

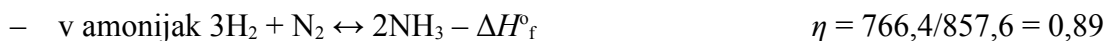
# Hranilniki za vodik (H<sub>2</sub>)

mag. Marijan Koželj

Pričakovanja o prenosu presežkov električne energije iz obnovljivih virov energije iz poletnega obdobja v zimsko so velika. A po navedbah »tehnologije pridobivanja vodika (H<sub>2</sub>) z elektrolizo vode (energijski izkoristek 70 % od električne energije v H<sub>2</sub>) in uporabe H<sub>2</sub> še niso povsem razvite«. V velikih hranilnikih (okvirno 40–500 tisoč m<sup>3</sup>) za vodik (H<sub>2</sub>) globoko pod površino zemlje (500 m in več) morajo biti tlaki večji (okvirno do 280 bar in več), če naj bodo količine energije, shranjene v H<sub>2</sub>, količinsko znatne. Vršni del takšnega hranilnika mora biti globoko pod površino zemlje, kajti na kvadratni meter tlorisne površine hranilnika pri npr. 200 bar znaša sila tlaka 2000 t teže mase (npr. kamenin) nad njim. Material sten hranilnikov mora biti tudi vodikom ustrezen, kajti H<sub>2</sub> pri večjih tlakih in višjih temperaturah (npr. ob komprimiranju) difundira – prodira v kovinsko steno in takšen material postane krhek, H<sub>2</sub> pa se izgublja ter v mešanici z zrakom hitro postane zelo eksploziven.

V Sloveniji geološke plasti niso primerne za neposredno podzemno shranjevanje H<sub>2</sub>. Morda bi bilo treba raziskati, ali bi bilo mogoče stene kakšnih večjih naravnih votlin ali prostorov opuščanih rudnikov zgladiti in prevleči s primerno kovinsko oblogo, da bi pridobili dovolj prostornine za prihodnje slovenske potrebe. Hramba/pretvorba električne energije v elementarno obliko H<sub>2</sub> pomeni manjše energijske izgube kot nadaljnji procesi pretvorbe energije iz H<sub>2</sub> v kakšno drugo substanco, ki jo je lažje hraniti, npr. amonijak, (metilni) alkohol ..., in nato nazaj v električno energijo.

Zamislimo si lahko, da se problemu sezonskega hranjenja H<sub>2</sub> izognemo s pretvorbo v kakšno drugo substanco, s kemijskimi reakcijami pri višjih temperaturah ob prisotnosti katalizatorjev s pokrivanjem porabe pogonov in izgub toplote. Primera pretvorb (npr. snovi v gramih, zgornja kurilna vrednost H<sub>2</sub> in nove substance v kJ/g ... stehiometrijsko, energijski izkoristek  $\eta$  – v naslednjih primerih teoretično/največ) sta:



(plin, tekoč, vrelišče –33,1 °C pri tlaku 1 bar, tekoč pri +25 °C in tlaku 25 bar),  
kjer je  $\Delta H$  tvorbeni entalpija, tj. toplotna energija, ki po naravni zakonitosti (neizogibno) nastane (ali jo je treba dodati) v takšnem kemijskem procesu in je npr. poleti nimamo kam shraniti, je tedaj »odpadna«,



(metanol – pri temperaturi okolice lahko hlapljiva tekočina,  
vrelišče pri 1 bar +64,7 °C, pri +25 °C primeren nadtlak v rezervoarju npr. 0,1 bar).

Vidimo, da pri teh pretvorbah že v prvem koraku teoretično izgubimo 11 % ali več energije, v realnem procesu pa veliko več (poleg stroškov za investicije in obratovanje). Pri več zaporednih pretvorbah električna energija-H<sub>2</sub>-...-električna energija je končni celotni izkoristek manjši od 30–20 %.

Za današnje velike porabnike H<sub>2</sub> (npr. rafinerije nafte) je pridobivanje H<sub>2</sub> z elektrolizo predrago. Kot najprimernejšega za pridobivanje H<sub>2</sub> uporabljajo postopek MSR (methane steam reforming), tj. iz naravnega zemeljskega plina (ZP, metan = CH<sub>4</sub> sestavina 95 %) + vodna para pri dokaj visoki temperaturi, ki jo prispeva kurjenje metana. MSR,  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ , odvečni/neželeni CO<sub>2</sub>, » $\eta > 1$ « ... potreben presežek energije na vstopni strani je doveden s toploto zgorevanja zemeljskega plina + električna energija za pogone. Energijska enačba v komercialnem procesu pokaže 140 % energije v vstopnem zemeljskem plinu in le 70 % v izstopnem H<sub>2</sub>, torej dejanski energijski izkoristek  $\eta$  je okoli 50 %.

Z vidika energijskega izkoristka je torej najboljše shraniti elementarni vodik. Uporaba 100-odstotnega H<sub>2</sub>, amonijaka, alkohola itd. je mogoča v plinskih turbinah/agregatih ( $\eta_{ee} \leq 60$  %) s primerno konstrukcijo ali predelanih, v gorivnih celicah, v tehnoloških proizvodnih

procesih. Proizvodnja električne energije z agregati na zemeljski plin, da bi z elektrolizo pridobili H<sub>2</sub>, je energetska in ekonomska nesmisel. Predvsem pozimi je zelo uporabna tudi »odpadna« toplota – za ogrevanje, poleti za hlajenje in za kakšne druge namene.

Nosilec "Projekta Severnojadrska vodikova zelena dolina" organizira strokovno delovno skupino (montanisti+speleologi+geologi+metalurgi+tehnologi+...), ki bo opravila ogled in posvete pri izvedenih hranilnikih v Evropi in drugod ter v SI-HR-FVG poiskala primerne lokacije za globokozemne hranilnike za vodik (okvirno 0,5-1,0 Mm<sup>3</sup>, 200-300 bar), vključno s predlogi za tehnološko izvedbo.