol elektrifikovaný mlyn už v roku 1880. Do konca 19. storočia bolo na Slovensku vybudovaných 17 vodných elektrární, z toho väčšina na východnom Slovensku. Ich celkový výkon bol 2 812 k (2 067 kW).

Ďalším hraničným rokom je rok 1918. Bol to koniec prvej svetovej vojny a zároveň zaznamenal veľké politicko-hospodárske zmeny a vznik prvej ČSR. V období rokov 1900 – 1918 sa vybudovalo 20 vodných elektrární s inštalovaným výkonom 11 910 k (8 754 kW). Spolu bolo k tomuto roku 37 vodných elektrární s inštalovaným výkonom 14 722 k (10 836 kW), čo znamenalo popredné miesto v rámci Európy, a to aj v pokrokovom technickom riešení týchto elektrární.

Podľa súpisu vodných diel z roku 1930 urobeného finančnými úradmi bolo na Slovensku (vrátane Zakarpatskej Ukrajiny) 3 096 vodných diel slúžiacich na využitie vodnej energie. Z toho na Slovensku bolo viac ako 2 650. Z uvedeného počtu bolo zmiešaných (mechanická transmisia a výroba elektrickej energie) 96 a samostatných vodných elektrární 49. Ich celkový výkon bol

13 939 kW. Skladba vodných strojov bola rozmanitá:

- 2 872 vodných kolies;
- 485 Francisových turbín;
- 2 Kaplanove turbíny;
- 1 Propelerova turbína;
- 10 Peltonových turbín;
- 22 Bánkiho turbín;
- 33 Gírrardových turbín;
- 23 iných vodných strojov.

V rokoch svetovej krízy zaznamenala aj výstavba vodných elektrární útlm. Od roku 1918 do roku 1930 pribudlo len 32 vodných elektrární. No medzi nimi boli aj väčšie všeužitočné vodné elektrárne budované s kapitálovou účasťou štátu (až 60 %). Do roku 1925 bola v rámci ČSR udelená všeužitočnosť aj piatim spoločnostiam na Slovensku.

Najzávažnejšou okolnosťou pre realizáciu vodných elektrární bol zákon o sústavnej elektrizácii štátu z roku 1919. Do roku 1925 sa s príspevom spomenutých zákonných opatrení vybudovalo 6 hydroenergetických vodných diel s inštalovaným výkonom 9,7 MW (VE Kremnica I a II, Jasenie, Dolný Jelenec a Staré Hory).

Prvou VE s výkonom nad 10 MW bola VE Ladce na rieke Váh, dokončená v roku 1936, s výkonom 13,8 MW. Na ňu nadväzovala výstavba ďalších vodných elektrární Vážskej kaskády. Dovtedajšie VE mali inštalované výkony do 10 MW. Podľa súčasných kritérií by sme ich označili ako MVE.

Vojnové obdobie a roky po skončení druhej svetovej vojny znamenali zánik väčšiny MVE a samozrejme aj vodných mlynov, píl a iných zariadení slúžiacich podnikateľom. Veľmi rozporuplným bolo pre „malú hydroenergetiku“ obdobie industrializácie národného hospodárstva po roku 1948. Pri koncentrácii priemyslu a pri nevhodnom a nekomplexnom hodnotení výroby elektrickej energie v MVE väčšina z nich neobstála a bola postupne zlikvidovaná.

Vyplyvalo to z celkového vtedajšieho politického a hospodárskeho vývoja. Stagnácia nastala po roku 1965 aj vo výstavbe VE vôbec. Prednostne sa budovali veľké tepelné elektrárne s nižšími špecifickými nákladmi, bez ohľadu na enormné zaťaženie životného prostredia.

Podľa údajov Slovenských energetických závodov zostalo ku koncu 70. rokov 20. storočia v prevádzke len 16 MVE s inštalovaným výkonom 18,94 MW a priemernou ročnou výrobou 34,9 GWh a niekoľko minielektrární vo vlastníctve závodov, najmä banských a hutníckych.

Z uvedených údajov je zrejmé, že bolo potrebné zastaviť vyradovanie ďalších MVE z prevádzky a zásadne zmeniť celkový prístup k využívaniu vodnej energie. Obrat v tomto smere nastal v rokoch 1979 až 1981, kedy sa začalo obdobie renesancie MVE.

„Zelenú“ dostala aj výstavba veľkých vodných diel s energetickým využitím – Vodného diela a vodnej

elektrárne Kráľová a Sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros, na ktorej sa začali stavebné práce v roku 1978. Po známych problémoch bolo Vodné dielo Gabčíkovo, vrátane VE, uvedené do prevádzky na jeseň v roku 1992. V súčasnosti je v prevádzke aj novovybudované Vodné dielo Žilina spolu s VE. Projektne sa pripravujú ďalšie vodné diela s energetickým využitím (napr. Vodné dielo Sereď na rieke Váh).

Súčasný stav využívania HEP na Slovensku

Na podporu zvýšenia podielu výroby elektrickej energie najmä v malých vodných elektrárnach, ktorých inštalovaný výkon je do 10 MW, bola vypracovaná a 9. marca 2011 uznesením vlády SR č. 178 schválená Konceptia využitia hydroenergetického potenciálu vodných tokov v SR do roku 2030 – ďalej KoHEP (Ministerstvo životného prostredia SR, 2011). KoHEP mala zmapovať súčasný stav využívania HEP, zistiť potenciálne a environmentálne prípustné možnosti jeho ďalšieho využitia a vytvoriť podkladový materiál pre jeho ďalší rozvoj. Vzhľadom na to, že lokality veľkých vodných elektrární sú už využívané, resp. posledné voľné v štádiu príprav, KoHEP ich ďalší rozvoj nerieši a zameriava sa len na MVE. Ako východiskový technický podklad bola použitá databáza Výskumného ústavu vodného hospodárstva v Bratislave, ktorá zahŕňa celkovo 625 lokalít, z čoho:

- 227 predstavuje využívaný HEP;
- 398 nevyužívaný HEP;
- 24 vybudované funkčné VVE;
- 203 vybudované funkčné MVE;
- 261 vybudované nefunkčné MVE;
- 4 sú rezervované pre výstavbu veľkých VE;
- 368 je technicky využiteľných pre výstavbu MVE.

Celkový HEP je podľa KoHEP 6 700 GWh.rok⁻¹, pričom využívaný HEP predstavuje 4 732 GWh.rok⁻¹ (70,6 %), nevyužívaný 1 968 GWh.rok⁻¹ (29,4 %).

Vo veľkých VE sa v súčasnosti vyrába 4 448 GWh elektrickej energie ročne (66,4 % HEP), v MVE 284 GWh elektrickej energie ročne (4,2 % HEP), vybudované nefunkčné MVE predstavujú energetický potenciál 12 GWh.rok⁻¹ (0,2 % HEP), pripravované veľké VE 1 159 GWh.rok⁻¹ (17,3 % HEP). Na využitie HEP v MVE zostáva 797 GWh.rok⁻¹ (11,9 % HEP).

Pre potenciálnych investorov MVE „praktickým výsledkom“ KoHEP boli tabuľky s lokalitami MVE, kde boli uvedené ich základné údaje (parametre): riečny kilometer, inštalovaný výkon a priemerná ročná výroba elektrickej energie. Následne boli lokality pridelené investorom a správca vodných tokov Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. (SVP) mal s nimi uzatvoriť zmluvy o budúcom nájme časti koryta vodného toku a využívaní HEP. Veľký záujem bol o lokality na rieke Hron, ktorá má po riekach Dunaj a Váh tretí najväčší HEP, ale oproti týmto dvom riekam je zatiaľ minimálne využívaná.

Skúsenosti z prípravy projektov MVE

Príprava projektov MVE na strednom Hrone v úseku od Banskej Bystrice po Hliník nad Hronom bola spracovaná pre investorov, ktorým boli lokality pridelené (Šulek, Dušička, Rumann, 2013). Začala v rokoch 2009 – 2010. I keď základné technické parametre MVE boli v KoHEP kvantifikované, odporúčali sme investorom dať si vypracovať ako prvú technickú štúdiu s variantnými riešeniami využitia lokality (aj s inými riešeniami, než ako boli uvedené v KoHEP), a to na základe:

- aktuálneho geodetického zamerania koryta vodného toku a príslušného územia;
- aktuálnych hydrologických podkladov;
- celkovej dispozície územia vrátane infraštruktúry. Technická štúdiá obsahovala predovšetkým:
- výpočty na 1-dimenzionálnom matematickom modeli koryta príslušného úseku toku pre stanovenie aktuálnej kapacity koryta (kynety), priebehu hladín pri veľkých vodách, dosahu vzdutia nad MVE a spádov na MVE;
- hydraulické výpočty objektov MVE (návrh rozmerov a kapacity hate, dimenzovanie vývaru, hydraulický výpočet rybneho priechodu a pod.);
- dispozičný a technický návrh objektov MVE.

Technickú štúdiu sme odporúčali prerokovať so správcom toku a až po jej pripomienkovaní sa „pustiť“ do projektu pre územné konanie. Technická štúdiá slúžila na odsúhlasenie a spresnenie technického návrhu MVE a zároveň slúžila ako podklad na hodnotiaci proces EIA (posudzovanie vplyvov na životné prostredie).

Skúsenosti z tejto fázy boli nasledovné:

- Kapacita koryta (kynety) postačovala väčšinou na prevedenie 2 – 5 ročného prietoku. Väčšie prietoky vybrežujú do príslušného územia (obvykle inundácie). Túto skutočnosť spomíname preto, lebo v povoľovacom konaní bola v niektorých prípadoch požadovaná od MVE plná ochrana dotknutého územia proti 100-ročnému prietoku. V prípade extravilánov, kde sa uvažuje s vybrežovaním do inundácie, je takáto požiadavka z technického aj finančného hľadiska prakticky nesplniteľná. Zároveň z hľadiska protipovodňovej ochrany, kde inundačné územie má svoju nezastupiteľnú úlohu, je aj neopodstatnená.
- Správca toku odporúčal maximálne vyčistenie koryta od nánosov. Bol zásadne proti masívnym podhrábkam pod MVE.
- Zistil sa veľký rozdiel medzi priemernou ročnou výrobou uvádzanou v KoHEP (cca 9 – 10 GWh) a stanovenou výpočtom na základe aktuálnych podkladov a odporúčaní správcu toku k technickému riešeniu (cca 5 – 6 GWh).

Ďalšou fázou bol hodnotiaci proces EIA, ktorého hlavnými skúsenosťami boli:

- Štátna ochrana prírody SR (ŠOP), Slovenský rybár-

sky zväz (SRZ) a ďalšie, najmä občianske združenia, vydali pri všetkých posudzovaných lokalitách ne-súhlasné stanoviská.

- ŠOP a SRZ požadovali rozostup MVE 20 – 30 km. Vzhľadom na už jestvujúce MVE a vydané povolenia splnenie tejto požiadavky by prakticky znamenalo koniec ďalšieho využívania HEP, resp. sa táto požiadavka už ani splniť nedá.
- Zástupcovia SRZ propagovali názor, že všetky ryb-
bie priechody v SR sú nefunkčné. Pritom nebol z ich strany prezentovaný žiadny príklad vyhovujúceho riešenia takéhoto objektu. Tu musíme, žiaľ, konštatovať, že v oblasti rybích priechodov sa v SR nerobí žiadny systematický výskum, pričom skúsenosti a poznatky zo susedných štátov sú odmietané ako nevhodné pre slovenské vodné toky.
- SVP zaviazalo investorov pri podpise zmluvy o budúcom nájme časti koryta vodného toku a využívania HEP získať za obdobie (spravidla 2 rokov) minimálne územné rozhodnutie. Pri reálnych dĺžkach procesu hodnotenia EIA sa ukázalo toto obdobie ako nedostatočné. Mnoho žiadateľov o výstavbu sa dostalo do situácie, kedy má po 2 – 3 rokoch investovania do inžinierskych a projektových prác a dokumentácie EIA iba neukončený proces hodnotenia EIA, pričom SVP po uplynutí obdobia na získanie územného rozhodnutia nijako negarantuje predĺženie zmlúv o budúcom nájme.
- Technické riešenie MVE a jej budúca prevádzka výrazným spôsobom determinuje vplyv na okolité prostredie. V rámci verejných prerokovaní EIA bol o prezentáciu technického riešenia MVE zo strany zúčastnených (aj zo strany orgánov štátnej správy) minimálny záujem. MVE boli a priori vnímané ako stavby poškodzujúce životné prostredie.

Situácia okolo povoľovacích konaní na výstavbu MVE sa ukázala ako mimoriadne zložitá a pre investorov takmer nepriechodná. Na jednej strane štát deklaruje záujem využívať HEP. Na strane druhej sú orgány štátnej správy (najmä na regionálnej úrovni) pri konkrétnych projektoch v oblasti ich pôsobnosti proti výstavbe MVE.

Ku skôr spomínaným skúsenostiam pri povoľovacích konaniach sa dajú ešte pripočítať ďalšie závažné skutočnosti:

- Obce, pokiaľ majú schválenú územno-plánovacia dokumentáciu, nemávajú v nej zahrnuté využite HEP. Zmena územného plánu obce sa tak môže stať „nástrojom“ na získanie rôznych benefitov od investora.
- Vlastníctvo pozemkov na brehoch – nie všetci investori, ktorí dostali pridelenú lokalitu MVE, majú „pod kontrolou“ aj pozemky na brehoch, ktoré sú nevyhnutné pre výstavbu MVE. V praxi to znamená, že investor, ktorému bola pridelená lokalita, ale pozemky na brehoch vlastní iný potenciálny

záujemca o výstavbu MVE, sa dostáva vo vzťahu k vlastníkovi týchto pozemkov do patovej situácie.

* * *

HEP patrí v Slovenskej republike k najviac využívaným obnoviteľným zdrojom energie. Jeho využívanie prispieva aj k znižovaniu emisií skleníkových plynov, znižuje závislosť od dovozu fosílnych palív, prispieva k diverzifikácii zdrojov a je v súlade s požiadavkou environmentálnej prijateľnosti a s princípmi trvalo udržateľného rozvoja.

Na záver sa obmedzíme na konštatovanie, že ďalšie využívanie HEP na Slovensku naráža na množstvo prekážok. Ani KoHEP nepredstavuje v procese získania potrebných povolení na výstavbu MVE žiadnu garanciu. Dokonca negarantuje ani technické parametre MVE. Každý investor, ktorému bola pridelená lokalita MVE, musí sám prejsť celým povoľovacím procesom vrátane hodnotiaceho procesu EIA, čo trvá reálne 5 – 6 rokov, a to s veľmi neistým výsledkom. Toto platí aj pre tzv. strategicky významné lokality uvedené v KoHEP.

Tento článok vznikol na základe finančnej podpory projektov Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0680-10.

Literatúra

- Dušíčka, P., Hodák, T., Šulek, P.: Historický vývoj malých vodných elektrární. Inžinierske stavby, 2009, 57, 7, s. 40 – 41.
- Dušíčka, P., Šulek, P.: Energetické využívanie vodných zdrojov. Bratislava: STU Bratislava, 2012, 90 s.
- Koncepcia využitia hydroenergetického potenciálu vodných tokov SR do roku 2030. Ministerstvo životného prostredia SR, 2011. (<http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/koncepcne-aplanovacie-dokumenty/koncepcia-vyuzitia-hydroenergetickeho-potencialu-vodnych-tokov-sr-do-roku-2030>)
- Posúdenie možností výstavby alternatívnych zdrojov na báze obnoviteľných a druhotných energetických zdrojov s možnosťou nasadenia po roku 2000, I. etapa. Bratislava: EGÚ, s. r. o. – Výskumný ústav energetický, 1997, 106 s.
- Sládek, V. a kol.: Elektrárrenstvo na Slovensku. Bratislava: Alfa-press, s. r. o., 1996, 438 s.
- Šulek, P., Dušíčka, P., Rumann, J.: MVE v SR a skúsenosti s ich právou na strednom Hrone. Eurostav, 2013, 19, 7 – 8, s. 28 – 30.
- Výročné správy Slovenských elektrární, a. s., 2006, 2007, 2009. (<http://www.seas.sk/publikacie>)

Prof. Ing. Peter Dušíčka, PhD., peter.dusicka@stuba.sk
Doc. Ing. Peter Šulek, PhD., peter.sulek@stuba.sk
Katedra hydrotechniky Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava