



# Obec Sírnik

**Obecný úrad, Hlavná 152/21, 076 03 Sírnik**



## INFORMÁCIA O ZVEREJNENÍ STRATEGICKÉHO DOKUMENTU

### Oznámenie o strategickom dokumente

### VODÍKOVÁ STRATÉGIA KOŠICKÉHO KRAJA

Oznámenie o strategickom dokumente „Vodíková stratégia Košického kraja“ číslo OU-KE-OSZP1-2023/027170-009 zo dňa 01.06.2023 bolo v elektronickej podobe doručené obci Sírnik dňa 02.06.2023.

Oznámenie o strategickom dokumente je zverejnené aj na webovom sídle Ministerstva životného prostredia SR na adrese:

<https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/vodikova-strategia-kosickeho-kraja>

Verejnosť môže do dokumentu nahliadnuť, robiť si z neho odpisy, výpisy alebo na vlastné náklady zhotoviť kópie počas úradných hodín v kancelárii Obecného úradu v Sírniku alebo po telefonickom dohovore na tel. čísle 056/6790279.

**Verejnosť** môže doručiť svoje **písomné stanovisko** okresnému úradu v sídle kraja **do 15 dní** odo dňa zverejnenia informácie o správe.

Adresa na doručenie stanoviska: Okresný úrad Košice  
Odbor starostlivosti o životné prostredie kraja  
Komenského 52  
041 26 Košice

**Doručené: 02.06.2023**

**Vyvesené: 02.06.2023**

**Zverejnené na webstránke obce: 02.06.2023**

**Zvesené:**

Viktor Kalán  
starosta obce

● ●  
● Podľa rozdeľovníka ●

Váš list číslo/zo dňa	Naše číslo	Vybavuje/linka	Košice
159/2023 18.05.2023	OU-KE-OSZP1-2023/027170-009	Ing. Petronela Sedláková/ 055/6001225	01. 06. 2023

Vec

Vodíková stratégia Košického kraja  
– zaslanie oznámenia o strategickom dokumente

Obstarávateľ, Košický samosprávny kraj, Námestie Maratónu mieru 1, 042 66 Košice v zastúpení spoločnosťou EKOJET, s.r.o., Tehelná 19, 831 03 Bratislava, predložil na Okresný úrad Košice, odbor starostlivosti o životné prostredie, oddelenie ochrany prírody a vybraných zložiek životného prostredia kraja (ďalej len „okresný úrad v sídle kraja“) podľa § 5 ods. 1 zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon“) dňa 19.05.2023 oznámenie o strategickom dokumente „Vodíková stratégia Košického kraja“, ktoré Vám, podľa § 6 ods. 2 zákona, ako dotknutej obci, zasielame (v elektronickej podobe).

Žiadame Vás, aby ste podľa § 6 ods. 5 zákona, ako dotknutá obec, informovali do troch pracovných dní od doručenia oznámenia o strategickom dokumente o ňom verejnou spôsobom v mieste obvyklým a zároveň jej oznámili, kde a kedy možno do oznámenia o strategickom dokumente nahliadnuť, robiť si z neho odpisy, výpisy alebo na vlastné náklady zhotoviť kópie. Oznámenie o strategickom dokumente musí byť verejnosti prístupné najmenej po dobu 14 dní od doručenia tohto listu.

Vaše písomné stanovisko k oznámeniu o strategickom dokumente podľa § 6 ods.6 zákona a potvrdenie o zverejnení oznámenia o strategickom dokumente (dátumy od kedy - do kedy bolo oznámenie zverejnené) prosíme doručiť najneskôr do 15 dní od doručenia tohto listu na adresu: Okresný úrad Košice, Odbor starostlivosti o životné prostredie kraja, Komenského 52, 041 26 Košice.

Oznámenie o strategickom dokumente „Vodíková stratégia Košického kraja“ je zverejnené aj na webovom sídle Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na adrese: <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/vodikova-strategia-kosickeho-kraja>

Konzultácie podľa § 63 zákona je možné vykonať na Okresnom úrade Košice, odbor starostlivosti o životné prostredie, Komenského 52, 041 26 Košice, 10. posch., č. dverí 1005 počas celého procesu posudzovania v pracovných dňoch počas úradných hodín na základe vopred dohodnutého termínu.

Zároveň Vás upozorňujeme, že strategický dokument svojimi parametrami podlieha zisťovaciemu konaniu podľa § 7 zákona, v ktorom okresný úrad v sídle kraja rozhodne, či sa strategický dokument bude posudzovať podľa zákona.

## Príloha

### Oznámenie o strategickom dokumente + návrh strategického dokumentu

RNDr. Darina Barabasová  
vedúca oddelenia

Informatívna poznámka - tento dokument bol vytvorený elektronicky

#### Rozdeľovník k číslu OU-KE-OSZP1-2023/027170-009

Obec Bačka, Hlavná 130, 076 84 Bačka  
Obec Bačkov, Hlavná 201, 076 61 Bačkov  
Obec Bara, Veľká Bara 7, 076 32 Bara  
Obec Biel, Hlavná 48, 076 41 Biel  
Obec Boľ, Hlavná 216/42, 076 53 Boľ  
Obec Borša, Ružová 188/2, 076 32 Borša  
Obec Boťany, Kvetná 243/1, 076 43 Boťany  
Obec Brehov, Hlavná 1/57, 076 05 Brehov  
Obec Brezina, Brezová 151/32, 076 12 Brezina  
Obec Byšta, Okružná 9, 076 13 Byšta  
Obec Cejkov, Hlavná 334, 076 05 Cejkov  
Obec Čel'ovce, Hlavná 72/49, 076 17 Čel'ovce  
Obec Čerhov, Dlhá 100, 076 81 Čerhov  
Obec Černocho, Lesná 40/12, 076 32 Černocho  
Obec Čierna, Hlavná 24/17, 076 43 Čierna  
Mesto Čierna nad Tisou, Námestie pionierov 1, 076 43 Čierna nad Tisou  
Obec Dargov, Dubčekova 227/4, 076 61 Dargov  
Obec Dobrá, Hlavná 9/151, 076 41 Dobrá  
Obec Dvorianky, Lipová s.č. 79, o.č. 1, 076 62 Dvorianky  
Obec Egreš, Egreš 78, 075 01 Egreš  
Obec Hraň, SNP 165/39, 076 03 Hraň  
Obec Hrčel', Hlavná 200/30, 076 15 Hrčel'  
Obec Hriadky, Hriadky 43, 076 22 Hriadky  
Obec Kašov, Hlavná 1, 076 02 Kašov  
Obec Kazimír, Hlavná 93, 076 13 Kazimír  
Obec Klin nad Bodrogom, Klin nad Bodrogom 34, 076 31 Klin nad Bodrogom  
Obec Kožuchov, Hlavná 62/35, 076 01 Kožuchov  
Mesto Kráľovský Chlmec, L. Kossutha 99, 077 13 Kráľovský Chlmec 1  
Obec Kravany, Potočná 1/6, 076 61 Kravany  
Obec Kuzmice, Hlavná 286/126, 076 12 Kuzmice  
Obec Kysta, Kvetná 73/2, 076 02 Kysta  
Obec Ladmovce, Hlavná 46/59, 076 34 Ladmovce  
Obec Lastovce, Hlavná 306, 076 14 Lastovce  
Obec Leles, Hlavná 62, 076 84 Leles  
Obec Luhyňa, Hlavná 40, 076 14 Luhyňa  
Obec Malá Třňa, Tokajská 25/2, 076 82 Malá Třňa  
Obec Malé Ozorovce, Hlavná 108, 078 01 Malé Ozorovce  
Obec Malé Trakany, Andora Petrika 208, 076 42 Malé Trakany  
Obec Malý Horeš, Družstevná 233/33, 076 52 Malý Horeš

Obec Malý Kamenec, Malý Kamenec 147, 076 36 Malý Kamenec  
Obec Michaľany, Hlavná 108, 076 14 Michaľany  
Obec Nižný Žipov, Hlavná 177/5, 076 17 Nižný Žipov  
Obec Novosad, Hlavná 144/47, 076 02 Novosad  
Obec Nový Ruskov, Sv. Cyrila a Metoda 155/113, 075 01 Nový Ruskov  
Obec Parchovany, Hlavná 470/22, 076 62 Parchovany  
Obec Plechotice, Hlavná 39/70, 075 01 Plechotice  
Obec Poľany, Poľany, 076 84 Poľany  
Obec Pribeník, S. Petöfiho 276, 076 51 Pribeník  
Obec Rad, Hlavná 95/10, 076 37 Rad  
Mesto Sečovce, Nám. Sv. Cyrila a Metoda 43/27, 078 01 Sečovce  
Obec Sirmík, Hlavná 152/21, 076 03 Sirmík  
Obec Slivník, Hlavná 9/29, 076 12 Slivník  
Obec Slovenské Nové Mesto, Hlavná 79/128, 076 33 Slovenské Nové Mesto  
Obec Soľníčka, 68 68, 076 53 Soľníčka  
Obec Somotor, Obchodná 39/7, 076 35 Somotor  
Obec Stanča, Hlavná 139, 076 16 Stanča  
Obec Stankovce, Hlavná 1, 076 61 Stankovce  
Obec Strážne, Ružová 157/21, 076 52 Strážne  
Obec Streda nad Bodrogom, Hlavná 174/391, 076 31 Streda nad Bodrogom  
Obec Svätá Mária, Svätá Mária 29, 076 35 Somotor  
Obec Svätuše, Svätuše, 076 83 Svätuše  
Obec Svinice, Hlavná 75, 076 37 Svinice  
Mesto Trebišov, M. R. Štefánika 862/204, 075 25 Trebišov I  
Obec Trnávka, Trnávka, 078 01 Trnávka  
Obec Veľaty, Staničná 8/12, 076 15 Veľaty  
Obec Veľká Trňa, Hlavná 122/3, 076 82 Veľká Trňa  
Obec Veľké Ozorovce, Hlavná 126, 7801 Veľké Ozorovce  
Obec Veľké Trakany, Rákocziho 419, 076 42 Veľké Trakany  
Obec Veľký Horeš, Družstevná 333/2, 076 52 Veľký Horeš  
Obec Veľký Kamenec, Veľký Kamenec 255, 076 36 Veľký Kamenec  
Obec Viničky, Tokajská 191/5, 076 31 Viničky  
Obec Višňov, Hlavná 71/22, 076 61 Višňov  
Obec Vojčice, P. O. Hviezdoslava 408/1, 076 22 Vojčice  
Obec Vojka, Hlavná 84/26, 076 83 Vojka  
Obec Zátin, Hlavná 241/45, 076 53 Zátin  
Obec Zbehňov, Hlavná 68/30, 078 01 Zbehňov  
Obec Zemplín, Zemplín, 076 34 Zemplín  
Obec Zemplínska Nová Ves, Hlavná 182/51, 076 16 Zemplínska Nová Ves  
Obec Zemplínska Teplica, Okružná 340/2, 076 64 Zemplínska Teplica  
Obec Zemplínske Hradište, Obecná 392, 076 01 Zemplínske Hradište  
Obec Zemplínske Jastrabie, Hlavná 27/61, 076 05 Zemplínske Jastrabie  
Obec Zemplínsky Branč, Zemplínsky Branč, 076 02 Zemplínsky Branč

Obstarávateľ:

**Úrad Košického samosprávneho kraja**

Nám. Maratónu Mieru 1

042 66 Košice



## **„Vodíková stratégia Košického kraja“**

### **Oznámenie o strategickom dokumente**

**Apríl 2023**

Spracovateľ dokumentácie:

**EKOJET, s.r.o.**  
priemyselná a krajinná ekológia



Staré Grunty 9A, 841 04 Bratislava, Slovenská republika  
Tel.:(+421 2) 45 69 05 68  
e-mail: info@ekojet.sk  
www.ekojet.sk

## Obsah

Úvod.....	1
<b>I. Základné údaje o obstarávateľovi.....</b>	<b>2</b>
<b>II. Základné údaje o strategickom dokumente .....</b>	<b>2</b>
1. Názov.....	2
2. Charakter dokumentu.....	2
3. Hlavné ciele .....	4
4. Obsah (Osnova).....	6
5. Uvažované variantné riešenia .....	6
6. Vecný a časový harmonogram prípravy a schvaľovania.....	6
7. Vzťah k iným strategickým dokumentom .....	7
8. Orgán kompetentný na prijatie strategického dokumentu .....	7
9. Druh schvaľovacieho dokumentu .....	7
<b>III. Základné údaje o predpokladaných vplyvoch strategického dokumentu na životné prostredie vrátane zdravia .....</b>	<b>8</b>
1. Požiadavky na vstupy .....	9
2. Údaje o výstupoch.....	10
3. Údaje o priamych a nepriamych vplyvoch na životné prostredie.....	11
4. Vplyv na zdravotný stav obyvateľstva.....	12
5. Vplyvy na chránené územia (napr. navrhované chránené vtáčie územia, územia európskeho významu, súvislá európska sústava chránených území Natura 2000, národné parky, chránené krajinné oblasti, chránené vodohospodárske oblasti a pod.) vrátane návrhu opatrení na ich zmiernenie .....	12
6. Možné riziká súvisiace s uplatňovaním strategického materiálu .....	14
7. Vplyvy na životné prostredie presahujúce štátne hranice .....	15
<b>IV. Dotknuté subjekty.....</b>	<b>16</b>
1. Vymedzenie zainteresovanej verejnosti vrátane jej združení.....	16
2. Zoznam dotknutých subjektov .....	16
3. Dotknuté susedné štáty.....	16
<b>V. Doplnujúce údaje.....</b>	<b>17</b>
1. Mapová a iná grafická dokumentácia (napr. výkres širších vzťahov v mierke primeranej charakteru a pôsobnosti strategického dokumentu).....	17
2. Materiály použité pri vypracovaní strategického dokumentu .....	17
<b>VI. Miesto a dátum vypracovania oznámenia.....</b>	<b>18</b>
<b>VII. Potvrdenie správnosti údajov.....</b>	<b>18</b>
1. Meno spracovateľa oznámenia.....	18
2. Potvrdenie správnosti údajov oznámenia podpisom oprávneného zástupcu obstarávateľa, pečiatka .....	18

## Použité skratky

CHA	chránený areál
CHKP	chránený krajinný prvok
EHS	Európske hospodárske spoločenstvo
EK	Európska komisia
EFRR	Európsky fond regionálneho rozvoja
ESF+	Európsky sociálny fond plus
EÚ	Európska únia
FST	Fond pre spravodlivú transformáciu
CHKP	Chránený krajinný prvok
KSK	Košický samosprávny kraj
MCHÚ	maloplošné chránené územia
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Natura 2000	sústava chránených území členských štátov Európskej únie
NPP	národná prírodná pamiatka
NPR	národná prírodná rezervácia
NR SR	Národná rada Slovenskej republiky
OP	ochranné pásma
OPKŽP	Operačný program kvalita životného prostredia
PP	prírodná pamiatka
PR	prírodná rezervácia
RO	Riadiaci orgán
ÚKSK	Úrad Košického samosprávneho kraja
VÚC	Vyšší územný celok
SR	Slovenská republika
ŠOP SR	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
ŠÚ SR	Štatistický úrad Slovenskej republiky
STN	Slovenská technická norma
Z. z.	Zbierka zákonov Slovenskej republiky

## Úvod

Predmetom tohto oznámenia je posúdenie strategického dokumentu: „Vodíková stratégia Košického kraja“ (ďalej aj ako „vodíková stratégia“, resp. „strategický dokument“).

Vodíková stratégia je strategickým dokumentom s dosahom prevažne na územie VÚC – Košického kraja.

Materiál bol spracovaný na základe strategického dokumentu: „Vodíková stratégia Košického kraja“, Technická univerzita v Košiciach a Úrad Košického samosprávneho kraja.



## I. Základné údaje o obstarávateľovi

1. **Názov:** Košický samosprávny kraj
2. **Identifikačné číslo:** 35 541 016
3. **Adresa sídla:** Nám. Maratónu Mieru 68/1, 042 66 Košice
4. **Meno, priezvisko, adresa, telefónne číslo a iné kontaktné údaje oprávneného zástupcu obstarávateľa:** JUDr. Boris Bilčak – riaditeľ Úradu KSK  
Úrad Košického samosprávneho kraja  
Nám. Maratónu Mieru 1  
042 66 Košice  
email: riaditel@vucke.sk  
Tel. číslo: 055 / 7268 141
5. **Meno, priezvisko, adresa, telefónne číslo a iné kontaktné údaje kontaktnej osoby, od ktorej možno dostať relevantné informácie o strategickom dokumente, a miesto na konzultácie:** Ing. Matej Ovčiarka – vedúci odboru regionálneho rozvoja  
Úrad Košického samosprávneho kraja  
Nám. Maratónu Mieru 1, 042 66 Košice  
email: matej.ovciarka@vucke.sk  
Tel. číslo: 055 / 6196 650
- Ing. Angelika Theinerová – vedúca referátu sekretariátu Rady Partnerstva  
Úrad Košického samosprávneho kraja  
Námestie Maratónu mieru 1, 042 66 Košice  
email: angelika.theinerova@vucke.sk  
Tel. číslo: 055 / 6196 692

## II. Základné údaje o strategickom dokumente

### 1. Názov

„Vodíková stratégia Košického kraja“

### 2. Charakter dokumentu

„Vodíková stratégia Košického kraja“ (ďalej aj ako „vodíková stratégia“, vodíková stratégia KSK resp. „strategický dokument“) je prvá regionálna vodíková stratégia na území Slovenskej republiky, keďže Slovensko doposiaľ schválilo vodíkovú stratégiu iba na národnej úrovni.

Košický samosprávny kraj (KSK) má dnes možnosť iba v malom rozsahu využívať vodíkové technológie a zužitkovať vznikajúce príležitosti z tejto sféry, ktoré sú prínosné z dlhodobého hľadiska, ale taktiež si uvedomuje nevyhnutnú potrebu dekarbonizácie regiónu. Preto sa pristúpilo k vyhotoveniu štúdie vodíkovej stratégie založenej na faktoch s cieľom objaviť potenciál vodíkových technológií šitých na mieru pre Košický samosprávny kraj (KSK), ktorý pomôže EÚ dosiahnuť jej environmentálne ciele a zároveň zvýšiť miestne investície. KSK spolu s podporou fondov EÚ má ambíciu a potenciál hlbšie preskúmať dôsledky väčších verejných a súkromných investícií do vodíka ako alternatívneho zdroja energie, najmä jeho „spill-over“ účinkov na regionálne inovácie, vzdelávanie, podnikanie a zamestnanosť. Cieľom bolo zmapovať potenciál

využitia vodíkových technológií v rôznych priemyselných odvetviach od výroby energie, dopravy, skladovania, ale aj výskumu a vývoja, spolu s výzvami v oblasti vzdelávania, ktoré by spĺňali najvyššie kritériá v oblasti bezpečnosti. Strategický dokument obsahuje aj odporúčania pre akčné plány v oblasti cestovného ruchu, z ktorých môžu čerpať výhody verejné a alternatívne scenáre, ktoré pomôžu Košickému samosprávnemu kraju prispôsobiť jedinečné plány na získanie výhodného konkurenčného postavenia a prijať strategické rozhodnutia v budúcnosti.

Slovensko má obmedzené zdroje na lokálnu výrobu vodíka, no strategická poloha Košického kraja blízko hranice s Ukrajinou môže zohrať významnú úlohu pri dovoze tejto suroviny. Košický samosprávny kraj má pri výskume vodíkových technológií potenciál ťažiť z členstva v Národnej vodíkovej asociácii Slovenska, v ktorej je od roku 2020 členom. Vďaka tomu má KSK s partnermi prístup ku všetkým informáciám a novinkám v oblasti štúdie vodíka a je tu možnosť podieľať sa na legislatívnych zmenách a byť členom všetkých dialógov týkajúcich sa týchto technológií.

Výskum v oblasti využitia vodíka je zložitým procesom. Jediným spôsobom, ako z neho dosiahnuť prínos pre verejnosť, je komplexná spolupráca s priemyslom, investormi, univerzitami, výskumnými ústavmi a tvorcami stratégií ako hlavnými aktérmi. Aj z tohto dôvodu Košický samosprávny kraj podpísal Memorandá o spolupráci s viacerými fakultami Technickej univerzity v Košiciach, s cieľom spolupracovať s odborníkmi v oblasti vodíkových technológií. Pre rozsiahlejší vývoj vodíkových technológií a širšie využitie vodíka v spoločnosti je rozhodujúca cenovo dostupná a ekologická výroba spolu s bezpečnou prepravou a veľkokapacitným skladovaním.

Košický samosprávny kraj (KSK) si uvedomuje nevyhnutnú potrebu dekarbonizácie regiónu. Jednou z možností efektívnej dekarbonizácie sektora dopravy je využitie obnoviteľného vodíka nie len v oblasti súkromnej prepravy, ťažkej dopravy ale najmä v oblasti regionálnej dopravy. Obnoviteľný vodík je definovaný Európskou Úniou ako vodík, na ktorého výrobu sa využili len obnoviteľné zdroje (napr. slnko, vietor, voda). Oproti súčasne využívaným batériám v elektromobilite, má vodík neodmysliteľnú výhodu v podobe rýchleho nabíjania (za pár sekúnd). Ďalšou výhodou vodíka je možnosť stabilného dlhodobého bezpečného uskladnenia veľkého množstva elektrickej energie vo forme plynného alebo kvapalného vodíka. Aj preto si Košický samosprávny kraj uvedomuje budúcnosť vodíka v palivách a energetike a na základe toho začal podnikať kroky v ústrety zelenejšej budúcnosti.

Na území Košického kraja je potrebné zriadiť vodíkové čerpacie stanice, keďže podľa Národnej vodíkovej stratégie je na území SR naplánované vybudovanie minimálne 4 vodíkových čerpacích staníc vo vzdialenosti do 200 km. Vzhľadom k polohe KSK nachádzajúceho sa v TEN-T koridore sa počíta s vybudovaním minimálne 1 čerpacej stanice.

Zabezpečenie obnoviteľného vodíka za stabilnú cenu umožní efektívny prechod časti regionálnej dopravy zo súčasne využívaných dieselových autobusov na zelenšie autobusy na vodíkový pohon a teda umožní udržateľnú dekarbonizáciu sektora regionálnej dopravy. Cieľom KSK je postupne nahradiť až 80 prímestských autobusov autobusmi na vodíkový pohon a tak zabezpečiť čiastočnú dekarbonizáciu sektora regionálnej dopravy. KSK podniká kroky s cieľom stať sa prvým Vodíkovým údolím na Slovensku. Prepojením výskumu, priemyslu a samosprávy je najlepšia cesta k inováciám na východe Slovenska.

Na regionálnej ale aj národnej úrovni vzniká potreba rozvoja moderných technológií pre dosiahnutie zelených cieľov EÚ a ich zosúladenia s rozvojovými cieľmi, programami a investičnými prioritami EÚ s cieľmi stanovenými vo vízii a stratégii rozvoja Slovenska do roku 2030.

Dokument obsahuje okrem všeobecných informácií stavu vodíkovej stratégie na Slovensku a v Košickom kraji aj rámcové informácie ohľadom aktuálnych technológií výroby vodíka, jeho skladovania a praktického využitia. V rámci tém vodíkovej stratégie, problémov a výziev sú zohľadnené hlavne územné a tematické aspekty. Osobitná pozornosť je venovaná rozvojovým témam v regióne Košického kraja a oblastiach implementácie vodíkových technológií do praxe.

Cieľom je pripraviť návrh obsahu, ktorý je určený na prerokovanie najmä s výskumno - vzdelávacími inštitúciami, s investormi do zelených technológií a s priemyselnými podnikmi pri prechode na environmentálne vhodnejšie technológie v zmysle zelenej politiky EÚ a národných stratégií. Zabezpečiť najmä vyššiu mieru implementácie tém vodíkovej stratégie a tým aj jej výsledný dopad na zvýšenie kvality života obyvateľov, zvýšenie kvality životného prostredia a zvýšenie kvality a konkurencieschopnosti podnikateľského prostredia.

Vodíková stratégia Košického kraja, podlieha konaniu podľa zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 24/2006 Z. z.“).

### **3. Hlavné ciele**

Hlavným cieľom stratégie je objaviť potenciál vodíkových technológií vhodných pre Košický samosprávny kraj (KSK), ktorý pomôže EÚ dosiahnuť jej environmentálne ciele a zároveň zvýšiť miestne investície. KSK spolu s podporou fondov EÚ má ambíciu hlbšie preskúmať dôsledky väčších verejných a súkromných investícií do vodíka ako alternatívneho zdroja energie, najmä jeho účinkov na regionálne inovácie, vzdelávanie, podnikanie a zamestnanosť. Cieľom dokumentu bolo zmapovať potenciál využitia vodíkových technológií aj v rôznych priemyselných odvetviach od výroby energie, dopravy, skladovania, ale aj výskumu a vývoja, spolu s výzvami v oblasti vzdelávania, ktoré by spĺňali najvyššie kritériá v oblasti bezpečnosti.

#### **Výroba vodíka**

Primárnym cieľom je výroba „zeleného vodíka“ alebo vodíka vyrobeného na regionálnej úrovni nízkouhlíkovými technológiami, takže spôsoby distribúcie sa skrátia a vedia sa dosiahnuť vyššie možné úrovne účinnosti distribúcie vodíka. Konečným cieľom je výroba a využitie 100 % vodíka, na ktorý sa použili obnoviteľné zdroje energie alebo aspoň zdroje s nízkymi emisiami. Z dôvodu technického pokroku a ekonomických aspektov sa však vodík vyrobený z fosílnych palív - „šedý“ vodík - bude využívať aj v prechodnom období. Tzv. šedý vodík, ktorý je dnes najkonkurencieschopnejšou možnosťou, by mal do roku 2050 úplne zaniknúť, aby sa dosiahol cieľ využívania len obnoviteľného vodíka, teda toho ktorý je vyrábaný z obnoviteľných zdrojov.

#### **Oceliarsky priemysel**

Cieľom nových technológií v dnešnej dobe je zvýšiť podiel obnoviteľného vodíka (asi 60 - 70%) v redukčnom plyne pri syntéze až po použitie čistého vodíka (99,9%) v redukčnom procese železných rúd a peliet. Hlavným cieľom je nahradiť koksovateľné uhlie, ktoré je tradične potrebné na výrobu ocele na báze rudy, vodíkom.

#### **Výskum a inovácie v KSK**

V rámci prípravy projektu EÚ CARBON v spolupráci s 9 slovenskými subjektmi (vrátane Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie, Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Fakulty letectva a Slovenskej akadémie vied), ktoré sú združené v Národnej technologickej platforme pre výskum, vývoj a inovácie surovín, bolo úlohou využitie prchavých látok vznikajúcich pri spracovaní uhlíkatých materiálov na výrobu syntetických plynov a vodíka. Základný rámec výskumu a vývoja v tejto téme sa bude týkať materiálového zhodnocovania plyných zložiek pri spracovaní uhlíkatých

materiálov s cieľom vývoja produktov s vyššou pridanou hodnotou nielen syntetických alebo redukčných plynov, ale hlavne výroby vodíka. V oblasti výskumu a inovácií majú partneri napr. Technická univerzita v Košiciach vysoko inovatívne, funkčné technológie uskladnenia vodíka, ktorú v spolupráci so súkromným sektorom implementovali do už homologizovaného funkčného autobusu na vodíkový pohon. Spolupráca v oblasti vodíkových výskumno - vývojových aktivít KSK v súčasnosti presahuje hranice regiónu. S Moravsko - Sliezkym krajom Českej republiky bolo taktiež podpísané Memorandum o spolupráci, výsledkom ktorej je práca na výrobe vodíkovej lode.

### **Výzvy vo vzdelávaní**

Usmernenie na roky 2019/2020 vydané samotným Košickým samosprávnym krajom obsahuje množstvo bodov, ktoré naznačujú, že kraj sa snaží myslieť na budúcnosť, upozorňuje na činnosť metodických orgánov na stredných školách a na ich poslanie v oblasti metodiky a vyučovacieho procesu, podporuje ďalšie vzdelávanie pedagogických zamestnancov a metodicky najlepších učiteľov s cieľom skvalitniť celkový pedagogický proces. Cieľom je do procesu výučby implementovať témy spojené s transformáciou energie, ako napríklad batériové systémy, vodík a iné.

Projekt Hydrogen In Schools (Vodík v školách) ([www.HySchools.eu](http://www.HySchools.eu)) je program Erasmus+, ktorého cieľom je poskytovať vzdelávanie o vodíku na stredných školách. Boli vytvorené vzdelávacie a online zdroje na použitie v školách v európskych krajinách, ktorých cieľom je poskytnúť učiteľom pridanú istotu pri výučbe vodíkových technológií. Cieľom HySchools je pomôcť školám zvýšiť kvalitu výučby HFCT, aby vybavili študentov budúcimi zručnosťami požadovanými v tomto rastúcom energetickom sektore.

### **Priority**

SR pripravila plány na vybudovanie veľkej továrne na výrobu batérií. Memorandum o spolupráci bolo podpísané v novembri 2019 medzi spoločnosťou Inobat j.s.a., Technickou univerzitou v Košiciach, Univerzitou P. J. Šafárika, Slovenskou akadémiou vied a Košickým samosprávnym krajom. Túto iniciatívu podporuje aj Slovenská batériová aliancia (SBaA), kde je aj nasadenie vodíkových technológií jednou z priorít v nasledujúcich rokoch. Na podporu strategických výskumných a vývojových aktivít vláda SR v rokoch 2020/2021 vyčlenila v základnom výskume a v aplikačnom výskume 5 miliónov eur.

### **Ciele strategického dokumentu možno rozvinúť do nasledujúcich tém:**

**Udržateľná mobilita** - Posilnenie udržateľnej mobility a odolnosti dopravného systému a podpora rozvoja kľúčových projektov v dopravnom systéme Košického kraja v nadväznosti na rozvoj dopravy a logistiky.

**Kvalitné a udržateľné životné prostredie** - Zabezpečenie udržateľnosti využívania a efektívnej ochrany prírodných zdrojov a zmiernenie negatívnych dôsledkov zmeny klímy a taktiež:

- udržateľné hospodárenie s vodou,
- adaptačné opatrenia na zmenu klímy,
- znižovanie emisií skleníkových plynov a znečisťujúcich látok v ovzduší,
- podpora odpadového a obehového hospodárstva,
- osвета a environmentálna výchova,
- podpora rozvoja poľnohospodárstva a lokálnych produktov.

**Moderné školstvo, vzdelávanie a šport a kvalitná veda, výskum a inovácie** - Zmodernizovanie a zvýšenie dostupnosti vzdelávacieho systému, podpora výskumno-inovačnej aktivity reagujúcej na potreby spoločnosti, regiónu a priemyslu:

- Zvýšenie uplatniteľnosti a vedomostnej úrovne žiakov a študentov a zvýšenie kapacity a zmodernizovanie školskej infraštruktúry (v súlade s konceptom budovania SMART škôl na území KSK, t. j. s ohľadom na adaptáciu na zmenu klímy, digitalizáciu, koncept otvorenej a inkluzívnej školy a komplexný rozvoj územia).
- Zlepšenie inovačnej úrovne regiónu a vytvorenie lepších podmienok pre uplatnenie absolventov VŠ.

Moderná technická infraštruktúra a účinná bezpečnosť obyvateľov - Zmodernizovanie technickej vybavenosti územia a zvýšenie kvality vybranej technickej infraštruktúry (s ohľadom na realizáciu SMART riešení a bezpečnosť) a taktiež. začlenenie špecifickej technickej infraštruktúry vodíkových čerpacích staníc do existujúcej siete.

Efektívne financovanie a komplexný rozvoj regiónu - Na princípe partnerstva a dátach zefektívnenie riadenia verejnej správy.

#### **4. Obsah (Osnova)**

Predmetné oznámenie o strategickom dokumente podľa zákona č. 24/2006 Z. z. vychádza z verzie dokumentu Vodíková stratégia Košického kraja, 2021. V prípade zmeny uvedeného návrhu sa tieto odrazia v dokumentácii z ďalších krokov procesu posudzovania návrhu vodíkovej stratégie KSK podľa zákona č. 24/2006 Z. z..

##### Obsah vodíkovej stratégie Košického kraja:

- AVANT PROPOS
- VÝROBA
- DISTRIBÚCIA A USKLADNENIE
- OCELIARSKY PRIEMYSEL
- JADROVÁ ENERGETIKA A CHEMICKÝ PRIEMYSEL
- SYMBIÓZA S BATÉRIOVÝM PRIEMYSLOM
- VÝSKUM A INOVÁCIE V KOŠICKOM KRAJI50
- VÝZVY VO VZDELÁVANÍ
- VÝHODY PRE KOMUNITU – AKČNÉ PLÁNY

#### **5. Uvažované variantné riešenia**

Vodíková stratégia Košického kraja vznikala formou priebežného prejednávania jednotlivých návrhov a variant. Vzhľadom na charakter dokumentu, teda k procesu jeho spracovania na princípe partnerstva, výstupná podoba koncepčného dokumentu bude monovariantná.

Diskusia pri formulácii dokumentu prebiehala ako na úrovni interných členov tímu, tak formou zasielania písomných pripomienok k zverejneným návrhom od spolupracujúcich či dotknutých inštitúcií. Konečná verzia strategického dokumentu bude predložená v jednom variante. V procese posudzovania strategického dokumentu bude porovnávaný a hodnotený stav navrhovaného riešenia so súčasným stavom.

#### **6. Vecný a časový harmonogram prípravy a schvaľovania**

Odbor regionálneho rozvoja, územného plánovania a životného prostredia ÚKSK. Strategický dokument je časovo naviazaný na nové programovacie obdobie Slovenskej republiky a Európskej únie pre roky 2021 – 2030.

## 7. Vzťah k iným strategickým dokumentom

Vzhľadom k účelu a charakteru dokumentu Vodíková stratégia Košického kraja boli zohľadnené nasledovné dokumenty na európskej a národnej úrovni:

**Nadradené dokumenty (názov, obstarávateľ dokumentu, časové zameranie, relevantnosť k spracovávanému strategickému dokumentu):**

- Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj
- Vízia a stratégia rozvoja Slovenska do roku 2030
- Národný investičný plán Slovenskej republiky na roky 2018-2030
- Národná inovačná stratégia (2021-2030)
- Plán obnovy a odolnosti SR
- Konceptia územného rozvoja Slovenska
- Strategický plán rozvoja dopravy SR do roku 2030
- Stratégia nízko-uhlíkového rozvoja SR do roku 2030 s výhľadom do roku 2050
- Envirostratégie SR 2030
- Ciele politiky EÚ v programovacom období 2021-2027
- Európska zelená dohoda (European Green Deal) publikovaná v decembri 2019, ktorá stanovuje plán opatrení s cieľom prechodu na plne klimaticky neutrálne hospodárstvo
- EÚ Európa 2020 Stratégia pre inteligentný a udržateľný rast podporujúci začlenenie, COM(2010) 2020 v konečnom znení
- Európska stratégia pre nízkoemisnú mobilitu (COM(2016) 501 z 20. 7. 2016)
- Plán prechodu na konkurencieschopné nízkouhlíkové hospodárstvo do roku 2050, COM(2011) 112 v konečnom znení
- Energetický plán do roku 2050 COM(2011) 885 v konečnom znení
- Nástroj na prepájanie Európy v oblasti dekarbonizácie hospodárstva a podpory využívania čistej energie

Ostatné dokumenty (názov, obstarávateľ dokumentu, časové zameranie, relevantnosť k spracovávanému strategickému dokumentu) napr. schválené stratégie VUC:

- Integrovaná územná stratégia Košického kraja 2022-2030
- Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja Košického samosprávneho kraja na roky 2023 – 2027 (s výhľadom do roku 2030)
- Územný plán veľkého územného celku Košický kraj
- Plán udržateľnej mobility
- Regionálna inovačná stratégia (aktuálne vo fáze prípravy)
- Ostatné sektorové regionálne stratégie v príprave (napr. školstvo)
- Územné plány miest a obcí
- Ostatné sektorové stratégie na miestnej úrovni
- Adaptačná stratégia na dôsledky zmeny klímy v Košickom kraji
- Nízkouhlíková stratégia organizácií v zriaďovateľskej pôsobnosti Košického samosprávneho kraja
- Stratégia rozvoja cyklistickej dopravy a cykloturistiky v Košickom samosprávnom kraji
- Adaptačná stratégia na dôsledky zmeny klímy v Košickom kraji

## 8. Orgán kompetentný na prijatie strategického dokumentu

Zastupiteľstvo Košického samosprávneho kraja.

## 9. Druh schvaľovacieho dokumentu

Uznesenie zastupiteľstva Košického samosprávneho kraja.

### III. Základné údaje o predpokladaných vplyvoch strategického dokumentu na životné prostredie vrátane zdravia

Košický kraj sa nachádza v juhovýchodnej časti Slovenska. Na severe hraničí s Prešovským krajom a na západe s Banskobystrickým krajom. Južnú a východnú hranicu tvoria štátne hranice s Maďarskom a Ukrajinou. Košický kraj je v rámci Slovenska svojou rozlohou štvrtým najväčším (6 754,5 km<sup>2</sup>) a počtom obyvateľov druhým najväčším krajom. Mesto Košice je administratívnym, hospodárskym, politickým, školským a kultúrnym centrom kraja, pozostáva z 22 mestských častí s vlastnou miestnou samosprávou a je druhým najväčším mestom na Slovensku. Na základe územnosprávneho členenia pozostáva Košický kraj z 11 okresov, z čoho 4 okresy sú na území mesta Košice (Košice I, Košice II, Košice III, Košice IV, Košice – okolie, Gelnica, Michalovce, Rožňava, Sobrance, Spišská Nová Ves a Trebišov) a zo 440 obcí, z ktorých má 17 štatút mesta. V Košickom kraji žilo k 31.12.2021 spolu 780 288 obyvateľov, z čoho takmer tretina (227 458 obyvateľov, 29,2%) žila v krajskom meste Košice. Hustota obyvateľov na 1 km<sup>2</sup> dosiahla 115,51 obyvateľov, čo je o 4,53 obyvateľov viac než v priemere za Slovensko. K najhustejšie osídleným patria štyri okresy ležiace na území mesta Košice, podstatne redšie je osídlenie v okrese Sobrance, Gelnica a Rožňava.

Obr.: mapa VÚC Košický samosprávny kraj



K potenciálom Košického kraja patrí poloha regiónu, populačný potenciál, priemyselný charakter pokrývajúci všetky odvetvia, voľné kapacity pre výstavbu, turistický potenciál, medzinárodné letisko v Košiciach, prekládka medzi širokorozchodnou a úzkorozchodnou železnicou, ktorá spája východ so západom. Košický kraj má geografickú polohu v rámci košicko–prešovskej aglomerácie. Ťažiskovými ekonomickými odvetviami sú priemysel, stavebníctvo a poľnohospodárstvo. Z priemyselných odvetví sú to hlavne hutníctvo, IT sektor, strojársky a ťažobný priemysel, priemysel palív a energetiky, potravinárstvo. Hospodárstvo kraja je ovplyvnené silnou priemyselnou základňou Košickej aglomerácie a vybraných okresov Michalovce, Spišská Nová Ves a Košice – okolie, kde je aj najväčšia koncentrácia veľkých firiem a malých a stredných podnikov. Košický kraj významne čerpá z rozvoja služieb s vyššou pridanou hodnotou v meste Košice, ktoré je strategickým rozvojovým centrom kraja a hlavným zamestnávateľom v kraji.

Ostatné okresy Košického kraja, najmä prihraničné, potrebujú aj dodatočné rozvojové impulzy zamerané na stabilizáciu a posilnenie svojej hospodárskej základne.

Územím Košického kraja prebiehajú významné nadregionálne cestné, železničné a energetické dopravné ťahy v smere východ – západ a sever – juh. V oblasti cestnej dopravy sú to európske trasy E 50 (Žilina – Prešov – Košice – Michalovce štátna hranica s Ukrajinou), E 71 (Košice – štátna hranica s Maďarskom – Miskolc) a E 58 (Zvolen – Rožňava – Košice – štátna hranica s Ukrajinou). Košický kraj má hustú sieť železničných tratí, ktoré ho spájajú s okolitými štátmi EÚ. Prostredníctvom systému Východoslovenských prekladísk a širokorozchodnej trate je napojené na Ukrajinu a Rusko. Krajské mesto Košice je druhým najväčším železničným uzlom SR. Medzinárodné letisko Košice je druhé najväčšie letisko na Slovensku, nachádza sa v blízkosti budovaných logistických parkov. Košický kraj má významný inovačný potenciál, ktorý je reprezentovaný najmä univerzitami, výskumnými ústavmi Slovenskej akadémie vied, univerzitnými vedeckými parkami ako i súkromnými výskumno-vývojovými ústavmi. Košický kraj má druhý najväčší výskumný potenciál v Slovenskej republike a je reprezentovaný napríklad aj Inovačným centrom Košického kraja, ktoré vzniklo na základe Regionálnej inovačnej stratégie Košického kraja. K rozvojovému potenciálu Košického kraja patrí aj kreativita ľudských zdrojov, ktoré spolu s kultúrnymi zdrojmi tvoria súčasť kreatívnej ekonomiky. Taktiež, strategická poloha Košického kraja s Ukrajinou môže zohrať významnú úlohu pri dovoze vodíka, keďže Ukrajina plánuje vybudovanie 1 GW elektrolyzéra na výrobu obnoviteľného vodíka a k tomu prislúchajúce množstvo obnoviteľných zdrojov. Vzhľadom na polohu Košického kraja, je pravdepodobné, že Košický kraj môže slúžiť ako vstupná brána pre tento vodík do celej Európy. Ďalší potenciál je vo využívaní čistých metód výroby elektriny k použitiu výroby vodíka napr. využívanie veternej energie ale najmä využitie geotermálnej energie na výrobu sa môže ukázať ako efektívna voľba v budúcej vodíkovej infraštruktúre. Geotermálna energia ako jeden zo značných zdrojov energie v Košickej kotline je pomerne ľahko dostupná avšak zatiaľ sa v dostatočnej miere nevyužíva. Nachádza sa na viacerých miestach v blízkosti mesta Košice, a táto poloha je považovaná za jedno z najvýdatnejších geotermálnych ložísk v strednej Európe so značným energetickým potenciálom.

Implementácia vodíkovej stratégie môže priniesť riešenia, ktoré dopomôžu vyriešiť jedny z najvýraznejších problémov Košického kraja. Sú to predovšetkým najnižšia tvorba HDP na jedného obyvateľa v SR (NUTS II) a porovnateľne nižší podiel investícií, ktoré ďalej prispievajú k vyššej nezamestnanosti, porovnateľne nižším mzdám, vyššej miere chudoby a neriešeniu environmentálnych záťaží v porovnaní s prosperujúcimi územiaми SR a priemernými hodnotami indikátorov. Výrazným problémom je aj vysoký podiel dlhodobozamestnaných.

Nasledujúce kapitoly 1 a 2 popisujú vstupy a výstupy navrhovaného strategického dokumentu primerane k súčasnému stavu jeho poznania a rozpracovanosti. Vzhľadom na charakter a dosah strategického dokumentu budú údaje o vstupoch a výstupoch konkretizované a kvantifikované v ďalších etapách rozpracovania a realizácie strategického dokumentu a následne pri realizácii konkrétnych projektov v rámci realizácie strategického dokumentu.

## 1. Požiadavky na vstupy

Požiadavky na vstupy spojené s realizáciou vodíkovej stratégie KSK vo vzťahu k životnému prostrediu súvisia najmä so zdrojmi surovín, materiálovými zdrojmi, zdrojmi energie, s nárokmi na dopravnú a inú infraštruktúru, nárokmi na pracovné sily a s finančnými nárokmi.



### Surovinové a materiálové vstupy

Zvýšené nároky v oblasti surovinových a materiálových zdrojov budú najmä v oblasti budovania infraštruktúry, stavebnej činnosti a zavádzaní nových inovatívnych technológií.

Podpora rozvoja vodíkových technológií, ako aj rozšírenie a skvalitnenie už existujúcej infraštruktúry bude klásť zvýšené nároky na množstvo vynaloženej energie pri jeho výrobe, s ohľadom na postupné presmerovanie na využívanie obnoviteľných zdrojov energie.

Pri stavebnej činnosti sa zvýšia surovinové náklady v oblasti aplikácie moderných technológií ako aj spotreba paliva pri užívaní strojov a mechanizmov počas výstavby. Taktiež bude dochádzať k zvýšeným nárokom surovín potrebných na tvorbu zariadení pre uskladnenie elektrickej energie (batérie) a tvorbu zariadení pre použitie inovatívnych technológií.

S ohľadom na požadovaný stupeň konkrétnosti strategického dokumentu a rozsah spracovania oznámenia nie je možné v súčasnosti kvantifikovať rozsah surovinových a materiálových vstupov.

### Zdroje energie, nároky na dopravnú a inú infraštruktúru

Pre uskutočnenie cieľov a opatrení vodíkovej stratégie KSK budú využívané súčasné možnosti napojenia sa na sieť existujúcej dopravnej a technickej infraštruktúry. Prísun energií je zvládnuteľný a nie je obmedzujúcim faktorom pre úspešnú implementáciu strategického dokumentu.

### Nároky na pracovné sily

Pre úspešnú implementáciu strategického dokumentu je potrebné zabezpečiť dostatočný počet kvalifikovaných pracovníkov vo všetkých oblastiach zahrnutých v rámci strategického dokumentu ako aj na úrovni štátnej správy a samosprávy.

### Finančné nároky

Vodíková stratégia Košického kraja je nástrojom čerpania prostriedkov z Fondu pre spravodlivú transformáciu (FST) a Operačného programu Kvalita životného prostredia (OPKŽP). Prostriedky pridelené z Fondu na spravodlivú transformáciu môžu byť doplnené zdrojmi pridelenými v rámci Európskeho fondu regionálneho rozvoja (EFRR) a Európskeho sociálneho fondu plus (ESF+). Okrem vyššie spomenutých je možné získať financovanie aj prostredníctvom CEF (Connecting Europe Facility), Horizon Programme Europe, Európskej Investičnej banky (napr. Jaspers), Operačný program Slovensko, Plán obnovy a ďalšie.

V tejto fáze však nemožno informácie o finančných nárokoch strategického dokumentu kvalifikovane určiť ani odhadnúť.

## **2. Údaje o výstupoch**

Výstupom je strategický dokument – Vodíková stratégia Košického kraja, ktorého zameraním bude súbor činností vyplývajúcich z realizácie jednotlivých strategických cieľov uvedených v dokumente.

Výstupy bude vidieť hlavne v podobe vyhodnotenia jednotlivých ukazovateľov plnenia zadaných cieľov stratégie. Predmetom monitorovania sú najmä ukazovatele pokroku implementácie stratégie. Merateľné ukazovatele a ich hodnoty budú zostavené podľa schválených a rozpracovaných operácií v súlade s navrhovanými cieľmi vodíkovej stratégie. Systém merateľných ukazovateľov bude napojený na strategické ciele a umožní vyhodnotiť progres implementácie strategického dokumentu.

Predmetom priebežného hodnotenia bude vyhodnocovanie dosahovania cieľov Vodíkovej stratégie KSK, identifikovanie rizík ovplyvňujúcich jej implementáciu a navrhovanie prípadných zmien a opatrení.

Výstupy priamo ovplyvňujúce životné prostredie sa nepredpokladajú, ich podrobnejšie zhodnotenie bude vykonané v ďalších fázach posudzovania vplyvu na životné prostredie.

### **3. Údaje o priamych a nepriamych vplyvoch na životné prostredie**

Z pohľadu na celoplošné zameranie predkladaného strategického dokumentu je možné predpokladať priame a nepriame vplyvy na obyvateľstvo, prírodné prostredie (vplyvy na horninové prostredie, geologické pomery, podzemné a povrchové vody, pôdu, genofond, biodiverzitu, infraštruktúru...), krajinu a na urbánny komplex a využívanie zeme.

Realizácia jednotlivých aktivít strategického dokumentu bude mať v globálnom merítku priaznivý vplyv na životné prostredie.

Strategický dokument zahŕňa viacero smerov k jeho plnej implementácii v rámci potreby vzdelávania, inovácií, zvyšovania kvality mobility, ochrany životného prostredia a prírodných zdrojov ako aj zvyšovania hospodárskeho rozvoja v Košickom samosprávnom kraji.

Navrhované aktivity strategického dokumentu odrážajú najmä aktuálnu potrebu rozvoja moderných alternatívnych zdrojov energie, ich implementáciu do bežného života obyvateľstva a priemyselnej praxe a taktiež zvýšenia kvality osobnej, ale najmä verejnej dopravy tak, aby sa tento zdroj stal uprednostňovanou alternatívou energetickej infraštruktúry. Tým by sa znižoval vplyv na kvalitu ovzdušia v miestach jeho využívania a teda aj jeho vplyv na okolité zložky životného prostredia a v neposlednom rade aj zdravotný stav obyvateľstva.

V rámci hlavných problémov VÚC sú taktiež identifikované alarmujúce problémy súvisiace so znižovaním kvality životného prostredia. Strategický dokument sa zameriava aj na podporu transformácie priemyslu s cieľom znížiť produkciu emisií. Dokument vodíkovej stratégie taktiež reflektuje potreby ochrany pred nastávajúcou klimatickou zmenou a to predovšetkým pred živlami. Významnou súčasťou balíka opatrení v rámci strategického dokumentu sú opatrenia súvisiace s produkciou čistého zeleného vodíka.

Zavádzanie nových, inovačných technológií prispeje k vytváraniu nižšej uhlíkovej stopy v porovnaní s konvenčnými, dnes používanými technológiami. Rovnako aj zavedenie opatrení v rámci zníženia priemyselných emisií, redukovania negatívnych dopadov energetického priemyslu a redukcii emisií výfukových plynov prispeje k zlepšeniu životného prostredia v kraji.

Opatrenia prispievajú aj k transformácii priemyslu, k podpore technologických inovácií, k rozvoju infraštruktúry v kraji a k podpore hospodárskeho rastu v danom odvetví.

Navrhované projekty budú realizované tak, aby nedošlo k rizikám pre prírodné ekosystémy a socioekonomické zložky vymedzeného územia.

V záujme riešenia potrieb a dosiahnutia cieľov stanovených v strategickom dokumentu vo vzťahu k zabezpečeniu environmentálnej udržateľnosti bude potrebné podporovať iba projekty šetrné k životnému prostrediu, ktoré minimalizujú negatívny dopad na životné prostredie vo vzťahu

k využívaniu jednotlivých zložiek životného prostredia (zdrojov). Neefektívne projekty, nešetrné voči životnému prostrediu by nemali byť podporované.

Jednotlivé projekty v rámci špecifických cieľov, ktoré budú dosahovať limitné hodnoty, budú podliehať konaniu podľa zákona č. 24/2006 Z. z..

#### **4. Vplyv na zdravotný stav obyvateľstva**

V tomto štádiu prípravy sa nepredpokladajú žiadne osobitné riziká vo vzťahu k ochrane životného prostredia a zdravia obyvateľstva, ktoré by vyplývali z uplatňovania strategického dokumentu. Pri dodržaní platných, zákonom stanovených limitov a noriem pre všetky oblasti zahrnuté v strategickom dokumente nepredpokladáme negatívne ovplyvnenie, resp. zhoršenie zdravotného stavu obyvateľstva.

Zvýšenie kvality životného prostredia, celkovej kvality života obyvateľov, ako aj kvality podnikateľského prostredia v oblasti Košického kraja, bude mať pozitívny vplyv na zdravie obyvateľov vzhľadom k zlepšeniu psychickej pohody, čistejšiemu životnému priestoru obyvateľstva. Z hľadiska rizík bude nutné dbať na zvýšenú opatrnosť pri posudzovaní jednotlivých projektov, rovnako aj pri ich realizácii a v neposlednom rade ich celkový kumulatívny prínos pre spoločnosť.

Stratégia taktiež reflektuje potrebu vytvárania nových a udržateľných pracovných miest s ohľadom konkurencie schopnosť na národnej úrovni a dynamickejší rozvoj miestnych ekonomík založený na užšej spolupráci jednotlivých aktérov miestneho ekonomického rozvoja a inovácií. Taktiež kombinuje opatrenia na podporu odborného vzdelávania s cieľom lepšieho uplatnenia sa absolventov na regionálnom trhu práce. Zo zvýšenia celkových hospodárskych ukazovateľov, zlepšenia individuálnej ekonomickej situácie a sociálnej istoty vyplýva celková vyššia kvalita života jednotlivca a taktiež spoločnosti.

#### **5. Vplyvy na chránené územia (napr. navrhované chránené vtáčie územia, územia európskeho významu, súvislá európska sústava chránených území Natura 2000, národné parky, chránené krajinné oblasti, chránené vodohospodárske oblasti a pod.) vrátane návrhu opatrení na ich zmiernenie**

##### **Chránené územia, výtvyry a pamiatky**

###### ***Vplyvy na národnú sústavu chránených území***

Národnú sústavu chránených území tvorí v zmysle zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, v znení neskorších predpisov 9 národných parkov (platí 3. stupeň ochrany, v ochranných pásmach 2. stupeň ochrany), 14 chránených krajinných oblastí (2. stupeň ochrany) a 110 MCHÚ (NPR, PR, NPP, PP, CHA, CHKP s 3., 4. alebo 5. stupňom ochrany).

Výmera národných parkov dosahuje 6,48 % rozlohy SR a výmera chránených krajinných oblastí tvorí 10,66 % rozlohy SR. Veľkoplošné chránené územia teda tvoria spolu 22,65 % z územia SR (vrátane ich OP).

Z veľkoplošných chránených území sa na území Košického kraja sa nachádzajú alebo čiastočne zasahujú 2 národné parky – Národný park Slovenský raj a Národný park Slovenský kras s celkovou rozlohou 48 844 ha a 2 chránené krajinné oblasti – Latorica a Vihorlatský prales

s celkovou rozlohou 34 106 ha. Chránené územia týchto kategórií zaberajú spolu cca 13% z celkovej plochy kraja.

Výmera všetkých MCHÚ (vrátane ich OP) tvorí 2,37 % územia Slovenska. Na území Košického kraja nachádza 127 maloplošných chránených území, v rámci ktorých je zastúpených 29 národných prírodných rezervácií, 40 prírodných rezervácií, 23 národných prírodných pamiatok, 24 prírodných pamiatok a 11 chránených areálov (stav k 31.12.2022, zdroj: ŠOP SR, 2023).

V rámci rozvojových činností, ktoré sú v prekryve s chránenými územiami sa pri navrhnutej štruktúre opatrení a z nich vyplývajúcich jednotlivých aktivít dajú predpokladať priame i nepriame vplyvy na chránené územia. Dá sa predpokladať, že pri dosahovaní špecifických cieľov strategického dokumentu nebude dochádzať k významným stretom záujmov s ochranou prírody (zvláštna ochrana druhov a stanovišť organizmov). Uvedené konštatovania je však potrebné rozpracovať v ďalších fázach posudzovania jednotlivých projektov.

Vzhľadom na charakter dokumentu je možné očakávať, že realizáciou príslušných aktivít strategického dokumentu vrátane prijatia príslušných opatrení budú vplyvy na chránené územia environmentálne únosné a realizovateľné.

Vzhľadom na rozsah špecifických cieľov strategického dokumentu konštatujeme, že navrhovaný strategický dokument nebude mať negatívne vplyvy na výtvyry a pamiatky.

### **Vplyvy na Európsku sústavu národných území Natura 2000**

Sústavu Natura 2000 tvoria dva typy území: územia európskeho významu vymedzené podľa smernice 92/43/EHS o biotopoch a chránené vtáčie územia vymedzené podľa smernice 79/409/EHS o ochrane vtáctva. Časť siete Natura 2000 sa prekrýva s národnou sústavou chránených území.

#### Územia európskeho významu (ÚEV)

Výnosom MŽP SR č. 3/2004-5.1 bol zverejnený národný zoznam území európskeho významu (381 lokalít), ktorý bol v októbri 2017 uznesením vlády SR č. 577/2011 rozšírený o ďalšie lokality a aktualizovaný národný zoznam ÚEV je tvorený 642 lokalitami. Lokality boli vymedzené pre ochranu vybraných druhov európskeho významu a biotopov európskeho významu. Na území Košického samosprávneho kraja sa nachádza 85 lokalít zaradených do zoznamu území európskeho významu, čo činí 13,2 % z celkového počtu ÚEV.

#### Chránené vtáčie územia (CHVÚ)

CHVÚ sa vyhlasujú za účelom zabezpečenia prežitia a rozmnožovania niektorých druhov vtákov. Sú to biotopy druhov vtákov európskeho významu a biotopy sťahovavých druhov vtákov, najmä oblasti ich hniezdenia, preperovania, zimovania, ako aj miesta odpočinku na ich migračných trasách. K 1. januáru 2013 je vyhlásených všetkých 41 CHVÚ z Národného zoznamu chránených vtáčích území. V rámci Košického samosprávneho kraja sa eviduje 10 lokalít zaradených do zoznamu CHVÚ, čo je 24,4% z ich celkového počtu.

Pri plánovaných aktivitách a rozvojových projektoch vzhľadom na súčasne platnú legislatívu v rámci uplatňovania strategického dokumentu sa nepredpokladá významný negatívny vplyv na lokality sústavy Natura 2000. Na zmiernenie potenciálnych negatívnych vplyvov v súvislosti so špecifickými cieľmi strategického dokumentu na biotopy a druhy, ktoré sú predmetom ochrany sústavy území Natura 2000 v rámci Košického samosprávneho kraja, je potrebné rešpektovať zakázané činnosti definované vo vyhláškach MŽP SR, ktorou sú predmetné územia vyhlasené.

Konkrétne činnosti na úrovni jednotlivých projektov, ktoré sa budú umiestňovať v územiach chránených podľa osobitných predpisov, resp. v ich blízkosti s pravdepodobným negatívnym ovplyvnením predmetov ochrany, budú posúdené z hľadiska vplyvu na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z. a v rámci primeraného posúdenia vplyvov na územia sústavy Natura 2000.

### **Vplyvy na chránené vodohospodárske oblasti**

CHVO sú územia, v ktorých sa vytvárajú prirodzené akumulácie povrchových a podzemných vôd, a z ktorých je potrebné v maximálnej miere vylúčiť účinky nepriaznivo ovplyvňujúce kvalitatívny alebo kvantitatívny režim vôd. Na území Košického kraja sa nachádzajú, resp. čiastočne zasahujú štyri CHVO. Navrhovaný strategický dokument nebude negatívne vplývať na vodohospodársky chránené oblasti ani na vyhlásené pásma hygienickej ochrany podzemných vôd (v zmysle zákona NR SR č.364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)).

### **Ochranné pásma**

Pri uplatňovaní špecifických cieľov strategického dokumentu bude potrebné dodržať ochranné pásma podzemných a nadzemných vedení a stavieb vymedzených STN a zákonom č. 24/2006 Z. z..

### **Opatrenia na zamedzenie negatívnych vplyvov**

Medzi opatrenia identifikované v tomto stupni prípravy dokumentácie patria:

- zabezpečiť zvyšovanie pridanej hodnoty projektov v súlade s ochranou životného prostredia (znižovanie energetickej náročnosti výrobného procesu, nakladanie s odpadom, zavádzanie inovatívnych technológií a postupov a i.),
- zabezpečiť dôslednú realizáciu posudzovania vplyvov na životné prostredie na úrovni jednotlivých činností / projektov v súlade so zákonom č. 24/2006 Z. z. tak, aby bola zabezpečená optimalizácia zvolených riešení a ich lokalizácie, výberu environmentálnych technológií, časovej a vecnej následnosti jednotlivých realizačných krokov, ako aj vyváženosť environmentálnych, sociálnych a ekonomických aspektov realizovaných projektov.
- pri rozhodovaní vo výbere projektov dôsledne sledovať aspekt udržateľnosti podporovanej aktivity po skončení spolufinancovaného projektu.

V rámci procesu posudzovania bude uplatnený princíp predchádzania prípadných predpokladaných vplyvov pomocou formulácie podmienok a limitov k jednotlivým dotknutým opatreniam. Významným hľadiskom bude dôsledný výber predkladaných projektov a riadna priebežná i záverečná kontrola pri realizácii jednotlivých opatrení. Nezanedbateľné je aj možné súbežné pôsobenie niekoľkých realizovaných opatrení v rámci jedného, či na seba nadväzujúcich území.

## **6. Možné riziká súvisiace s uplatňovaním strategického materiálu**

Riziká súvisiace s realizáciou strategického dokumentu sa v tomto štádiu posudzovania dajú predpokladať len vo veľmi všeobecnej miere. Kľúčovými rizikami súvisiacimi s tvorbou a implementáciou Vodíkovej stratégie sú:

- dostupnosť obnoviteľných zdrojov v Košickom kraji,
- náročný a zdĺhavý povoľovací proces súvisiaci s vybudovaním obnoviteľných zdrojov a produkcie vodíka,
- vhodné umiestnenie fotovoltaických elektrární (na miestach tzv. brownfieldov),
- vhodné možnosti pripojenia do distribučnej siete,
- majetkové a právne záležitosti ovplyvňujúce realizáciu rozvojových aktivít,

- legislatívne bariéry,
- nečinnosť resp. zahltenosť správnych orgánov,
- nedostatočná pružnosť riadiacich orgánov a sprostredkovateľských orgánov,
- poddimenzovanie personálnych kapacít implementačných agentúr,
- nedostatok finančných prostriedkov,
- nedostatok ľudských kapacít,
- vis maior,
- množstvo zdieľaných kompetencií medzi národnou a regionálnou/miestnou úrovňou pri čerpaní zdrojov z FST, EFRR, ESF+ a ďalších,
- administratívne prekážky a neprimeraný formalizmus pri čerpaní zdrojov z FST, EFRR, ESF+ a ďalších,

K ďalším rizikám patria:

- nedostatočné implementačné mechanizmy,
- zabezpečenie odborných bezpečnostných pracovníkov,
- slabá motivácia spolupracovať,
- politické vplyvy,
- neprimeraný individualizmus pri realizácii rozvojových aktivít.

Podrobnejšia analýza bude vykonaná v ďalších fázach posudzovania vplyvov na životné prostredie.

## **7. Vplyvy na životné prostredie presahujúce štátne hranice**

Navrhovaný strategický dokument rieši otázky a problémy na úrovni dotknutého samosprávneho kraja a dosahovanie cieľov stanovených pre celú SR. Vplyvy na životné prostredie presahujúce štátne hranice SR súvisiace s uplatňovaním strategického dokumentu sa nepredpokladajú.

## IV. Dotknuté subjekty

### 1. Vymedzenie zainteresovanej verejnosti vrátane jej združení

Zainteresovanou verejnosťou sú predovšetkým obyvatelia SR a každý kto prejaví záujem o strategický dokument. Ďalej sem patria občianske iniciatívy, občianske združenia a mimovládne organizácie, podporujúce ochranu životného prostredia, ktoré prejavia záujem na postupoch environmentálneho rozhodovania v zmysle ustanovení §24 až §28 zákona č. 24/2006 Z. z.

### 2. Zoznam dotknutých subjektov

Dotknutými subjektmi sú: dotknutý Košický samosprávny kraj SR, susedné samosprávne kraje SR, ministerstvá SR, regionálne orgány štátnej správy, dotknuté obce Košického samosprávneho kraja:

- Ministerstvo životného prostredia SR,
- Ministerstvo dopravy SR,
- Ministerstvo hospodárstva SR,
- Ministerstvo financií SR,
- Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR,
- Ministerstvo zahraničných vecí a európskych záležitostí SR,
- Košický samosprávny kraj,
- Prešovský samosprávny kraj,
- Banskobystrický samosprávny kraj,
- Okresný úrad Košice, Odbor starostlivosti o životné prostredie, Oddelenie ochrany prírody a vybraných zložiek životného prostredia kraja,
- Okresný úrad Košice, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Košice - okolie, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Michalovce, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Sobrance, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Rožňava, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Spišská Nová Ves, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Trebišov, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Okresný úrad Gelnica, Odbor starostlivosti o životné prostredie,
- Obce Košického samosprávneho kraja.

### 3. Dotknuté susedné štáty

Významné vplyvy strategického dokumentu na životné prostredie presahujúce štátne hranice Slovenskej republiky sa nepredpokladajú.

## V. Doplnujúce údaje

### 1. Mapová a iná grafická dokumentácia (napr. výkres širších vzťahov v mierke primeranej charakteru a pôsobnosti strategického dokumentu)

Predkladané oznámenie o strategickom dokumente obsahuje prílohu - strategický dokument: „Vodíková stratégia Košického kraja“, KSK, 2021.

### 2. Materiály použité pri vypracovaní strategického dokumentu

- Programové vyhlásenie vlády SR na roky 2020-2024,
- Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj,
- Národné priority Implementácie Agendy 2030,
- Vízia a stratégia rozvoja Slovenska do roku 2030,
- Komplexná analýza stavu výskumu a inovácií v SR,
- Program Slovensko 2021 – 2027, jún 2022,
- Strategický plán rozvoja dopravy SR do roku 2030,
- Nízkouhlíková stratégia rozvoja SR do roku 2030 s výhľadom do roku 2050,
- Zelenšie Slovensko – Stratégia environmentálnej politiky Slovenskej republiky,
- Jednotný metodický rámec pre prípravu integrovaných územných stratégií a investícií v SR v programovacom období 2021-2027,
- Metodika tvorby a implementácie programov hospodárskeho a sociálneho rozvoja regiónov, programov rozvoja obcí a skupín obcí s uplatnením princípov udržateľného smart (inteligentného, rozumného) rozvoja (2020),
- Regionálna inovačná stratégia Košického kraja, 2021-2030,
- Integrovaná územná stratégia Košického kraja 2022-2030,
- Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja Košického samosprávneho kraja na roky 2023 – 2027 (s výhľadom do roku 2030),
- Územný plán mesta Košice – Stav zmien a doplnkov – október 2018,
- Zákon č. 543/2002 Z.z. Zákon o ochrane prírody a krajiny,
- Zákon č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- Zákon č. 180/2013 Z.z. o organizácii miestnej štátnej správy a o zmene a doplnení niektorých zákonov.



## **VI. Miesto a dátum vypracovania oznámenia**

Oznámenie o strategickom dokumente bolo vypracované v mesiaci apríl v roku 2023.

## **VII. Potvrdenie správnosti údajov**

### **1. Meno spracovateľa oznámenia**

Spracovateľom oznámenia je firma EKOJET, s.r.o., Staré Grunty 9A, 841 04 Bratislava

### **2. Potvrdenie správnosti údajov oznámenia podpisom oprávneného zástupcu obstarávateľa, pečiatka**

Potvrdzujem správnosť údajov.

.....  
JUDr. Boris Bilčak,  
Riaditeľ úradu Košického samosprávneho kraja,  
Úrad Košického samosprávneho kraja,  
oprávnený zástupca obstarávateľa

.....  
Mgr. Tomáš Šembera,  
za spracovateľa oznámenia

V Bratislave, dňa 18.5.2023

## **Prílohy**

1



KOŠICKÝ  
SAMOSPRAVNÝ  
KRAJ



# Vodíková stratégia Košického kraja

Prvá vodíková stratégia na Slovensku



Technická univerzita v Košiciach  
 Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach  
 Slovenská akadémia vied  
 Promatech Centrum  
 Národná vodíková asociácia Slovenska  
 Košický samosprávny kraj  
 Názov: Vodíková stratégia<sup>+</sup> pre Košický kraj

## Autori:

Maroš Halama  
 Vladimír Zeleňák  
 Tomáš Brestovič  
 Peter Hegeďuš  
 Jaroslav Legemza  
 Andrej Oriňak  
 Karel Saksľ  
 Zuzana Orságová Kráľová  
 Gabriela Baranová  
 Sergej Koperdák

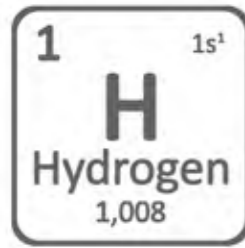
Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach  
 v spolupráci s Košickým samosprávnym krajom

Rok: 2021  
 Vydanie: druhé prepracované  
 Náklad: 150 ks  
 Rozsah: 88 strán  
 ISBN: 978-80-553-3794-4

Vydavateľ nepreberá zodpovednosť za akékoľvek škody spôsobené na zdraví osôb alebo majetku v súvislosti s nedbalosťou alebo za nesprávnu interpretáciu alebo použitie akýchkoľvek metód, produktov, pokynov alebo nápadov uvedených v tomto dokumente. Táto štúdia bola vypracovaná na základe zmluvy s Európskou komisiou. Vyjadrené názory sú názormi autorov a nereprezentujú oficiálne stanovisko Európskej komisie.

Grafická úprava:  
 Marketingové oddelenie Košického samosprávneho kraja  
**Všetky práva vyhradené**  
 © 2021

AVANT PROPOS .....	6
VÝROBA .....	10
DISTRIBÚCIA A USKLADNENIE.....	24
OCELIARSKY PRIEMYSEL .....	34
JADROVÁ ENERGETIKA A CHEMICKÝ PRIEMYSEL.....	40
SYMBIÓZA S BATÉRIOVÝM PRIEMYSLOM .....	46
VÝSKUM A INOVÁCIE V KOŠICKOM KRAJI .....	50
VÝZVY VO VZDELÁVANÍ.....	64
VÝHODY PRE KOMUNITU - AKČNÉ PLÁNY .....	78



Vodík je popri batériách ďalším kľúčovým obnoviteľným vektorom, ktorý v rozvinutých svetových ekonomikách priťahuje značnú pozornosť vedeckej, obchodnej, politickej komunity a verejnosti.

gentnými IT riešeniami sa vyvíja aj paralelná transformácia spoločnosti 5.0.

V Košickom kraji nemusíme čakať ďalšie desaťročie, aby sme našli technológiu v boji proti klimatickým zmenám a súčasne inovovali priemysel. Namiesto toho môžeme konať už teraz s existujúcimi možnosťami a ich vylepšeniami.



Môžeme zmeniť Košický kraj na región s vyššou kvalitou života jeho občanov a ťažiť z konkurenčnej výhody v počiatočnom období transformácie.

Aurel Stodola

Európa ako región disponuje jedinečnými aktívami, ktoré kladú Európsku úniu (EÚ) na popredné miesto spolu s Japonskom, Kóreou, USA a Čínou. Slovensko ako krajina zatiaľ samostatne neimplementovala efektívny národný vodíkový program, no momentálne sa dokončuje národná vodíková stratégia. Preto interdisciplinárny tím autorov vyhotovil túto štúdiu založenú na faktoch s cieľom objaviť potenciál vodíkových technológií šitých na mieru pre Košický samosprávny kraj (KSK), ktorý pomôže EÚ dosiahnuť jej environmentálne ciele a zároveň zvyšuje miestne investície. KSK spolu s podporou fondov EÚ má ambíciu hlbšie preskúmať dôsledky väčších verejných a súkromných investícií do vodíka ako alternatívneho zdroja energie, najmä jeho „spill-over“ účinkov na regionálne inovácie, vzdelávanie, podnikanie a zamestnanosť. Cieľom bolo zmapovať potenciál využitia vodíkových technológií v rôznych priemyselných odvetviach od výroby energie, dopravy, skladovania, ale aj výskumu a vývoja, spolu s výzvami v oblasti vzdelávania, ktoré by spĺňali najvyššie kritériá v oblasti bezpečnosti. Obsahuje aj odporúčania pre akčné plány v oblasti cestovného ruchu, z ktorých môžu čerpať výhody verejné a alternatívne scenáre, ktoré pomôžu Košickému samosprávnemu kraju prispôsobiť jedinečné plány na získanie konkurenčného postavenia a prijať strategické rozhodnutia v budúcnosti.

Každý pokrok ľudskej spoločnosti, od prvej priemyselnej revolúcie po súčasný priemysel 4.0, bol spojený s pokrokom v oblasti využívania energie a rýchlymi zmenami v technológiách. Jedným z najväčších vynálezcov v slovenskej histórii, ktorý posunul energetickú transformáciu do celého sveta z malej krajiny v srdci Európy a neskôr z ETH Zürich, bol Aurel Stodola, ktorý začal študovať práve v Košickom kraji. V súčasnej dobe s masívnou digitalizáciou a inteli-

Či už išlo o zavedenie pary, elektriny alebo automatizácie do výrobného procesu, všetky činnosti súviseli s využívaním energie, ktorá, ak nerátame vodnú energiu, sa získavala spaľovaním dreva, uhlia, zemného plynu, spracovania ropy alebo jadrovou fúziou. Všetky tieto komodity sú spôsobmi skladovania energie, ktorú ľudia zámerne uvoľnili a využívali z týchto komodít podľa potrieb a požiadaviek spoločnosti. S výnimkou jadrovej energie je výroba energie z uvedených zdrojov spojená s tvorbou CO<sub>2</sub>, ktorý sa považuje za jeden z hlavných zdrojov vedúcich k zmenám podnebia a globálnemu otepľovaniu. Žijeme v čase, keď si ľudstvo stanovilo za cieľ znížiť svoju uhlíkovú stopu a prejsť na spoločnosť bez uhlíka. To sa odráža aj v tlaku na prechod na zelené obnoviteľné zdroje energie, akými sú slnečná a veterná energia. Ich použitie je však nevyhnutne spojené s potrebou akumulácie energie v dôsledku kolísania výroby energie zo Slnka alebo vetra. Je preto rozhodujúce vyriešiť skladovanie energie, aby sa vyvážili ponuka

a dopyt po nej. Jedným z elegantných alternatívnych a perspektívnych zdrojov „zelenej“ energie je vodík. Pri jeho spaľovaní vzniká voda, ktorá uvoľňuje veľké množstvo energie, a to bez uhlíkovej stopy.

Myšlienka využívania vodíkových technológií pri skladovaní alebo preprave energie je pomerne stará a k dispozícii sú aj dlhodobé skúsenosti z kozmického a vojenského výskumu. Cieľový výskum vodíkových technológií v EÚ sa však začal až po roku 2000 a v posledných rokoch sa zintenzívnil vďaka zlepšeniu účinnosti palivových článkov. Vďaka pokrokovým materiálom a technológiám je využívanie vodíkových technológií čoraz reálnejšie. Na Slovensku sa téma vodíkových technológií obchádzala, mnoho rokov nebol o túto problematiku cieľový záujem priemyslu, investorov ani tvorcov stratégií. K zmene začalo dochádzať až v priebehu uplynulých 2 - 3 rokov.





Vodík (H) ako najľahší prvok na Zemi váži približne 0,09 g v 1 litri, čím je asi 11-krát ľahší ako vzduch. Bežne sa vyskytuje vo forme dvojatómových molekúl, t. j. H<sub>2</sub>. Na Zemi sa vodík v prirodzenom stave vyskytuje iba vo forme zlúčenín (najbežnejšou je voda, ale nachádza sa aj v rope, zemnom plyne atď.), ktoré sú základom pre jeho priemyselné využitie. To však vedie ku skutočnosti, že na rozdiel od fosílnych palív (uhlie, zemný plyn atď.), v ktorých sa už akumuluje a z nich sa uvoľňuje energia pre každodenné činnosti, pomocou vodíkových technológií musíme vodík najskôr vyrobiť rozkladom iných zlúčenín.

Pre rozsiahlejší vývoj vodíkových technológií a širšie využitie vodíka v spoločnosti je rozhodujúca cenovo dostupná a ekologická výroba spolu s bezpečnou prepravou a veľkokapacitným skladovaním.

Košický samosprávny kraj môže dnes v malom rozsahu využívať technológie vodíka a palivových člán-

kov a využiť vznikajúce príležitosti, ktoré sú prínosné z dlhodobého hľadiska. No jediným spôsobom, ako z nich dosiahnuť prínos pre verejnosť, je spolupráca s priemyslom, investormi, univerzitami, výskumnými ústavmi a tvorcami stratégií ako hlavnými aktérmi.

Je potrebné podotknúť, že posledné vety štúdie boli napísané v časoch, keď sa na Slovensku uplatňovali masívne preventívne opatrenia v súvislosti s koronavírusom, vyhláseniami Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO), ktoré ho určili za pandémiu a bezprecedentnými historickými stratami na trhoch s akciami. V týchto energeticky a biologicky labilných časoch dúfame teda v renesanciu v uplatňovaní inovatívnych až disruptívnych technológií, akou je zelený vodík, pretože svet už nikdy nebude ako predtým. Takisto dúfame, že inteligentné riešenia zlepšia kvalitu života Košičanov, Slovákov aj Európanov.

Január 2021, (Autori)

V Košickom samosprávnom kraji sa v posledných troch rokoch snažíme hľadať riešenia, ako prispieť k väčšej energetickej samostatnosti. Otvárame témy, ktoré boli možno príliš zložité a dlhé obdobie sa odsúvali na vedľajšiu koľaj. Jednou z týchto tém je aj vodíková stratégia a cielený výskum v oblasti využitia vodíkových technológií.

Japonské príslovie hovorí: „Aj cestu dlhú sto míľ musíme začať prvým krokom.“ Výskum v oblasti využitia vodíka je zložitým procesom, no aj ten je potrebné naštartovať a vykročiť. Napriek tomu, že Slovensko zatiaľ neimplementovalo národný vodíkový program a dokončená ešte nie je národná vodíková stratégia, chceme byť v tomto procese nápomocní.



Štúdiu, ktorú držíte v rukách, sme pripravovali v spolupráci s tímom špičkových vedcov z Technickej univerzity v Košiciach a Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach. Aj vďaka ich práci má Košický samosprávny kraj ako prvý na Slovensku vodíkovú stratégiu, od ktorej sa môžeme odraziť pri realizácii zelených riešení. Prinášame odpovede na otázky, ako dosiahnuť a splniť environmentálne ciele Európskej únie. Táto štúdia mapuje potenciál využitia vodíkových technológií v priemyselných odvetviach v našom kraji od výroby energie, dopravy, skladovania, ale aj výskumu a vývoja. Prinášame tiež odporúčania pre akčné plány realizovateľné na území nášho kraja s analýzou potreby vodíka a výškou investícií.

Slovensko má síce obmedzené zdroje na lokálnu výrobu vodíka, no strategická poloha Košického kraja s Ukrajinou môže zohrať významnú úlohu pri jeho dovoze. Aj tejto oblasti sme sa v rámci našej vodíkovej stratégie venovali. Pri výskume vodíkových technológií chceme ťažiť aj z členstva v Národnej vodíkovej asociácii Slovenska. Košický samosprávny kraj sa stal jej členom v roku 2020. Vďaka tomu sme získali prístup ku všetkým informáciám a novinkám v oblasti štúdie vodíka, máme možnosť podieľať sa na legislatívnych zmenách a byť prizývaní ku všetkým dialógom týkajúcim sa vodíka.

Na území nášho kraja je možné zriadiť vodíkové čerpace stanice či zabezpečiť vodíkové autobusy v prímestskej doprave. Viac sa o týchto možnostiach dočítate na nasledujúcich stranách štúdie. Ak prepojíme výskum, priemysel a samosprávu, je to najlepšia cesta k inováciám na východe Slovenska.

Zelené riešenia sú aktuálne jednou z najdiskutovanejších tém na pôde Európskej únie. O tejto téme nechceme len diskutovať, chceme vykročiť a urobiť pomyselný prvý krok k ich realizácii.

**Rastislav Trnka**  
predseda Košického samosprávneho kraja  
Január 2021

H

Vodíková  
stratégia

Výroba





## Výroba vodíka

Kľúčovou otázkou využitia vodíka v Košickom samosprávnom kraji je, kde nájdeme a vyrobíme dostatok vodíka na splnenie všetkých požiadaviek priemyslu, mobility, domácností alebo energetiky a kde zároveň bude výroba vodíka udržateľná, ekologická, s nízkym obsahom uhlíka či dokonca zelená.

Vodík je možné vyrábať z vody tromi hlavnými spôsobmi. Jedným zo spôsobov je proces známy ako elektrolýza, pri ktorej sa pomocou elektriny extrahuje vodík z vody. Ak sa použije obnoviteľná elektrina, tento proces produkuje nulové emisie uhlíka.

Použitím tohto postupu sa vyrába tzv. „zelený vodík“. Ďalšími dvoma spôsobmi sú termochemické reakcie, pri ktorých sa využíva uhlie (v procese známom ako splyňovanie) alebo zemný plyn (v procese známom ako parná reformácia zemného plynu). Tieto posledné dve techniky sa väčšinou používajú na aktuálnu výrobu vodíka.

Využívanie fosílnych palív znamená, že vznikajú emisie uhlíka, ale ak je možné tieto emisie v podstatnej miere zachytiť a natrvalo ich uskladniť, hovoríme o výrobe tzv. „modrého“ vodíka alebo vodíka vyrobeného „nízko uhlíkovými“ technológiami.

Zoznam možných spôsobov výroby vodíka [1]:

1. Krakovanie uhľovodíkov parou
2. Čiastočná oxidácia uhľovodíkov
3. Konverzia vodného syntézneho plynu
4. Degradácia biomasy baktériami
5. Rozklad chloridov pomocou vodnej pary
6. Reformovanie benzínu
7. Reformovanie koksárenského plynu
8. Elektrolýza vody a kyselín
9. Štiepenie fotokatalytickej vody - extrakcia vodíka z molekúl vody
10. Rozklad vodnej pary železom, resp. FeO
11. Rozklad vodnej pary v plazme (ionizácia)
12. Rozklad amoniaku alebo metanolu

GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	GREEN HYDROGEN
Split natural gas into CO <sub>2</sub> and Hydrogen	Split natural gas into CO <sub>2</sub> and Hydrogen Residual gasses also in H-vision scope	Split water into hydrogen by electrolysis powered by wind and sun
CO <sub>2</sub> EMITTED IN THE ATMOSPHERE	CO <sub>2</sub> STORED OR RE-USED	NO CO <sub>2</sub> EMITTED

## Výroba vodíka z obnoviteľných zdrojov energie

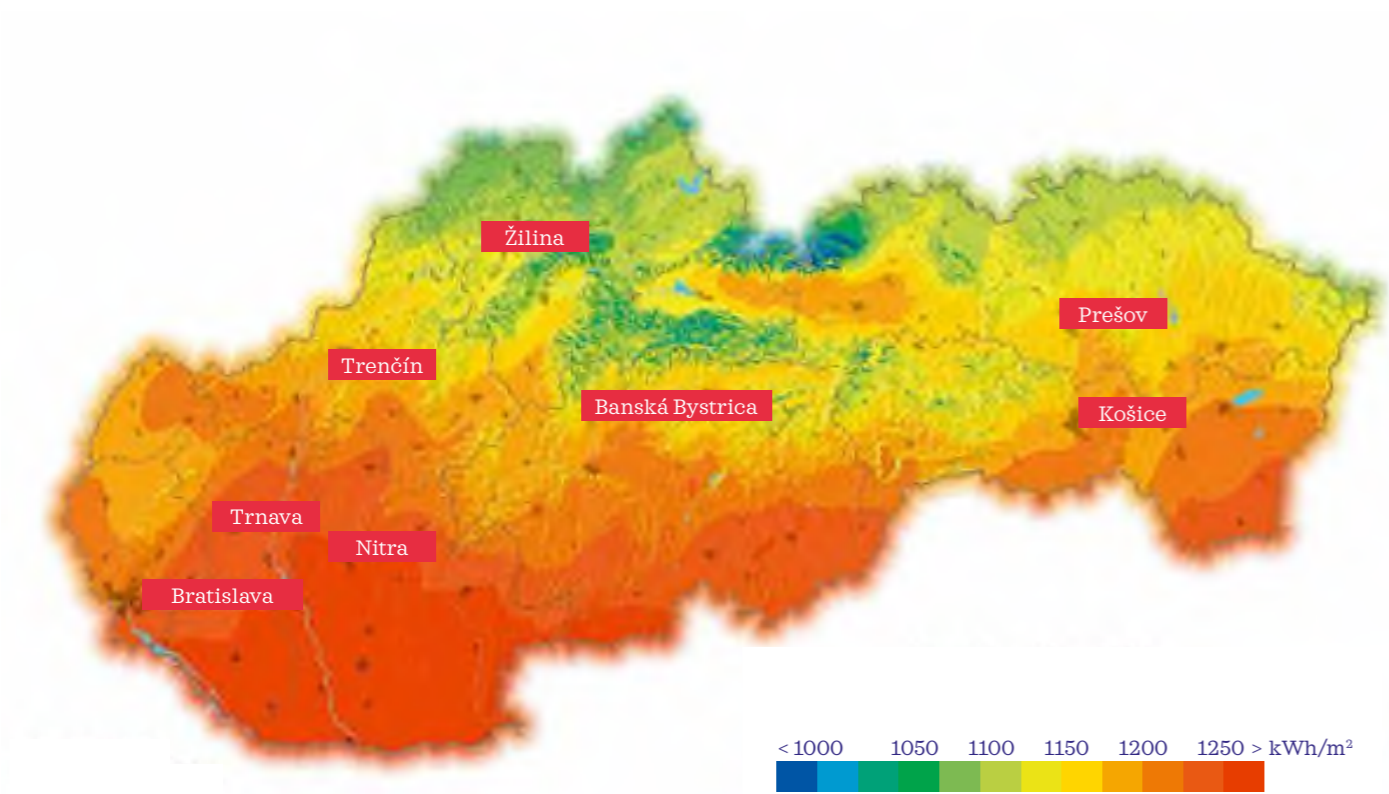
Výroba vodíka pomocou obnoviteľných zdrojov energie (OZE) je daná geografickými a prírodnými charakteristikami regiónu. Tieto charakteristiky sú hlavnou hnacou silou pri výbere konkrétnych OZE a nákladovej efektívnosti výroby zeleného vodíka. Posledné zistenia naznačujú, že rozšírenie vodíkových technológií bude najväčšou hnacou silou znižovania nákladov, najmä vo výrobe a distribúcii vodíka a výrobe systémových komponentov.

Primárnym cieľom je výroba „zeleného vodíka“ alebo vodíka vyrobeného na regionálnej úrovni nízkouhlíkovými technológiami, takže spôsoby distribúcie sa skrátiť a môžeme dosiahnuť vyššiu možnú úroveň účinnosti distribúcie vodíka. Konečným cieľom je výroba a využitie 100 % vodíka, na ktorý sa použili obnoviteľné zdroje energie alebo aspoň zdroje s nízkymi emisiami.

Z dôvodu technického pokroku a ekonomických aspektov sa však vodík vyrobený z fosílnych palív - „šedý“ vodík - bude určite využívať aj v prechodnom období. Tzv. šedý vodík, ktorý je dnes najkonkurencieschopnejšou možnosťou, by mal do roku 2050 úplne zaniknúť, aby sa dosiahol cieľ 2. stupňa.

Očakáva sa, že časom bude čoraz menej konkurencieschopný, pretože sa zvyšujú náklady na emisie CO<sub>2</sub> a pred rokom 2040 dosiahnu vyššiu úroveň nákladov ako všetky nízkouhlíkové alternatívy.





Toto zavedie významné zníženie nákladov skôr, ako sa bude brať do úvahy prípadný ďalší dopad technologických prelomov. Náklady na nízkouhlíkovú a/alebo obnoviteľnú výrobu vodíka sa v nasledujúcom desaťročí drasticky znížia až o 60 %. To možno pripísať klesajúcim nákladom na výrobu elektriny z obnoviteľných zdrojov, rozširovaniu elektrolyzérových systémov a výstavbe lacných zariadení na skladovanie uhlíka.

## Fotovoltaické systémy výroby vodíka

Fotovoltaika (FV) má v Košickom kraji najväčší potenciál uplatnenia. Podľa mapy ožarovania má juh regiónu priemerný energetický výkon na  $m^2$  v rozsahu 1 000 - 1 200  $kWh \cdot m^{-2}$ , ako je to znázornené na nasledujúcej mape.

Momentálne je inštalovaných okolo 100 MWp FV projektov s potenciálom zvýšiť túto kapacitu na 600 až 700 MWp v roku 2030 a 1500 MW v roku 2050, berúc do úvahy technologický pokrok vo fotovoltaike. V strednodobom až dlhodobom horizonte priemerné

náklady na výrobu energie touto cestou klesnú pod 50 eur za MWh, možno ešte nižšie, čo dovoľí byť výrobe vodíka viac konkurenčnej ako výrobe vodíka pochádzajúceho z fosílnych palív.

Nové FV systémy by sa mali umiestňovať na nepoľnohospodárskych pozemkoch a na budovách. Pomer účinnosti FV panelov sa zvyšuje, takže 1 MW nového FV zariadenia bude vyžadovať 12 000 až 15 000  $m^2$  dostupného priestoru. Najväčší potenciál pre výrobu zelenej elektriny potrebnej pre zelený vodík majú obchodné budovy, výrobné a logistické budovy.



Znehodnotené pôdy, ako sú skládky, suché poldre, by sa vedeli využiť na stredné a veľké fotovoltaické zariadenia, ktoré poskytnú energiu na výrobu zeleného vodíka. Technologické inovácie a inteligentné siete pre obytné budovy umožnia domácnostiam a komunitám stať sa aj výrobcom aj spotrebiteľom energie naraz, čo znamená, že budú vyrábať vodík pre vlastnú spotrebu pomocou FV systému na strechách domov. Pritom netreba zabúdať aj na riešenia, kde bude inkorporovaný aj záchyt a úprava dažďovej vody.

Najväčší potenciál pre nasadenie tzv. technológií „Power to Gas“ majú veľké priemyselné oblasti ako EVO Vojany, U. S. Steel Košice, Chemko Strážske s výhodným napojením na už existujúcu elektrickú a plynovú infraštruktúru. FV ako zdroj energie bude zohrávať hlavnú úlohu v skladbe obnoviteľných zdrojov energie v Košickom kraji.

## Výroba vodíka z vetra

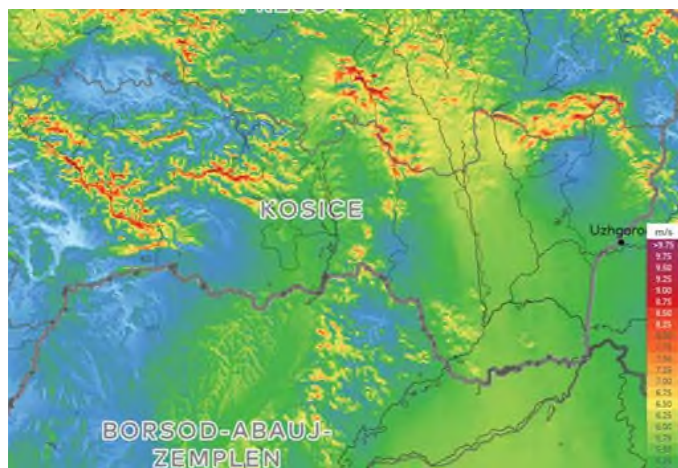
Využitie vetra ako zdroja energie na výrobu zeleného vodíka závisí od konkrétnych poveternostných podmienok. Košické údolie je známe stálym prúdením vetra. Najvhodnejšie veterné oblasti v rámci Košického samosprávneho kraja sa nachádzajú na vrcholoch hôr a kopcov (rýchlosť vetra nad 7 m/s). V súčasnosti sa globálne využívajú turbíny s výkonom od 1 500 do 2 000 kW.

Z hľadiska využiteľnosti na výrobu veternej elektriny je však potrebné zohľadniť všetky chránené územia, najmä chránené vtáčie územia, územia európskeho významu NATURA 2000 a ďalšie prírodné rezervácie. Potenciál Košického kraja je s prihliadnutím na environmentálne obmedzenia značne obmedzený na lokality s priemernou rýchlosťou vetra od 6 do 7 m/s, kde je potrebné podrobné posúdenie výberu technológie na zabezpečenie ekonomickej uskutočniteľnosti výroby zelenej energie.



Ďalším obmedzujúcim faktorom rozmiestnenia veternej turbíny sú obytné oblasti, kde by minimálne vzdialenosti veternej turbíny od obytných oblastí nemali byť menej ako 7-násobok výšky turbíny, t. j. cca. 700 až 1000 metrov.

Pre každú lokalitu je potrebné vypracovať podrobnú analýzu vplyvov na životné prostredie (EIA), vrátane podrobného posúdenia vetra ako efektívneho zdroja energie.



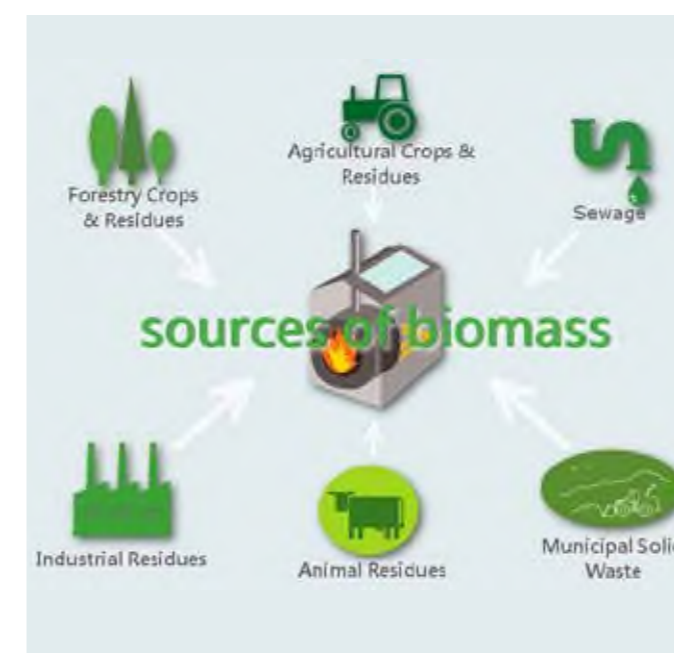
Napriek týmto obmedzeniam predstavuje potenciál Košického kraja 30 - 50 veternej elektrární do roku 2030, čo znamená inštalovaný výkon 120 - 200 MW a so zvýšením technologickej efektívnosti inštalovaný výkon 500 MW do roku 2050.

Najrealizovateľnejším plánom je výstavba malých elektrolyzérů s výkonom 1 MW a „vodíkových veternej turbín“, v ktorých je do turbíny zabudovaný elektrolyzér, ktorý bezprostredne vyrába skôr vodík než energiu.



Samostatné malé turbíny s výkonom menším ako 100 kW sa zvyčajne využívajú pre obytné, poľnohospodárske a malé komerčné a priemyselné aplikácie. Malé turbíny je možné využiť v hybridných energetických systémoch s inými distribuovanými energetickými zdrojmi, akými sú mikrosiete napájané z batérií a fotovoltiky. Tieto systémy sa nazývajú hybridné veternej systémy a zvyčajne sa používajú na vzdialených miestach, kde nie je k dispozícii pripojenie k distribučnej sieti.

## Výroba vodíka z biomasy



Biomasa je organický materiál, ktorý obsahuje zvyšky poľnohospodárskych plodín, zvyšky z lesov, špeciálne plodiny pestované na energetické účely, tuhý organický komunálny odpad a živočíšny odpad. Tieto obnoviteľné zdroje sa môžu využiť na výrobu vodíka splyňovaním spolu s ďalšími vedľajšími produktmi. Splyňovanie biomasy je technologická cesta, ktorá využíva riadený proces zahŕňajúci teplo, paru a kyslík na premenu biomasy na vodík a ďalšie produkty bez spaľovania. Pretože rastúca biomasa odstraňuje oxid uhličitý z atmosféry, čisté emisie uhlíka pri tejto metóde môžu byť nízke, najmä ak sú spojené s technológiou zachytávania, dlhodobého využívania a skladovania.

Je úplne postačujúce, aby sa na prepravu biomasy do energetických centier využívali postupy bez uhlíkovej stopy, akými sú železničné vagóny alebo v budúcnosti vodíkové nákladné vozidlá, smetiarske vozidlá atď. Zmení to zmysľovanie obyvateľov, ktorí sa budú pozeráť na „čisté“ smetiarske autá, pomáhajúce transformovať odpad na čistejšiu energiu, čo by malo pozitívny dopad na celú technológiu.

Vodíkové technológie, napr. palivové články ponúkajú spôsob, ako zmeniť záťaž pre životné prostredie na čistú a obnoviteľnú energiu, vrátane výroby vodíka, ktorý sa potom môže použiť v stacionárnych palivových článkoch alebo na iné účely, napríklad pre sektor dopravy. Medzi priemyselné produkty na báze palivových článkov patria rôzne druhy palivových článkov, ktoré sú schopné odčerpávať rôzne palivá a suroviny, vrátane metánu, čistého vodíka a odpadového plynu zo zdrojov biomasy, inštalácia palivových článkov a zariadení na výrobu vodíka v čistiarňach odpadových vôd, generovanie elektriny a vodíka zo skládky. Namiesto horenia alebo spaľovania metánu je k palivovému článku pripojená čistiaca jednotka. Úpravou sa odstráni nečistota a potom sa metán odosle do palivového článku, kde vyrába čistú energiu, ktorá sa distribuuje do siete.



Kľúčovým faktorom pri využívaní biomasy na výrobu vodíka je vývoj technológií a nákladné zefektívnenie splyňovania biomasy. Pretože sa biomasa ako zdroj energie využíva na výrobu tepla (systém diaľkového a ústredného kúrenia), budú sa nové zdroje energie prevádzkovať ako energetické centrá na spracovanie biomasy rôzneho pôvodu a budú sa kombinovať zdroje tepla, elektriny a vodíka (alebo iného zeleného plynu). Tieto energetické centrá by sa mali budovať a prevádzkovať aj v blízkosti spotrebiteľov tepla, aby sa znížili straty z distribúcie. Vodík ako vedľajší produkt bude vyrovnávacím faktorom a bude sa využívať na skladovanie energie.

Trvalé požiadavky na spracovanie a separáciu komunálneho a priemyselného odpadu (zákaz vyvážania odpadu na skládky, obmedzený potenciál spaľovania odpadu) vyvolávajú potrebu vybudovať niekoľko takýchto „energetických centier na biomasu“ v celom Košickom kraji, najlepšie v blízkosti obcí alebo spotrebiteľov tepla.



## Výroba vodíka z geotermálnych zdrojov

Geotermálna energia poskytuje cenovo dostupnú a čistou metódu výroby elektriny a poskytovania tepelnej energie. V tejto súvislosti sa využitie geotermálnej energie na výrobu vodíka môže ukázať ako efektívna voľba v budúcej vodíkovej infaštruktúre. Geotermálna energia ako jeden z najstarších zdrojov energie v Košickej kotline je pomerne ľahko dostupná a zatiaľ sa nevyužíva. Nachádza sa na viacerých miestach v blízkosti hlavného mesta Košického kraja, mesta Košice, a je považované za jedno z najvýdatnejších geotermálnych ložísk v strednej Európe. Odhadovaný energetický potenciál je okolo 1 200 MWt, pričom 300 MWt sa prakticky využíva priamo. Oblasť Ďurkov aj ďalšie geotermálne oblasti na východnom Slovensku sú nízkotepelné zdroje, preto je potrebné poskytnúť podrobnú analýzu ekonomickej a technickej uskutočniteľnosti.



Po zohľadnení súčasných cien technológií a elektriny na jednej strane a ceny vodíka na druhej strane sa ukazuje, že potenciál je obmedzený. Avšak pri výpočte dlhodobej analýzy cien elektriny a vodíka bude do desiatich rokov možná výroba zelenej elektriny z geotermálnych zdrojov. Časť tejto energie by sa mohla využiť v geotermálnej elektrárni na napájanie elektrolyzérův, ktoré budú vyrábať vodík, a k dispozícii by mohli byť aj vodíkové stanice a zásobníky. V pilotnej demonštračnej fáze by to bolo možné skombinovať s ďalšími európskymi projektmi (vodíkové nákladné vozidlá, autobusy, letiskové obslužné automobily, bicykle atď.).

Vodík vyrobený elektrolyzou (iba elektrinou a vodou) spotrebuje približne 50 kWh elektrickej energie na kilogram vyrobeného H. Geotermálna energia sa na výrobu vodíka v súčasnosti využíva v Dánsku a na Islande. Podľa niektorých zdrojov môžu najnovšie technológie výroby H a jeho skvapalňovania pomocou geotermálnej pary viesť k zníženiu výrobných nákladov o 19 %.

## Dovoz vodíka

Aj keď sa v Košickom kraji budú využívať všetky obnoviteľné zdroje energie, množstvo vodíka potrebné na uspokojenie dopytu po tejto komodite v priemysle, energetike a doprave bude vyššie. Košický kraj má obmedzený potenciál na využitie obnoviteľných zdrojov energie a zároveň veľkí priemyselní spotrebiteľia alebo sektor dopravy budú potrebovať veľké množstvo vodíka pre svoje výrobné procesy, ak sa preň rozhodnú. Oblasť, ktorá má prístup k obnoviteľným zdrojom energie z vetra aj zo Slnka pri znížených nákladoch na energiu (LCOE), akými sú Ukrajina, Rumunsko a Bulharsko, poskytujú vysoké koeficienty účinnosti pre výrobu vodíka elektrolyzou. Ponúkajú tak optimálny potenciál na výrobu obnoviteľného vodíka pri minimálnych nákladoch. Za týchto optimálnych podmienok by mohla byť výroba vodíka dostupná na začiatku roku 2022 s nákladmi okolo 2,50 EUR na kg, ktoré by poklesli na 1,90 EUR na kg v roku 2025 a možno až na 1,20 EUR na kg v roku 2030. Je to hlboko pod priemerom šedého vodíka, a dokonca sa blíži parite s optimálnymi nákladmi na šedý vodík v roku 2030, ak sa zohľadnia náklady na CO<sub>2</sub>, ktoré sú dané rozsahom pri výrobe elektrolyzérův, väčších systémoch a lacnejších obnoviteľných zdrojoch.

Na výrobu vodíka pomocou nízkouhlíkových technológií zo zemného plynu so zachytávaním a uskladnením uhlíka (CCS) existujú dve technologické možnosti: reformácia pár metánu (SMR) a autotermálne reformovanie (ATR). SMR kombinuje zemný plyn a tlakovú paru za vzniku syntézneho plynu, ktorý je zmesou oxidu uhoľnatého a vodíka. Poskytovatelia môžu ľahko zachytiť asi 60 % celkového uhlíka oddelením CO<sub>2</sub> od vodíka; ďalší sa musí extrahovať z výfukových plynov, ktoré sú dnes pomerne drahé a umožňujú až 90 % celkovej rýchlosti zachytávania. ATR kombinuje kyslík a zemný plyn za vzniku syngasu. Tento proces môže ľahko zachytiť až 95 % emisií CO<sub>2</sub>. Technológia ATR sa zvyčajne využíva vo väčších závodoch v porovnaní s technológiou SMR.

Splyňovanie uhlia na Ukrajine produkuje vodík reakciou uhlia s kyslíkom a parou, čo rovnako ako závod ATR umožňuje pomerne ľahký záchyt CO<sub>2</sub>. Avšak zariadenie na splyňovanie uhlia emituje asi štyrikrát viac CO<sub>2</sub> na kg vyrobeného vodíka ako zariadenie ATR, čo zvyšuje množstvo uhlíka, ktoré

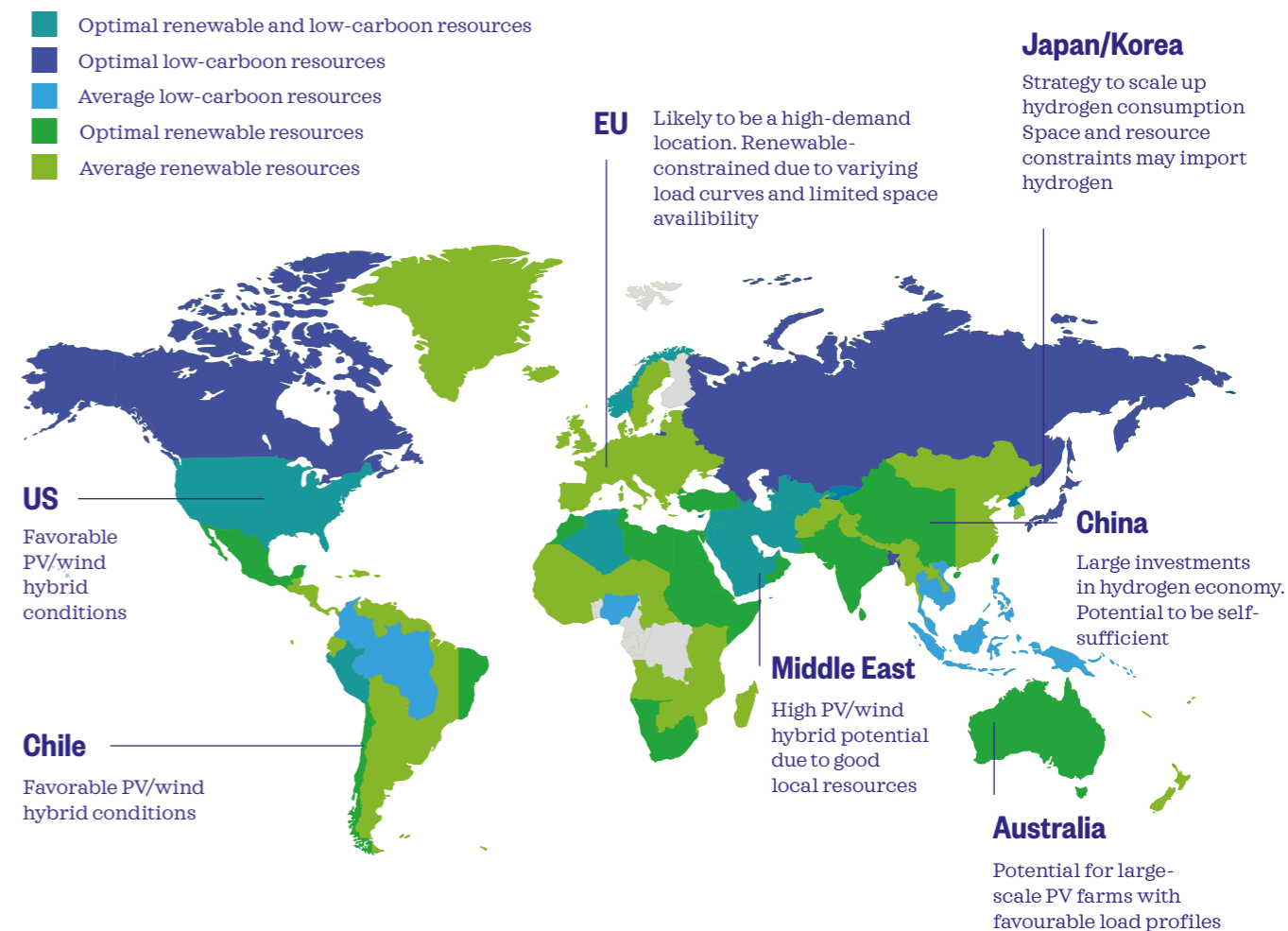
sa musí prepravovať a skladovať. Košický kraj a Slovensko majú obmedzené zdroje na lokálnu výrobu nízkouhlíkového alebo obnoviteľného vodíka. Na druhej strane majú kraje ambiciózne plány stratégie dekarbonizácie, ktoré si budú vyžadovať vodík; ak sú miestne výrobné náklady príliš vysoké alebo nie sú schopné uspokojiť dopyt, môžeme sa stať dovozcami vodíka. Nasledujúci obrázok (Výroba vodíka v regiónoch) ukazuje, kde sa predpokladá, že vodík z reformovania plus CCS ako nízkouhlíková technológia a obnoviteľný vodík z elektrolýzy sa stanú nákladovo konkurencieschopnými.

Šedý vodík, ktorého výroba je dnes najkonkurencieschopnejšou voľbou, by sa mal do roku 2050 úplne ukončiť, aby sa dosiahol cieľ 2. stupňa. Očakáva sa, že časom bude čoraz menej konkurencieschopný, pretože sa zvyšujú náklady na emisie CO<sub>2</sub> a pred rokom 2040 budú úrovne nákladov vyššie ako všetky nízkouhlíkové alternatívy.



## Exhibit 12 | Hydrogen production potential across regions

### Best source of low-carbon hydrogen in different regions



Demand centres, e.g. EU, North-east Asia, are often constrained for resources, and may not be able to self-supply hydrogen. Countries with complementary load profiles of wind and PV can produce renewable hydrogen at very low prices. Regions like China and the US are both demand centres and have favourable RES.

distribúcie vodíka je nosič kvapalného organického vodíka (LOHC), ktorý sa obvykle prepravuje na veľké vzdialenosti vlakmi. S klesajúcou úlohou uhlia v energetike a priemysle v EÚ, ktorá je v súlade s cieľmi dekarbonizácie, bude potrebné prispôsobiť terminál intermodálnej dopravy v Čiernej nad Tisou tak, aby sa zmenila preprava z uhlia na prepravu LOHC.

Vodík ako univerzálny nosič energie zohráva dôležitú úlohu pri spájaní sektorov a môže byť nástrojom na poskytovanie doplnkových služieb. V súčasnosti v Košickom kraji tieto služby poskytuje hlavne EVO Vojany, obrovský potenciál majú spoločnosti U. S. Steel Košice, Chemko a. s., Duslo a. s. a ďalšie veľké podniky, ktoré však musia investovať do inovácií spolu s podporou EÚ. Väčšina týchto zdrojov energie využíva fosílna palivá alebo materiály náročné na uhlík ako primárne zdroje energie. Na dosiahnutie cieľov dekarbonizácie do roku 2030 a nulového uhlíkového hospodárstva do roku 2050 by bolo využívanie vodíka pri poskytovaní doplnkových služieb pre distribučnú sústavu a požadované množstvo energie na bezemisnú dopravu jednou z niekoľkých alternatív. [Hegeduš]

Na území Košického kraja by bolo vhodné, aby zelené aktivity začali aj významné spoločnosti pôsobiace

v oblasti výroby plynu a elektriny, a to SPP distribúcia a. s., Nafta a. s., Slovenské elektrárne a. s., ktoré by sa mali aktívne podieľať na transformačnom procese. V správe Slovenských elektrární a. s. sa nachádza uhoľná elektráreň Vojany, jeden z uhlíkovo najnáročnejších výrobcov elektriny v kraji. Víziou všetkých zainteresovaných by mala byť transformácia tejto elektrárne na výrobu zeleného vodíka a následné uskladnenie v zásobníkoch (napr. Nafta a. s.) a distribúcia potrubiami (SPP-D a. s.) v blízkosti elektrárne. Za týmto účelom je však potrebné najskôr posúdiť všetky okolnosti, vypracovať víziu a stratégiu, ako aj vyhodnotiť prekážky a riziká tejto transformácie. Z tohto dôvodu je potrebné, aby aj Košický samosprávny kraj vstúpil do tohto partnerstva, ako je to pri takýchto projektoch v Holandsku, Nemecku, Francúzsku.





# Distribúcia a uskladnenie



Vzhľadom na to, že atóm vodíka je najmenším atómom v periodickej sústave prvkov a vo forme plynu tvorí molekulu, má tendenciu unikať a môže poškodzovať niektoré kovové časti systémov, akými sú potrubia, ventily atď.. V tekutej forme predstavuje problém s bezpečnosťou v dôsledku vznikajúcej nízkej teploty, pričom je vždy dosť chladný na to, aby zamrzol vzduch, a na súčiastkach sa často vytvára ľad, ktorý môže neskôr spôsobiť koróziu. Rozhodnutie v strategickom pláne už bolo prijaté, je však potrebné dbať na výber materiálov, aby sa zabezpečila kompatibilita s vodíkom. Jednou z najslubnejších ciest prispievajúcich k rozvoju vodíka je elektrochemické skladovanie z obnoviteľnej energie.

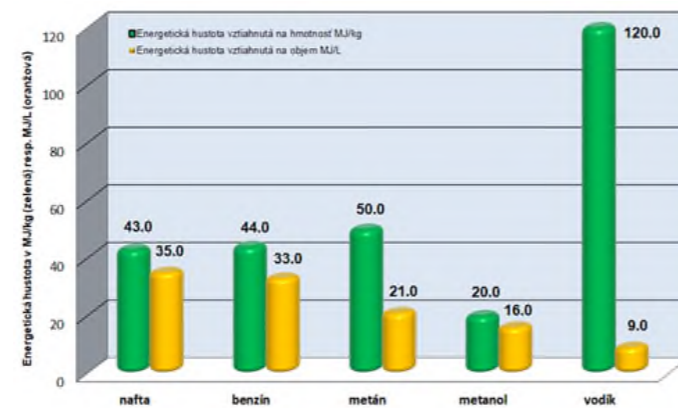
Vodíkové technológie sú sľubnou alternatívou pri prechode na čistú energiu, vodík je atraktívnym palivom pre ťažké vozidlá, nákladné automobily, autobusy, vlaky, roboty, drony atď. poháňané palivovými článkami, ale preprava a skladovanie vodíka je stále náročná.

Aj keď pre mnoho materiálov vo vysokotlakových vodíkových aplikáciách už existuje databáza materiálov, nie všetky prípady obsahujú komplexné údaje z výrobného procesu, akými sú mikroštruktúra, parametre zvarovania, tepelné spracovanie na jednej strane a na druhej strane úplne chýbajú dlhodobé skúsenosti s degradáciou a únavovou životnosťou, hlavne pre nové pokročilé materiály.

Z tohto nedostatku skúseností a novodobých pretekov pri vývoji lacnejších nových materiálov je potrebná intenzívna pomoc viacerých univerzít (TUKE, UPJŠ, STU atď.), výskumných ústavov Slovenskej akadémie vied, to všetko v úzkej spolupráci s priemyselnými partnermi.

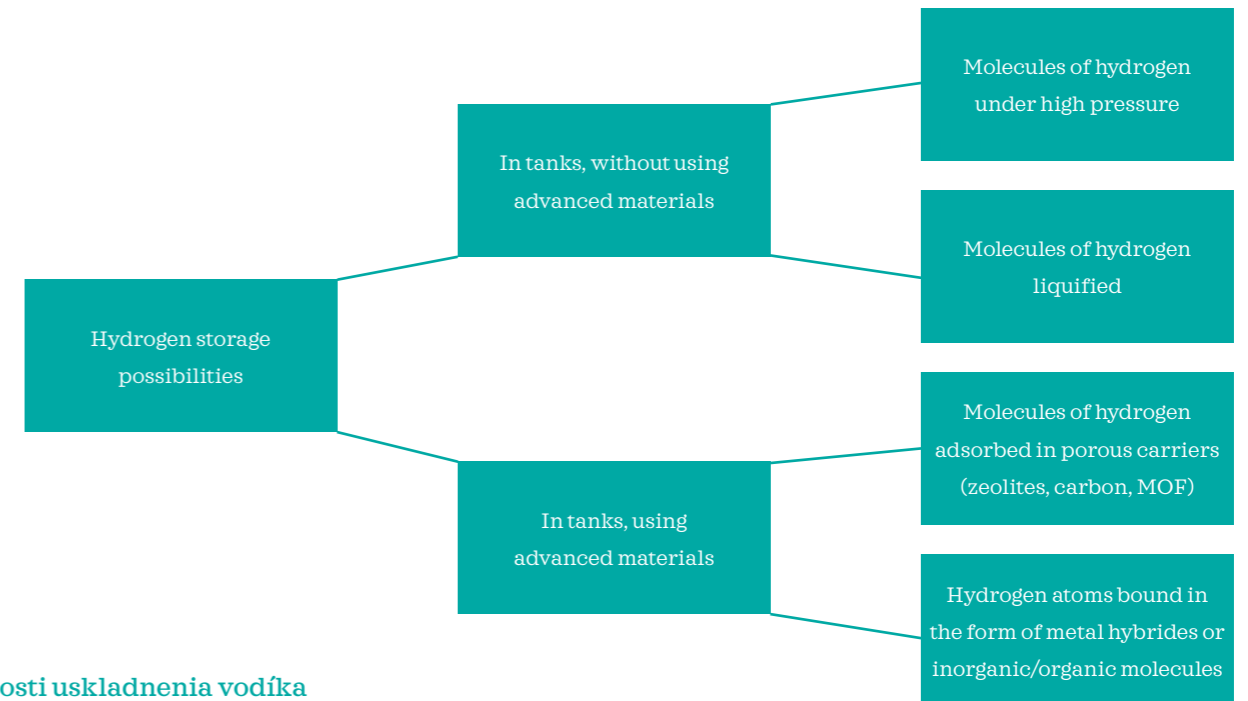
## Skladovanie vodíka

Vodík ako najľahšia existujúca molekula má veľmi nízku hustotu. 1 kg plynného vodíka zaberá približne 11 m<sup>3</sup> pri normálnej izbovej teplote a atmosférickom tlaku. Zaberá teda veľký objem pri veľmi nízkej hmotnosti. Z energetického hľadiska je využitie vodíka účinné iba vtedy, ak je jeho skladovacia kapacita vysoká. Obrázok (Hustota energie vs. hmotnosť) vysvetľuje tento jav. Porovnáva, koľko energie môžeme získať z konvenčných palív (benzín, nafta atď.) a ich porovnanie s vodíkom. Je zrejmé, že ak vezmeme 1 liter týchto palív (oranžové stĺpce v grafe), použitie vodíka nie je zaujímavé, pretože tým dostaneme menej energie na ten istý objem.



Energetická hustota v MJ/kg

Zvyšovanie tlaku vedie k väčšiemu množstvu uloženého plynu, a tým sa dosahuje aj vyššia hustota energie. Hustota vodíka pri atmosférickom tlaku (1 bar) pri 20° C je približne 0,084 kg.m<sup>-3</sup>. Keď sa pri rovnakej teplote zvýši tlak na 100 bar, hustota stúpane na 7,8 kg.m<sup>-3</sup>, pri 300 baroch je to už 20 kg.m<sup>-3</sup> a napríklad pri tlaku 700 bar takmer 40 kg.m<sup>-3</sup>.



### Možnosti uskladnenia vodíka

Situácia sa úplne zmení, keď vezmeme do úvahy hmotnosť. Z 1 kg vodíka získame podstatne viac energie ako z iných zdrojov (zelené pruhy v grafe). Pri vývoji materiálov a technológií na uskladnenie vodíka je preto potrebné pozeráť sa najmä na to, koľko vodíka je možné skladovať.

V súčasnosti existuje niekoľko koncepcií uchovávaní vodíka. Niektoré sa používajú už niekoľko desaťročí, iné sú v pilotnej fáze a iné existujú iba v laboratórnom meradle. Grafické rozdelenie rôznych prístupov k uskladneniu vodíka je znázornené na obrázku (Možnosti uskladnenia vodíka).

Žiadna z týchto metód nemusí byť univerzálna a nemusí uspokojiť všetky potreby budúcej ekonomiky založenej na vodíku. V tejto oblasti je potrebných viac výskumných a vývojových aktivít, pričom hlavnou výzvou je v súčasnosti schopnosť skladovať vodík bezpečne, ekonomicky, ekologicky a v dostatočnom množstve.

Uskladnenie vodíka ako stlačeného plynu je najjednoduchšou, najprirodzenejšou a najhospodárnejšou možnosťou. Ide o stlačenie vodíka do tlakových nádob pomocou kompresorov.

Je to v podstate analógia s tým, ako sa dnes vodík bežne distribuuje pomocou valcov. V bežných, komerčne dostupných nádržiach je tlak plynu zvyčajne 100 alebo 200 bar (100 alebo 200-krát vyšší ako normálny atmosférický tlak), ale v prípade vodíka môžu byť tlakové fľaše natlakované až do 300 bar (30 000 kPa).





Medzitým sa táto metóda uskladnenia vodíka pri vysokých tlakoch používa aj pri preprave v autách na vodíkový pohon. Príkladom môžu byť automobily využívajúce palivové články. Tieto palivové články sú poháňané vodíkom uskladneným v nádržiach pri vysokom tlaku až 70 MPa (700 bar), čo v závislosti od použitého objemu nádrží predstavuje približne 5 - 6 kg vodíka. Na zaistenie vysokej hustoty energie a následne dojazdu automobilov je potrebný vysoký tlak. Pri tlaku 700 bar sa dojazd automobilov s palivovými článkami pohybuje okolo 600 km. Komerčné príklady takýchto automobilov pochádzajú hlavne z Ázie, napríklad Honda Clarity, Hyundai NEXO, Toyota Mirai, ale aj európske automobilky ako BMW, Mercedes atď. pracujú na vývoji a trhovej realizovateľnosti.

V prípade rozsiahleho uskladnenia vodíka sa v súčasnosti skúma možnosť podzemného skladovania v podzemných dutinách (obdobne ako skladovanie zemného plynu v podzemí, v geologických útvaroch). Tento spôsob skladovania, aj keď je výhodný, sa viaže na konkrétne podmienky, zvyčajne na solné jaskyne, ktoré sa nachádzajú iba na niektorých miestach na planéte.

Okrem zváženia bezpečného a dlhodobého skladovania veľkého množstva vodíka ako nositeľa energie boli

zamýšľané aj nové poznatky o generovaní „zeleného“ syntetického metánu technológiou Power-to-Gas, pretože niektoré baktérie môžu produkovať metán metabolickými procesmi z vodíka a oxidu uhličitého. Ale túto myšlienku vo veľkom rozsahu je potrebné najskôr ekonomicky dokázať na malých pilotných



projektoch. Kvapalný vodík sa vo veľkej miere využíva v kozmickom priemysle na raketový pohon, kde existuje preprava nákladnými vozidlami na miesto s minimálnymi stratami a je dobre zavedená. V prípade kvapalného vodíka je potrebné zohľadniť straty pri manipulácii (prečerpávaní) a prirodzenom odparovaní. Napríklad v prípade raketoplánov používaných NASA boli straty až 45%.



Moderné nádrže na kvapalný vodík s dvojitém plášťom majú rýchlosť odparovania menej ako 0,1% za deň. V takýchto nádržiach je možné uskladniť niekoľko stoviek ton tekutého vodíka. Možno nebude racionálne predpokladať použitie kvapalného vodíka v automobiloch alebo nákladnej doprave, ale napriek spotrebe energie je skvapalnený vodík vhodnou formou na jeho prepravu na miesto použitia, napríklad do čerpacích staníc.

Adsorpcia vodíka v poréznych nosičoch je založená na slabých intermolekulárnych interakciách (takzvaných van der Waalsových silách) medzi molekulárnym vodíkom a poréznym materiálom s veľkým špecifickým povrchom. Kľúčom je veľmi vysoký špecifický povrch. Moderné porézne materiály môžu mať povrch niekoľko tisíc m<sup>2</sup> na gram nosiča. Fenomén adsorpcie teda vedie k „pripojeniu“ molekúl vodíka k povrchu a v póroch pórovitého materiálu. Týmto spôsobom sa dá vodík skladovať veľmi efektívne a s vysokou hustotou. Množstvo molekúl vodíka v poréznom materiáli môže byť vyššie pri vysokom tlaku. Názorný príklad použitia pórovitých materiálov na skladovanie vodíka je na obrázku (Porézne materiály na skladovanie vodíka). Ak je nádoba naplnená pórovitým materiálom, je možné do nádoby vstreknúť niekoľkonásobne viac plynu v porovnaní so vstreknutím pri rovnakom tlaku ako prázdnej nádoby.



### Modelové znázornenie molekúl vodíka v rôznych podmienkach:

- Molekuly vodíka v uzavretej nádobe pri normálnej izbovej teplote a atmosférickom tlaku
- Molekuly vodíka stlačené v tlakovej nádobe pri vysokom tlaku
- Molekuly vodíka v tekutom stave
- Atómy
- Molekuly vodíka adsorbované v poréznom materiáli

Ďalšou kategóriou materiálov, ktoré sú predmetom aplikovaného výskumu na uskladnenie vodíka, sú hydridy (kovové aj nekovové). V týchto látkach je vodík integrovaný priamo do štruktúry tuhých látok a vytvára silnú väzbovú interakciu s touhou látkou vo forme chemickej sorpcie. Pri príprave hydridov sa teda molekula vodíka štiepi na atómy a tieto atómy sa následne viažu chemickou (iónovou) väzbou na atóm kovu (napr.  $MgH_2$ ) alebo sú prítomné v intersticiálnych polohách vo vnútri intermetallickej hydridovej štruktúry.

## Kovové hydridy

Vhodnú chémiu na uskladnenie vodíka spĺňa  $MgH_2$  a  $AlH_3$ , ktoré sú ľahké a obsahujú zaujímavé gravimetrické množstvá vodíka, ktoré sa dajú takto uchovať. Majú dosť odlišné vlastnosti. Zlúčenina  $MgH_2$  (schopná ukladať 8 hmotn. %  $H_2$ ) je schopná reverzibilnej desorpcie/sorpcie vodíka. Má to však nevýhodu, že na uvoľnenie vodíka je potrebná pomerne vysoká energia (asi  $75 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ), a teda sa vodík uvoľňuje zo

zlúčeniny pri teplotách asi  $300^\circ\text{C}$ . Adsorpcia vodíka v intermetalických hydridoch bola objavená okolo roku 1960 a prvé aplikácie sa začali využívať na uskladnenie vodíka asi o 10 rokov neskôr. Intermetalické hydridy sa už komerčne využívajú na výrobu elektriny (batérie NiMH) a na pohon pohonov banáských vozidiel alebo v moderných ponorkách.

Hmotnosť vodíka uloženého (gravimetrická kapacita) v intermetalických hydridoch je relatívne nízka, zvyčajne menej ako 2% hmotnostných. Objemové kapacity sú porovnateľné s inými materiálmi a pre niektoré materiály môžu dosiahnuť až  $65 \text{ kg.m}^{-3}$ . Napríklad teplota desorpcie pri atmosférickom tlaku je asi  $12^\circ\text{C}$  pre zliatinu  $LaNi_5H_{6.5}$  (1,49 % hmotn. % kapacity H) a  $30^\circ\text{C}$  pre zliatinu  $ZrNiH_3$  (1,49 % hmotn.%). Nevýhodou intermetalických hydridov je zatiaľ ich vysoká cena.

Poslednou skupinou sú bežné chemické zlúčeniny, chemické hydridy, akými sú metanol, amoniak, kyselina mravčia alebo rôzne kvapalné uhľovodíky.



Zistili sme, že z hľadiska uskladnenia vodíka v rámci Košického samosprávneho kraja má potenciál napr., spoločnosť Zeocem Bystré, a. s., ktorá sa zaoberá ťažbou a spracovaním zeolitových minerálov ako jedného z kandidátov na efektívne uskladnenie vodíka. Zeolity, ktoré za normálnych okolností neabsorbujú značné množstvo vodíka, s malou prísadou Pd alebo iónovou výmenou vykazujú lepšie vlastnosti pri adsorpcii vodíka. Zeolity s výmenou iónov Mg majú vysokú adsorpčnú kapacitu pre vodík, až 6,2 hmotn.%, čo sa vysvetľuje jeho zapuzdrením v póroch zeolitu.

[Zeleňák]

## Preprava vodíka

V porovnaní s prepravou zemného plynu je preprava vodíka potrubím komplikovanejšia a nákladnejšia z dôvodu vyššej energie potrebnej na vtlačenie vodíka do potrubia a jeho nízkej objemovej hustoty energie. To si vyžaduje vyššie prietoky plynu. Ale...

Odhaduje sa, že na prepravu vodíka potrubím je potrebných asi 4,6-krát viac energie ako na prepravu zemného plynu. Okrem toho dochádza počas prepravy k značným stratám energie, približne 10% na každých 1 000 km. Holandsko v súčasnosti skúma najrobustnejší a najlacnejší spôsob prenosu elektriny cez molekuly vodíka k veľkým používateľom. Nakoniec sa to zdá byť lacnejšie ako preprava elektriny cez káblové rozvody. TNO už testuje existujúcu infraštruktúru pobrežných a severomorských plynovodov na prepravu 100% vodíka. [9]

Okrem potrubia sa môže vodík prepravovať aj v tlakových nádobách s tlakmi do 350 bar alebo alternatívne vyšším tlakom. V prípade masívneho zavedenia vodíkových technológií s predpokladanou vyššou spotrebou vodíka by však takáto distribúcia bola neekonomická. Preto je potrebné zvládnuť všetky vedomosti a spojiť sily, aby bola potenciálna distribúcia pomocou potrubnej infraštruktúry bezpečná. Toto je momentálne predmetom testovania FMRR TUKE a SPP-Distribúcie.

Alternatívou môže byť transport kvapalného vodíka. Aj keď je skvapalnenie proces, ktorý je časovo a energeticky náročný a prebieha pri teplote  $-253^{\circ}\text{C}$ , výhodou kvapalného vodíka je vysoká hustota energie a vysoký pomer energie k hmotnosti, ktorý je trikrát vyšší ako v prípade benzínu. Iba jadrové palivo má vyššiu hustotu energie.

Kvapalný vodík sa ťažko odparuje, ale v súčasnosti sa vyvíjajú veľkokapacitné vákuovo izolované viacvrstvé nádrže pre nákladné automobily, vagóny alebo lode, ktoré majú minimálny odpar.

Cestná preprava kvapalného vodíka sa v súčasnosti vykonáva v cisternách, ktoré môžu mať objem viac ako 60 000 litrov.

Alternatívou v blízkej budúcnosti bude preprava vodíka viazaného v zlúčeninách, napríklad molekulárnych hydridoch uvedených vyššie a v kapitole Výskum a inovácie.

## Aké je riešenie pre Košický kraj?

Pravdepodobnou perspektívou vo vývoji vodíkových technológií je, že výroba vodíka musí byť decentralizovaná a potenciál prírodných zdrojov energie sa musí plne využívať na regionálnej úrovni, ako napríklad budovanie elektrolyzérův v tesnej blízkosti jazier, geotermálne elektrárne na výrobu energie na elektrolyzu atď. Napríklad sa predpokladá, že čerpacie stanice vodíka, ktoré sa majú použiť na prepravu (vozový park autobusov, nákladných automobilov, smetiarskych vozidiel, kvadroptér, bicyklov, policajných vozidiel atď.) budú mať integrovanú aj vyššie uvedenú výrobu vodíka, či už elektrolyzou vody, alebo parným reformovaním minimalizujúcim fyzickú prepravu vodíka v nádržiach. Ďalším riešením je v budúcnosti využiť existujúcu infraštruktúru na prepravu plynu a tzv. mikrogrid siete v domácnostiach, ktoré fungujú autonómne.



Praktické riešenia je možné dosiahnuť v spolupráci univerzít TUKE, UPJŠ, Slovenskej akadémie vied, kde všetci partneri využívajú najnovšiu high-tech infraštruktúru v konzorciu, akým je Centrum Promatech (Centrum progresívnych materiálov a technológií) a vlastníkov plynárenskej distribučnej infraštruktúry SPP Distribúcia, a. s. alebo aj výrobcov nákladných vagónov ako Tatravagónka a. s.. Je potrebný ďalší výskum a vývoj v tejto oblasti, ktorý by pomohol rýchlejšej a bezpečnej implementácii vodíkových technológií s vysokou pridanou hodnotou pre kraj.

## Spoludistribúcia vodíka v plynárenskej infraštruktúre

Niekoľko testov vykonaných v západných krajinách EÚ preukázalo potenciál zmesi s obsahom až 20 % obj.  $\text{H}_2$  pri distribúcii zemného plynu. Hlavnými obmedzeniami pre vyšší obsah vodíka sú

koncové spotrebiče a bezpečnostné charakteristiky zmesi dvoch plynov (metán a vodík), ktoré sa môžu líšiť od jednotlivých charakteristík týchto dvoch plynov. Ďalším obmedzením sú oceľové potrubia, kde môže dôjsť k vodíkovému krehnutiu v samotnom materiáli a vo zvaroch.

Vďaka malej molekule  $\text{H}_2$  môže dôjsť aj k vyššej miere úniku z potrubí, zvarov, armatúr a tvaroviek. Na druhej strane sa plastové potrubia (väčšina miestnych sietí v mestách) považujú za schopné prepravovať 100% vodík (a teda každú zmes s metánom), čo zvyšuje zreálnosť možnosti budúcej prepravy obnoviteľných plynov.

Malo by však existovať komplexné testovanie a demonštrácia na skutočnej infraštruktúre, ktoré by sa mali vykonať najskôr na overenie výsledkov zahraničných skúseností a na druhej strane na zvýšenie povedomia verejnosti a všeobecného prijatia budúcich používateľov bezpečnej, čistej a udržateľnej energie.

H

Vodíková  
stratégia

Oceliarsky  
priemysel





## Zelená oceľ

Na trhu už existujú technológie, ktoré využívajú vodík na čistú výrobu kovov, najčastejšie v súvislosti s výrobou ocele. Postupne sa vyvíjajú a zdokonaľujú procesy založené na MIDREX a HYL, ktoré využívajú redukčné plyny založené na  $H_2$  a  $CO_2$  vyrobené reformingom zemného plynu. Cieľom nových technológií v dnešnej dobe je zvýšiť podiel vodíka (asi 60 - 70%) v redukčnom plyne pri syntéze až po použitie čistého vodíka (99,9%) v redukčnom procese železných rúd a peliet.



Oceľ vyrobená staromódnym tradičným spôsobom je založená na prevádzke vysokých pecí (BF) a primárnych pecí s kyslíkovým konvertorom (BOF), ktoré emitujú okolo 1,8 tony  $CO_2$  na tonu ocele v porovnaní so spôsobom výroby surového železa založenom na prevádzke pecí s elektrickým oblúkom (EAF) emitujúcich 0,3 tony  $CO_2$  na tonu ocele. Ďalšou možnosťou je použiť techniku priameho redukovaného železa (DRI) s emisiou asi 0,6 tony  $CO_2$  na tonu ocele. Ale vzhľadom na obmedzenú dostupnosť a množstvo vhodného šrotu a tiež na niektoré známe problémy s nahradzovaním koksu biomasou sa vývoj technológií na ukládanie uhlíka (CCS) stáva veľmi aktuálnym a v súčasnosti je predmetom intenzívneho vývoja.

Jedným z elegantných riešení na zachytávanie uhlíka je bioreaktor na riasy, ktorý absorbuje  $CO_2$  400x účinnejšie ako stromy. Prostredníctvom procesu fotosyntézy nasáva vodná rastlina riasy  $CO_2$ , vodu a slnečné svetlo na výrobu energie. Prírodné, tieto druhy rastlín využívajú túto energiu na množenie a neskoršiu premenu na inú formu energie. Vedci experimentujú so spôsobmi, ako zachytiť  $CO_2$  a premeniť ho namiesto toho na biopalivo.



Je zrejme, že oceliarsky priemysel čelí dramatickej transformácii z energetického a klimatického pohľadu a jediným spôsobom je výskum praktických spôsobov znižovania emisií  $CO_2$  dostupnými obnoviteľnými zdrojmi energie. Jeden z príkladov sa momentálne realizuje v rámci projektu H2Future v oceliarni v Linzi v rakúskom Voestalpine. Tu bola nainštalovaná a sprevádzkovaná protónovo-výmenná membrána (PEM), rozsiahly 6M PEM elektrolyzér. V tomto projekte globálni priemyselní partneri úzko spolupracujú s univerzitnými výskumnými centrami a študujú opakovateľnosť experimentálnych výsledkov vo veľkom meradle v modeli EÚ 28.

## Aké je riešenie pre Košický kraj?

Z pohľadu Košického samosprávneho kraja pri naplnení ambiciózneho klimatického plánu je rozhodujúce, že aj globálna oceliarska spoločnosť U. S. Steel pôjde do popredia s ambicióznym plánom implementácie masívnych inovácií, čiastočne vo výrobe ocele, ktorá je veľmi nákladná a má vyššie investičné riziko, aj v oblasti energetickej bilancie, využívania obnoviteľných zdrojov, uskladnenia v batériách a výmeny uhlíkových zdrojov. V každom prípade je potrebné brať do úvahy dostatočný vodný zdroj pre veľkokapacitný elektrolyzér (až 2000 m<sup>3</sup> za hod), príp. uplatňovať účinné procesy zachytávania uhlíka. Oceliarsky priemysel vynakladá enormné finančné čiastky na emisie  $CO_2$  a vodíkové technológie sú pre nich aj pre univerzitných partnerov výzvou, ako spoľahlivo zlepšiť kvalitu života občanov v Košickom kraji prostredníctvom implementácie inovatívnych projektov zo zdrojov EÚ.

Jedným z existujúcich riešení je použitie elektrolyzéro, ako napr. špeciálny pre oceliarske spoločnosti s výkonom až 1,2 MW (fy. Salzgitter). Demonštračné projekty a pilotné štúdiá na výrobu ocele bez fosílnych palív sa uskutočnili v oceliarskych spoločnostiach s vysokou inovatívnou schopnosťou, napr. vo Švédsku (projekt HYBRIT) a vo vyššie spomenutom projekte v Rakúsku (H2Future). Hlavným cieľom je nahradiť koksovateľné uhlie, ktoré je tradične potrebné na výrobu ocele na báze rudy, vodíkom.



Vývoj týchto technológií však závisí od ich ekonomických požiadaviek, ako aj od inovačnej stratégie spoločností. Z hľadiska týchto technológií je ideálne vyrábať vodík v mieste spotreby alebo sa doprava zabezpečí plynárenskou infraštruktúrou, príp. ak bude aj možnosť uskladnenia miestne dostupná a štandardná.

Na základe informácií v nasledujúcej kapitole Jadrový a chemický priemysel je ďalším príkladom využitia energie z jadrovej elektrárne na výrobu vodíka a následné využitie vodíka na priamu redukciu železných rúd. Tento režim už funguje v rýchlo sa rozvíjajúcich krajinách, akými sú India a Čína.

Inovatívny proces sa nazýva proces „sírajód“ a v blízkej budúcnosti sa bude uvažovať o jeho ekologickej výrobe v oceliarskom priemysle s cieľom znížiť množstvo rudy.

## Digitalizácia a ďalšia generácia hybridných inžinierov v oceliarstve

Každá nová masívne komercializovaná technológia musí byť bezpečná. Vidíme, že aj najnovšie IT technológie ako rozšírená (AR) a virtuálna realita (VR), umelá inteligencia (AI), resp. strojové učenie zlepšujú tréningový proces nových hybridných inžinierov.

Veľmi dôležité je školenie v témach, akými sú simulácie procesov, predpovedanie efektívnosti procesov a otázky bezpečnosti týkajúce sa aplikácií vodíkových technológií. V spolupráci s jednou začínajúcou spoločnosťou v Univerzitnom vedeckom parku na TUKE plánujeme pripraviť školiaci kurz pre študentov, operátorov a nových vodíkových inžinierov s využitím modelovej situácie založenej na virtuálnej realite. Poskytne lepšie povedomie o situácii priamo na virtuálnych staveniskách počas simulovaných nehôd časti systému, potenciálneho zlyhania komponentov a realizácie servisnej činnosti atď. Výhodou je, že sa môžu pridať opisné textové a vizuálne informácie pre účastníkov prostredníctvom inteligentných okuliarov alebo náhlavných súprav na zvýšenie ich schopnosti vykonávať činnosti.

Ďalším spôsobom, ako prilákať a efektívne vzdelávať mladú generáciu, je použitie humanoidného robota AI vybaveného terabajtmi informácií o vodíkových technológiách, teórii, aplikáciách, manuáloch, legislatíve atď.

Tento prístup sa použije v procese výučby na rôznych stupňoch škôl, od základných škôl, gymnázií, univerzít, ale aj na odborných fórach, vedeckých podujatiach, akými sú workshopy a konferencie, na interakciu s účastníkmi a zhromažďovanie a zodpovedanie otázok, vypísanie dotazníka s okamžitou analýzou výsledkov atď.

Digitalizácia využívaním umelej inteligencie, strojového učenia, rozšírenej a virtuálnej reality na školenie má v oceliarskom priemysle s využitím vodíkových technológií osobitný význam a môže prilákať mladú generáciu budúcich inžinierov do novej nízkouhlíkovej éry. Potenciál je však obrovský pri aplikácii vodíkových technológií aj v iných priemyselných odvetviach.

[Halama, Nováková]



H

Vodíková  
stratégia

Jadrová  
energetika  
a chemický  
priemysel



## Jadrová energetika a chemický priemysel

Mnoho prebiehajúcich projektov v celej Európe bolo zameraných na demonštráciu možností výroby a aplikácií vodíka. Na týchto projektoch je zaujímavé to, že dokazujú, že vodíková ekonomika vyrobená z obnoviteľných zdrojov energie je uskutočniteľná, a preto budúcnosť vodíkovej ekonomiky spočíva v znižovaní nákladov na tieto technológie. Mnoho aplikácií už funguje a stále sa vylepšujú. V súčasnosti sa vodík používa predovšetkým v chemickom priemysle na výrobu amoniaku, metylalkoholu (CH<sub>3</sub>OH), kyseliny dusičnej (HNO<sub>3</sub>), chlorovodíka (HCl) a v petrochemickom priemysle na rafináciu oleja.

V súčasnosti sa až 93% vodíka na svete termochemicky vyrába z fosílnych palív (hlavne zemného plynu a uhlia), ktoré obsahujú uhľovodíky. Približne 3% vodíka sa vyrábajú z biomasy a odpadových plynov. Elektrolýza vody v súčasnosti produkuje asi 4% vodíka (2020). Očakáva sa, že pri termochemických procesoch sa parné reformovanie najčastejšie bude využívať na výrobu vodíka, ktorý spočíva v štiepení (reformovaní) uhľovodíkov z palív vodnou parou, kyslíkom a vzduchom.



## Produkcia vodíka

Amoniak by v prípade potreby mohol slúžiť ako chemikálie na skladovanie energie pre zelenú elektrinu. Môže sa rozdeliť na H<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> a premeniť sa späť na energiu v palivových článkoch. Ak sa však výroba vyrába zo zdrojov obsahujúcich uhlík, musia sa implementovať aj technológie na zachytávanie uhlíka. Vedci v súčasnosti skúmajú takýto pilotný závod v Nemecku (Univerzita v Duisburg-Essene v spolupráci so spoločnosťou ZBT).



93% fosílna palivá  
4% elektrolýza vody  
3% biomasa a odpadový plyn



Potenciál využitia vodíka a vodíkových technológií existuje v spoločnosti Chemko, a.s., Strážske ako dcérska spoločnosť vo vlastníctve Duslo Šaľa, a.s. Je načrtnutý budúci potenciál obnovy ekologickej chemickej výroby v Strážskom, kde vodík, jeho výroba, skladovanie a využívanie, by mohli mať významné miesto.

Ďalší potenciál je možné oživiť v spoločnosti U. S. Steel Košice s. r. o. použitím šedého vodíka v procese reformovania na výrobu hnojív pre poľnohospodárstvo (pozri tiež kapitolu Hutníctvo). Takže malá chemická spoločnosť v areáli globálneho výrobcu ocele je efektívnym spôsobom, ako pridať odpadu ďalšiu hodnotu v podobe nového produktu pre ďalšie odvetvie a vytvárať nové pracovné miesta.

V Európe sa začali prvé projekty „Energia na amoniak“, a hoci sa neočakáva, že sa amoniak použije v tejto fáze vývoja projektu, jeho premena na vodíkové palivo predstavuje medzistupeň, ktorý ukazuje, že vodík je možné vyrábať pomocou zemného plynu. Neskôr do roku 2030 by bolo možné vyrábať ho pomocou udržateľne vyrobeného amoniaku. Amoniak môže efektívne slúžiť ako pamäťové médium na vodík, ako super batéria, ktorá vytvorila zo slovenských spoločností DUSLO a. s. a CHEMKO a. s. veľmi atraktívnych obchodných partnerov pre popredné európske spoločnosti v oblasti vodíkovej ekonomiky.

Na základe predpovedí svetových profesionálnych vodíkových aliancií a združení bude vďaka použitiu jadrovej energie výroba vodíka v budúcnosti lacnejšia a dostupnejšia. Aj keď sa jadrová energia využíva už celé desaťročia, neustále sa vyvíjajú novšie a bezpečnejšie jadrové reaktory. Reaktory 4. generácie, ktorých súčasťou je aj tóriový reaktor, sa v súčasnosti vyvíjajú na celom svete.

V takom prípade by tekuté tórium nahradilo stuhnutý urán používaný v súčasných elektrárňach. Takáto revolučná zmena by znamenala, že tavenie reaktorov by bolo prakticky nemožné. Tieto typy reaktorov majú dve hlavné bezpečnostné výhody. Ich skvapalnené palivo je pod oveľa menším tlakom ako tuhé palivo. To výrazne znižuje pravdepodobnosť nehody, napríklad výbuchu vodíka.

V prípade výpadku prúdu sa zmrazená soľ v reaktore topí a skvapalnené palivo sa odvádza do nádrží, kde tuhne, a štiepna reakcia sa zastaví.



Okrem bezpečnosti poskytuje tórium ďalšie strategické výhody. Potreba obrovských chladiacich veží sa drasticky zníži, takže elektrárne by boli čo do veľkosti a výrobných kapacít oveľa menšie. Na základe tejto predikcie možno v budúcnosti uvažovať o výstavbe menších miestnych jadrových blokov [Legemza].

Termochemickú výrobu vodíka je možné efektívne dosiahnuť dvoma procesmi: tepelným rozkladom vody v jadre jadrového reaktora a termochemickým rozkladom (napr.  $H_2SO_4$ ) pomocou slnečnej energie alebo tepla z jadrového reaktora. Výroba vodíka jadrovou energiou je na svete najrozšírenejšia v krajinách, ktoré majú silný jadrový program - Japonsko, Francúzsko, Nemecko, Čína, USA, Južná Kórea a India. Tieto krajiny využívajú uránové reaktory 3. generácie nielen na výrobu tepla a elektriny, ale aj na výrobu vodíka. [Legemza]



Perspektívne technológie na výrobu vodíka využívajú proces S-I „Síra-jód“ (Japonsko, Francúzsko, Južná Kórea), cyklus HyS „Hybridná síra“ (USA, Čína) alebo vysokoteplotná parná elektrolyza MHR-HTSE (Japonsko, Južná Kórea). V súčasnosti sa vyvíjajú aj termochemické cykly založené na Cu-Cl „hybridoch med'-chlór“ (Nemecko, USA), Fe-Cl „železo-chlór“ (India, Čína) a reformácii metánu pomocou pary HTGR (Francúzsko, Nemecko). Na všetky tieto procesy je možné použiť jadrový reaktor, ktorý je účinný aj pri menších výrobných objemoch. V Japonsku (proces HTTR) bola vyvinutá nová koncepcia parného reformátora ohrievaného plynným héliom z jadrového reaktora, aby sa dosiahla vysoká účinnosť výroby vodíka a konkurencieschopnosť vo výrobe vodíka pomocou fosílnych palív.

Systém HTTR bol navrhnutý tak, aby poskytoval približne 4 200 Nm<sup>3</sup>/h výroby vodíka pomocou katalyzátora na báze Ni s využitím 10 MW tepelnej energie.



Plynom chladený systém rýchleho reaktora (GFR)



Olovom chladený rýchly reaktor (LFR)



Systém reaktora chladeného roztavenou soľou (MSR)



Sodíkom chladený rýchly reaktor (SFR)



Superkritický vodou chladený reaktorový systém (SCWR)



Veľmi vysokoteplotný reaktor (VHTR)

Očakáva sa, že voda a biomasa budú v budúcnosti hlavnými zdrojmi vodíka, pričom zdroje tepla potrebné na extrakciu vodíka sa budú získavať zo zdrojov energie bez CO<sub>2</sub>. Pokiaľ ide o výrobu vodíka v akomkoľvek objeme a množstve, jadrová energia môže zohrávať rozhodujúcu úlohu, najmä na Slovensku, ktoré počas uplynulých dvoch desaťročí investovalo do nových jednotiek miliardy eur.



H

Vodíková  
stratégia

Symbióza  
s batériovým  
priemyslom



## Podpora batériového priemyslu

V nedávnej minulosti sa technológie batérií a vodíka javili ako konkurenčné. V súčasnosti vzniká veľa aplikácií, v ktorých inteligentná súhra týchto dvoch technológií vytvára výrobky vysokej každodennej praktickosti. V prudkom vývoji sú vozidlá s krátkymi

dobami tankovania a s dlhým dojazdom, ktoré využívajú inovatívne palivové články s batériovým systémom (model Mercedes-Benz GLC F-Cell). Najmä v autobusoch, ťažkých nákladných vozidlách, vlakoch a inej ťažkej doprave bez prítomnosti jednej z týchto technológií je riešenie v mnohých aplikáciách nepraktické. Toto spojenie dvoch zelených technológií vytvára strategický zlom pri plnení ambiciózných plánov v bezemisnej doprave, vykurovaní atď.

Košický samosprávny kraj spolu s podporou vlády SR pripravil plány na vybudovanie veľkej továrne na výrobu batérií. Memorandum o spolupráci bolo podpísané v novembri 2019 medzi spoločnosťou Inobat j. s. a., Technickou univerzitou v Košiciach, Univerzitou P. J. Šafárika, Slovenskou akadémiou vied a Košickým samosprávnym krajom. Túto iniciatívu podporuje aj Slovenská batériová aliancia (SBaA), kde je aj nasadenie vodíkových technológií jednou z priorít v nasledujúcich rokoch. Na podporu strategických

výskumných a vývojových aktivít vláda SR v rokoch 2020/2021 vyčlenila v základnom výskume a v aplikácnom výskume 5 miliónov eur, ktoré však môže ovplyvniť súčasná korona kríza.

[Halama, Smik]





# Výskum a inovácie v Košickom kraji



## Uskladnenie vodíka ako kľúčový faktor pre vývoj vodíkových technológií

Niektoré študijné odbory a predmety zahŕňajú školenie v technológiách palivových článkov a možnostiach využitia vodíka. Pre lepšie zabezpečenie

500 - 3 000 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, v niektorých prípadoch dokonca viac ako 5 000 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Na týchto materiáloch je možné dosiahnuť vysokú hmotnosť uloženého vodíka (gravimetrické množstvo), pri tlakoch 70 - 100 barov môže adsorbované množstvo vodíka dosiahnuť až 7 - 8% hmotnostných. V prípade najefektívnejších MOF, ako je NU-100 alebo MOF-210, môže dosiahnuť asi 15 až 20 hmotnostných percent (wt%). Tieto kapacity sa však stále dajú dosiahnuť iba pri nízkych teplotách



absolventskej odbornosti je potrebné vytvoriť nové predmety priamo zamerané na danú problematiku so zameraním na vzdelávanie v problematike bezpečnosti palivových článkov a vodíkových technológií. V spolupráci s Medzinárodným združením pre bezpečnosť vodíka je priame zabezpečenie špecialistov na prácu s batériovými systémami možné aj pri výrobe samostatných študijných programov.

Uskladnenie vodíka v nanoporéznych materiáloch v súčasnosti skúma špičkový výskumný tím na Slovensku TRIANGEL na Univerzite P. J. Šafárika v Košiciach pod vedením prof. RNDr. Vladimíra Zeleňáka, DrSc.. Jeho tím je zameraný na výskum najslubnejších materiálov pre uskladnenie vodíka.

Kovovo-organické siete (MOF) sú pevné kryštalické látky, ktoré sa vyznačujú nízkou hustotou (teda nízkou hmotnosťou), vysokou pórovitosťou a špecifickým povrchom. Povrch týchto látok je zvyčajne

kvapalného dusíka (-196°C). Gravimetrické kapacity klesajú na približne 2% hmotnosti pri 25°C. Preto je súčasný výskum zameraný na prípravu a úpravu MOF na zvýšenie adsorpčnej interakcie. To by umožnilo dosiahnuť adsorpčný proces na normálnu teplotu a plne využiť potenciál ponúkaný MOF.

## Materiály na báze uhlíka

Pre uskladnenie vodíka sa skúmajú rôzne typy nanoštruktúrovaných uhlíkových materiálov, akými sú uhlíkové nanovlákná, uhlíkové nanorúrky atď. Špecifické povrchy týchto materiálov môžu presahovať 3 000 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>. Rovnako ako v prípade MOF je skladovanie obmedzené na použitie za nízkych teplôt a tlakov 20 - 80 barov a adsorpčná kapacita za týchto podmienok dosahuje 8 - 10% hmotn..

Okrem vyššie spomenutých materiálov sa pre skladovanie vodíka skúma aj iná skupina pórovitých materiálov, akými sú zeolity, klatráty a pórovité polyméry. Množstvo uskladneného vodíka však ešte nedosahuje množstvo uvedené pre MOF alebo uhlíkové materiály.  
[Zeleňák]

## Prototyp kompresora hydridu kovov s tepelným čerpadlom

Cena za vedu a techniku 2018 pre najlepší vedecko-technický tím bola udelená doc. Ing. Tomášovi Brestovičovi, PhD. zo Strojníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach za vývoj vodíkových technológií v energetickom a automobilovom priemysle. Jeho výskum sa zameriava na vývoj a aplikáciu najnovších trendov v oblasti vodíka a vodíkových technológií implementáciou nových programovacích techník a simulačných nástrojov.

Jeho tím vyvinul jedinečný prototyp kompresora využívajúceho chemickotepelný cyklus absorpcie a desorpcie vodíka do intermetallickej štruktúry kovov stláčaním vodíka pri nízkej teplote. Koncept vodíkového kompresora funguje v princípe, keď je prenos tepla, vykurovanie a chladenie zabezpečované tepelným čerpadlom, čo vedie k značnej úspore elektrickej energie a je prevádzkované na základe autonómneho riadenia. Riadiaci softvér je napísaný v jazyku C++ v prostredí Qt Creator a je vybavený dotykovým monitorom na kontrolu a vizualizáciu nameraných údajov. Zariadenie je chránené dvoma úžitkovými vzormi (SK 8388 Y1, SK 8320 Y1) [Brestovič]

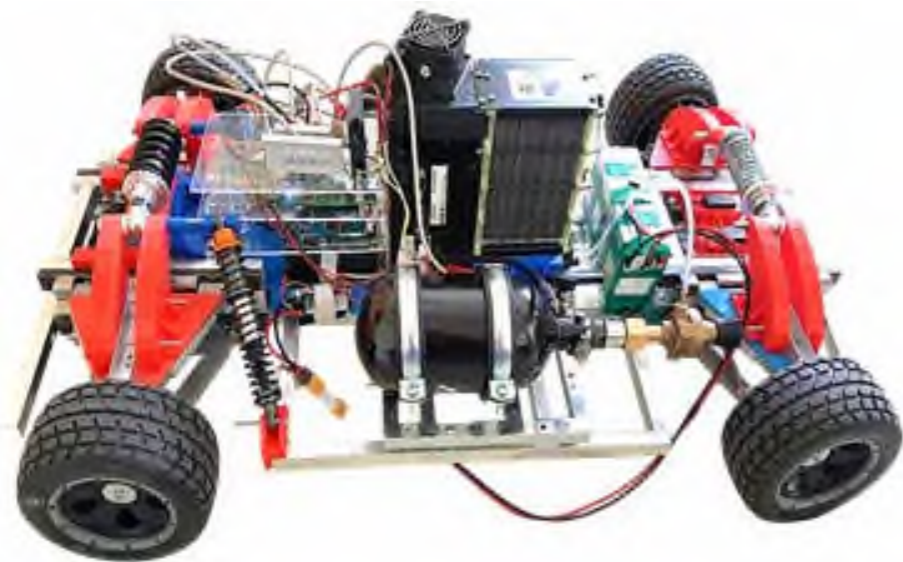


## Prototyp automobilu s hybridným vodíkovým/lítium-iónovým akumulátorom používajúcim na pohon palivové články a metalhydridy

Prototyp vozidla je navrhnutý tak, aby pojal vodík do nízkotlakových nádrží ako hydrid kovu (objem 1 l) s použitím 0,4 kg intermetallickej zliatiny LaCeNi s akumulacnou kapacitou vodíka 42 l.

Palivový článok vyrába elektrinu z vodíka uloženého v tlakovej nádobe. Stlačený vodík musí byť dodávaný zo špeciálnych tlakových nádrží. Potrebný kyslík sa spotrebúva priamo z okolitého vzduchu. Odpadom počas výroby energie v palivovom článku je iba čistá voda.

Je možné uskladniť 42 litrov plynného vodíka pri tlaku 1 MPa v 1 litri nádoby vo forme metalhydridu. Táto kapacita umožňuje približne 40 minút prevádzky vozidla. V štandardnej tlakovej nádobe s rovnakými parametrami, ale bez technológie hydridu kovu,



je možné pri rovnakom tlaku uskladniť iba 10 litrov plynného vodíka. [Brestovič, Saks].

Vodíkový model automobilu vyvinul Brestovičov tím na SjF TUKE. Podvozok vozidla je založený na zvaranej konštrukcii z hliníkovej zliatiny EN AW6060 s profilmi tepelného spracovania T6 obdĺžnikového prierezu.

Ramená boli vyrobené pomocou aditívnej technológie pomocou 3D tlače. Pripojenie ramien k hlavnej konštrukcii je zabezpečené upínacími prvkami z ocele triedy E295. Na odpruženie podvozku sa použili tlmiče bicykla s pružinami prispôbenými pre dané vozidlo. Koncept hnacej sily využíva palivový článok, elektrický motor a lítium-iónové batérie.

Mechanický koncept pohonu pozostáva z jednosmerného motora s výkonom 200 W pri 12 V. Palivový článok je zariadenie umožňujúce priamu premenu chemickej energie viazanej na vodík na elektrickú energiu. Energia sa uvoľňuje riadenou chemickou reakciou vodíka a kyslíka na základe výmeny protónov.



Daný motor bol zvolený tak, aby zabezpečoval požadovaný výkon pre model vozidla. Podľa koncepcie pohonu je možné zvoliť prevádzkový režim vozidla. Vozidlo je možné prevádzkovať ako čisto elektrické vozidlo so súpravou 16 Ah lítium-iónových batérií. Ďalšou možnosťou je použitie palivového článku ako primárneho zdroja elektrickej energie pre elektrický motor. Palivové články sú vhodné pre mobilné aplikácie pracujúce pri nízkych teplotách. Majú tiež výhodu v dosiahnutí vyššej termodynamickej účinnosti elektrochemickej reakcie v porovnaní s účinnosťou premeny energie chemickej väzby na elektrickú energiu pomocou tepelných motorov.

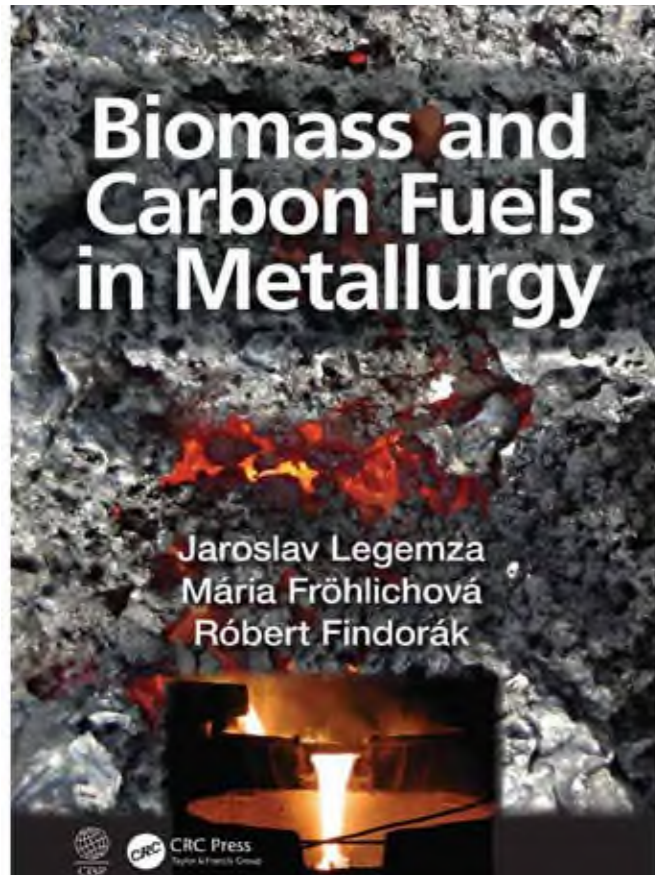
Na pohon modelu vozidla bol použitý palivový článok PEM DEA 0,5 s výkonom 500 W, ktorý poskytoval napätie 12 až 16 V.

## Predikčné techniky, vodíková bezpečnosť, analýza porúch

Jedným z alternatívnych riešení v distribúcii vodíka je využitie existujúcej plynárenskej infraštruktúry. Aj keď vodík distribuovaný v potrubí vyžaduje dokonalú kvalitu izolácie a mimoriadne požiadavky na tesnosť, najvyššou prioritou musí zostať bezpečnosť. Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie na Technickej univerzite v Košiciach môže ponúknuť

know-how v oblasti nedeštruktívneho monitoringu korózie plynárenskej infraštruktúry potenciálne používanej na rýchlu prepravu vodíka a bezpečnostné hľadiská spojené s homogénou zmesou, difúznou kontrolou vodíka v kovových konštrukciách (experimenty Devanathana- Stachurského). Takisto vývoj pokročilých a ich charakterizácia, vodíkové krehnutie ocelí a zliatin či analýza porúch je veľmi dôležitá. Túto výskumnú skupinu vedie Dr. Maroš Halama, ktorý má dlhoročné skúsenosti s analýzou havárií v energetike, expertízou a konzultáciami v plynárenskej inštruktúre, klasických elektrárňach, jadrových atď.. Úzko spolupracuje na interdisciplinárnych témach s ďalšími európskymi univerzitami a jeho skupina vyvíja predikčné modely na hodnotenie životnosti materiálov pomocou umelých neurónových sietí a predikuje fyzikálno-chemické vlastnosti materiálov pomocou superpočítačov prostredníctvom kvantovo-chemických výpočtov a modelovania [Halama, Makowska-Janusik].

Všetky tieto pokročilé techniky minimalizujú chyby v predikciách, pomáhajú dosiahnuť presnejšiu analýzu vplyvu ovplyvňujúcich faktorov a nakoniec šetria rozpočet projektu (hodnota za peniaze) ešte pred rozhodnutím, ktorý nákladný experiment sa v laboratóriách alebo v teréne uskutoční.



## Termodynamické modely spaľovacích procesov

Ďalšou odbornou oblasťou pod vedením prof. Ing. Jaroslava Legemzu PhD. z Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie je zameranie na vývoj termodynamických modelov, v ktorých sú oblasti stability a koncentrácie plyných zložiek (vrátane vodíka) počas



procesov horenia alebo spaľovania (vodík a biomasa atď.) a vysokoteplotného spekania materiálov s obsahom železa. Vo výskume sa zameriava na optimalizáciu faktorov, ktoré ovplyvňujú množstvo vodíka počas spaľovania a tvorby procesného plynu. Jeho výskumná skupina má skúsenosti s využívaním biomasy v priemyselných procesoch spekania. Boli vytvorené termodynamické modely, v ktorých sú špecifikované oblasti stability a koncentrácie plyných zložiek (vrátane vodíka) pri spaľovaní biomasy a vysokoteplotnom spekaní materiálov obsahujúcich železo.

[Legemza]

V rámci prípravy projektu EÚ CARBON v spolupráci s 9 slovenskými subjektmi (vrátane Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie a Slovenskej akadémie vied), ktoré sú združené v Národnej technologickej platforme pre výskum, vývoj a inovácie surovín, úlohou bolo využitie prechavých látok vznikajúcich pri spracovaní uhlíkatých materiálov na výrobu syntetických plynov a vodíka. Základný rámec výskumu a vývoja v tejto téme sa týkal materiálového zhodnocovania plyných zložiek pri spracovaní uhlíkatých materiálov s cieľom vývoja produktov s vyššou pridanou hodnotou nielen syntetických alebo redukčných plynov, ale hlavne výroby vodíka.

Ďalšia expertíza pochádza z vývoja modelu pre zariadenie na splyňovanie tuhého odpadu. Okrem kvality vyprodukovaného plynu na základe zloženia vstupného odpadu, ktorého procesný plyn bol založený na CO a H<sub>2</sub>, riešenie zahŕňalo výpočty spojené s prietokom cez vstupnú vrstvu.

Budúci výskumný záujem na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie bude zahŕňať aj:

- Vytvorenie termodynamických modelov pri výrobe vodíka technológiou vysokej teploty - možno ju použiť na optimalizáciu existujúcej technológie alebo na vývoj novej technológie.
- Výskum súvisiaci s výrobou vodíka z odpadovej biomasy.
- Výskum uhlíkatých látok na uskladnenie a prepravu vodíka (napr. uhlie, koks, elektródové materiály, grafit, samospekacie a kompozitné elektródy atď.).
- Výskum v oblasti metalurgického využitia vodíka.
- Perspektívna elektrolytická regenerácia kovov z vodného roztoku a z roztavenej trosky (proces ULCOWIN) alebo výroba železa priamou redukciou vodíka (proces ULCORED, HYBRIT). Vývoj úplne nového technologického procesu využívajúceho vodík.
- Výskum v oblasti splyňovania hnedého uhlia na Slovensku a výroby vodíka. Táto oblasť by stála minimálne za experimentálnu štúdiu, pretože ťažba hnedého uhlia pre elektrárne bude v blízkej budúcnosti obmedzená a zastavená a ťažobné spoločnosti nemajú alternatívne výrobné programy. Výroba vodíka z hnedého uhlia už prebieha za prevádzkových podmienok na celom svete.
- Vplyv vodíka v zemnom plyne na vlastnosti spaľovania zmesi.
- Vplyv vodíka v zemnom plyne na energetickú náročnosť prepravy.
- Vývoj systémov horákov na použitie zemného plynu obohateného o vodík a čistého vodíka v spaľovacích jednotkách.
- Vodík a jeho využitie v malých kompaktných kogeneračných jednotkách.
- Obohatenie metalurgických horľavých plynov na podporu distribúcie vodíka v oceliarni.

[Legemza, Jablonský, Džupková]



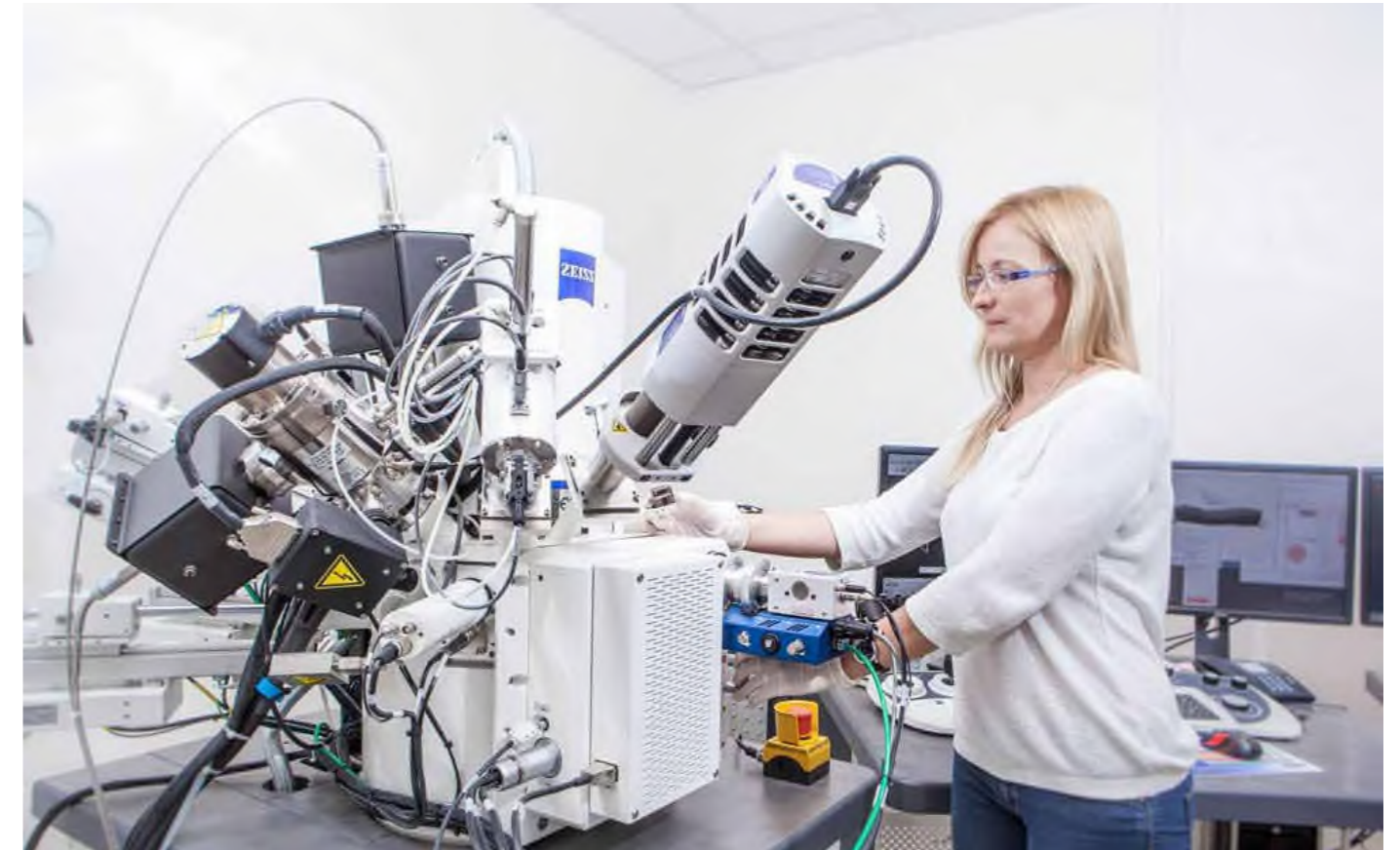
## Pokročilé materiály pre vysokú absorpčnú kapacitu vodíka



V súčasnosti sú intermetalické hydridy veľmi sľubnými kompozitnými materiálmi z hľadiska uskladnenia vodíka, často nestechiometrické chemické zlúčeniny so všeobecným vzorcom  $XaYbHc$  (a, b, c nemusia byť v pomere malých celých čísel). Môžu obsahovať dva kovy (X, Y, napr. TiFe) alebo viac, z ktorých jeden viaže vodík silnejšie ako iné. Skúsený výskumný tím pod vedením Ing. Karla Saksla, DrSc. z Ústavu materiálového výskumu SAV sa podieľa na európskom výskume vývoja materiálov s vysokou absorpčnou kapacitou vodíka, akými sú zliatiny  $TiVZrNb-X$  (X = Ag, Ta, Hf, Mo, W, Cu, Cr, Fe, Ni). Na charakterizáciu týchto nových materiálov sa použilo silné synchrotrónové žiarenie a zariadenia na báze neutrónových zdrojov (DESY Hamburg, ILL D4 Grenoble atď.). Dr. Saksl pôsobil od roku 2006 ako vedecký tajomník Komisie pre spoluprácu so spoločnosťou XFEL.

## Monitoring kvality ovzdušia a vody

Vodíkové drony z enormným doletom môžu začať novú éru zberu vzoriek pri monitorovaní kvality vody in situ meraním pH, vodivosti, obsahu kyslíka, prítomnosti mikroorganizmov atď. pomocou senzorov. V jednom návrhu projektu Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie s partnerom z Ukrajiny, v projekte **Na ceste k cezhraničnému východokarpatskému zdravému vodnému reťazcu prostredníctvom inovatívneho monitorovania** sme stanovili plán autonómneho zberu vzoriek vody pomocou vodíkových dronov. Ďalšou výhodou vodíkových dronov vybavených fyzikálno-chemickými senzormi je dlhšia prevádzková doba, takže by sa dali využiť aj na monitorovanie kvality ovzdušia, čo otvára potenciál pri výskume atmosférickej korózie kovových konštrukcií a predikcii ich životnosti. [Halama]



## Obrovská vedecká infraštruktúra v centre PROMATECH

Centrum Promatech ako konzorcium dvoch univerzít (TUKE, UPJŠ) a troch ústavov Slovenskej akadémie vied je centrom excelentnosti pre pokročilé materiály a technológie. Obsahuje obrovskú vedeckú infraštruktúru vybavenú najnovšími sofistikovanými zariadeniami v 39 laboratóriách slúžiacich modernému materiálovému výskumu. Pomáha vedcom, inovátorom v oblasti vývoja materiálov, komplexnej charakterizácie, pokrývajúcej aj vodíkové témy (katalyzátory, elektródy, články, elektrolyty atď.), témy vo výskume batérií (elektródy, elektrolyty), vrátane využívania nanotechnológií. Umožňuje tam pôsobiacim vedcom zlepšovať materiály v technických aplikáciách, kde majú všetko pre dosiahnutie vysoko kvalit-

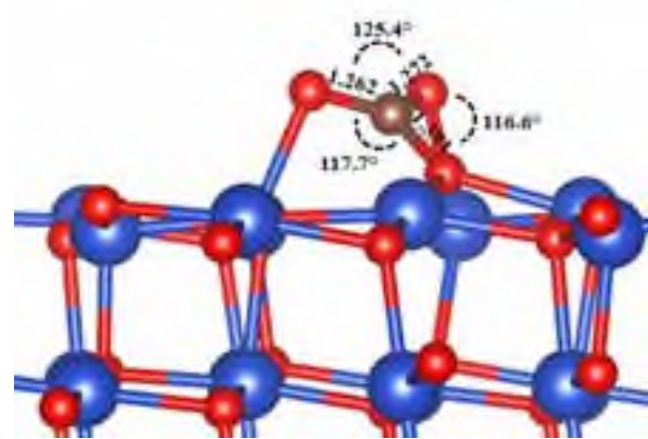
ných výsledkov. Má k dispozícii aj najnovšie prístroje na výrobu vodíka využívajúcej nanotechnológie, ako je napríklad najnovší objav tímu profesora Zhaa [10], ktorý vynašiel niklovo-železnú elektródu na výrobu kyslíka s rekordne vysokou účinnosťou. Myšlienka jeho koncepcie funguje na princípe s relatívne lacnými kovmi, akými sú železo a nikel. Tie nie sú dobrými katalyzátormi na výrobu vodíka, ale ak sa spoja v nanorozmeroch, radikálne to zníži spotrebu energie. Na tomto katalyzátore je malé nanorozmerové rozhranie, kde sa železo a nikel stretávajú na atómovej úrovni, ktorá sa stáva aktívnym miestom štiepenia vody. To je miesto, kde sa môže vodík odštiepiť od kyslíka a zachytávať ako palivo a kyslík sa môže uvoľňovať ako ekologický odpad. Veľmi pekný príklad, ako môžu košickí vedci dosiahnuť porovnateľný výskum svetovej úrovne s využitím infraštruktúry v hodnote 40 mil. eur, ktorá je v centre Promatech v laboratóriách. A práve takéto zariadenie ako Nanospider je schopné realizovať podobný koncept.



## Nanokatalyzátory na termokatalytický rozklad metánu

Tepelný rozklad metánu (TCD) sa používa na výrobu vodíka vysokej čistoty, pri ktorom sa metán rozkladá na plyný vodík a tuhý uhlík. Na zníženie teploty a zvýšenie účinnosti reakcie sa používajú rôzne katalyzátory. Výskumná skupina prof. RNDr. Andrej Oriňaka PhD. na Katedre fyzikálnej chémie Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach (Sisáková, Podrojková, Macko, Oriňaková) je zameraná na prípravu katalyzátorov neušľachtilých kovov zložených z Ni, Co a Fe vzhľadom na elektrónovú konfiguráciu a ich fyzikálne vlastnosti. Konverzný pomer výroby vodíka s použitím vyššie uvedených katalyzátorov je viac ako 80% a katalytická aktivita je vysoká už pri veľmi nízkych teplotách.

## Nanokatalyzátory na premenu oxidu uhličitého



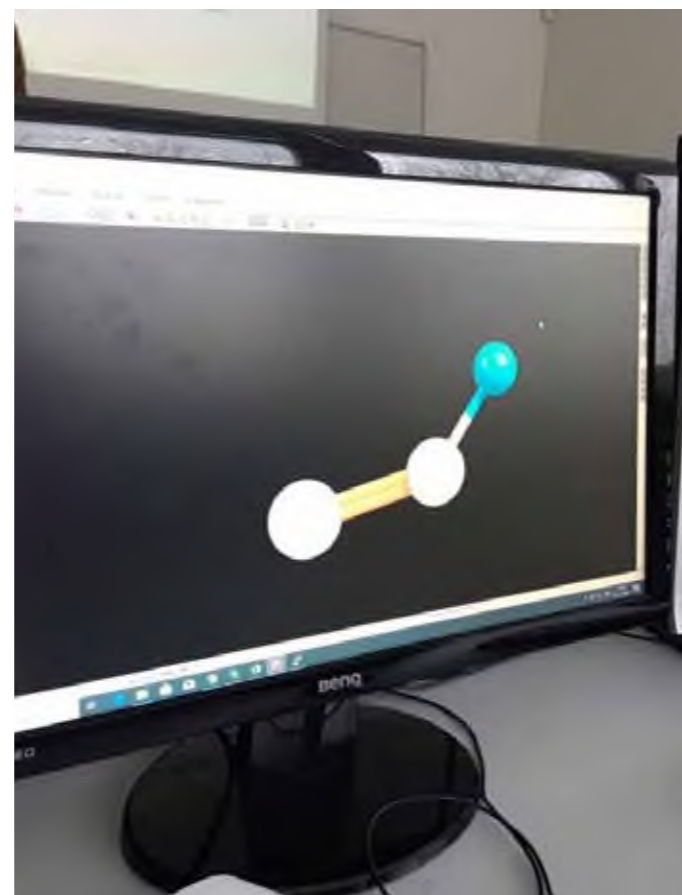
Použitím účinného katalyzátora je možné konvertovať oxid uhličitý na rôzne chemické zlúčeniny, ktoré sa dajú použiť ako alternatíva čistej energie v spaľovacích motoroch, plynových turbínach alebo v palivových článkoch a môžu viesť aj k tvorbe vodíka alebo k jeho uskladneniu. Výskumná skupina pripravuje iné uhľovodíky ako katalyzátory zložené z Cu, Zn.

Vo svojich nedávnych štúdiách mali rôzne štruktúry ZnO katalyzátora dopovaného Cu v termokatalytickej konverzii biomasy veľký vplyv na množstvo konečných produktov, hlavne alkoholov, a na zníženie množstva  $\text{CO}_2$ .

Štruktúra katalyzátorov Zn, Cu sa študuje aj pri konverzii  $\text{CO}_2$  na metanol.

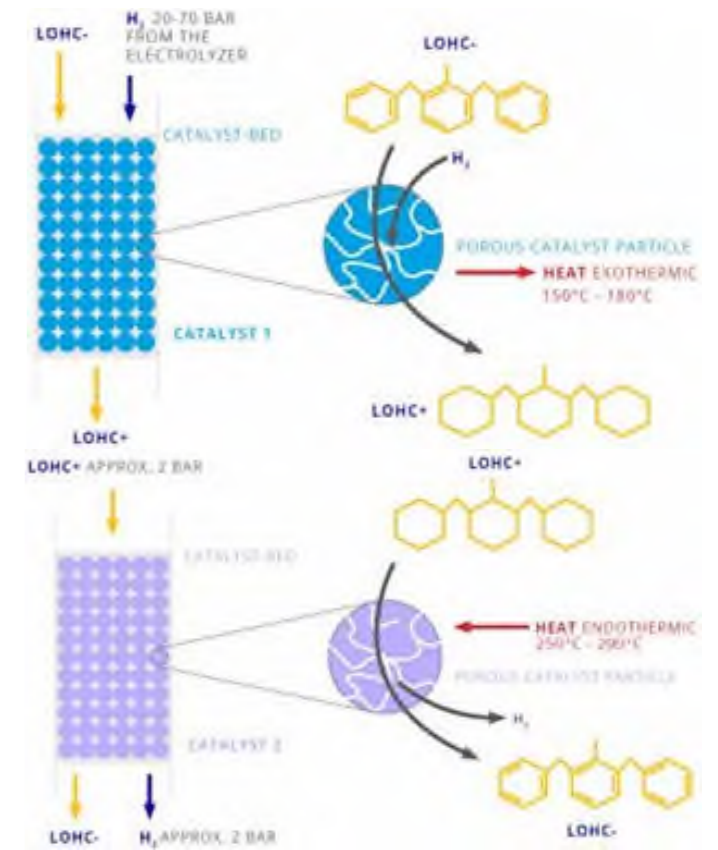
## Teoretické výpočty katalytických povrchov

Skupina profesora Oriňaka v spolupráci so skupinou profesora Honkala z Univerzity Jyväskylä vo Fínsku využíva DFT funkčnú teóriu (DFT) na modelovanie katalytického povrchu, optimalizáciu a simuláciu tepelného rozkladu metánu a konverzie oxidu uhličitého. Teoretické výpočty poskytujú podrobnosti o reakciách a zlepšujú výrobu katalyzátora.



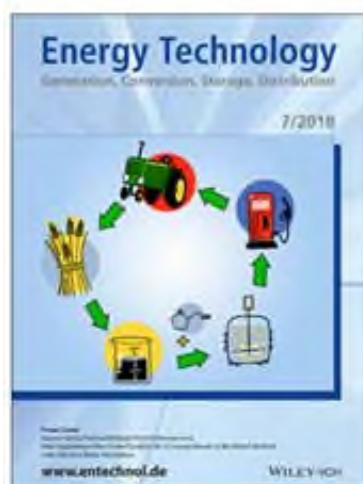
## Katalyzátory systému kvapalných organických vodíkových nosičov (LOHC) na distribúciu vodíka

Alternatívnou možnosťou pre uskladnenie a prepravu vodíka je použitie systémov LOHC, ktoré pozostávajú z páru jednej organickej zlúčeniny chudobnej na vodík (LOHC-) a jednej vodíkovej organickej zlúčeniny (LOHC+). Vodík sa skladuje konverziou LOHC- na LOHC+ v katalytickej hydrogenačnej reakcii a uvoľňuje sa konverziou LOHC+ na LOHC- v katalytickej dehydrogenácii. Skupina Andreja Oriňaka študuje katalyzátory pre systémy LOHC, ktoré by viedli k vysokej skladovacej kapacite vodíka ( $> 56 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  alebo  $> 6\%$  hmotn.), veľmi selektívnej hydrogenácii a dehydrogenácii pre dlhý životný cyklus a nízkymi výrobnými nákladmi.



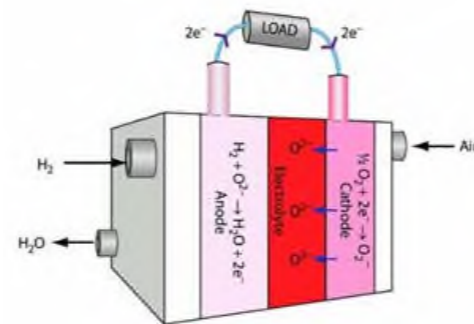
## Dizajn elektroaktívnych uhlíkových vlákien modifikovaných kovovými nanočasticami ako nové elektrokatalyzátory pre vývoj vodíka

Uhlíkom modifikované vlákna ako potenciálne elektrokatalyzátory pre reakciu vývoja vodíka (HER) boli pripravené pomocou bezihlovej zvláknovacej technológie (NLE) výskumnou skupinou v Ústave materiálového výskumu SAV v spolupráci s UPJŠ. Zistilo sa, že špecifický povrch vlákien sa rýchlo zvyšoval so zvyšujúcim sa obsahom kovových nanočastíc a ich fosfidov (Ni, Co, Cu atď.) v uhlíkovej matici. Vyvinuli tvorbu veľkého množstva uhlíkových nanorúrok s viacerými stenami (MWCNT) kolmými na uhlíkovú maticu. Najvyššia elektrochemická aktivita pre výkon HER sa zistila vo vláknach obsahujúcich najvyššie množstvo nanočastíc Co<sub>2</sub>P, ktoré poskytovali prúdovú hustotu 10 mA cm pri η<sub>10</sub> - 300 mV. Menší sklon Tafel a najrýchlejšia kinetika HER sa zistili vo vzorkách s najvyšším obsahom nanočastíc Co<sub>2</sub>P a najvyššou špecifickou povrchovou plochou.



## Palivové články (SOFC) pre konverziu vodíka na energiu

Palivový článok je elektrochemický článok, ktorý pre-



mieňa chemickú energiu paliva (často vodíka) a oxidačného činidla (často kyslíka) na elektrinu prostredníctvom dvojice redoxných reakcií. Existuje niekoľko druhov palivových článkov, medzi ktoré patrí i) palivový článok s kyselinou fosforečnou (PAFC), ii) palivový článok s tuhou kyselinou (SAFC), iii) alkalický palivový článok (AFC), iv) palivový článok s obsahom roztaveného uhličitanu (MCFC) a v) palivový článok na tuhý oxid (SOFC).

Vedecký tím pod vedením RNDr. Martina Fabiána, Ph.D. z Geotechnického ústavu Slovenskej akadémie vied vyvíja nový typ nanokryštalických oxidických elektrolytov s modifikovanými štruktúrami a morfológiou a vylepšenými funkčnými vlastnosťami pre vysokoteplotnú elektrochemickú premenu a uskladnenie energie. Zahŕňa prípravu komplexných oxidov perovskitového typu s navrhnutými zloženiami využívajúcimi bezkalcinačnú mechanochemickú syntézu optimalizovanú na krátky reakčný čas, vývoj sintrovacích postupov na výrobu hustej elektrolytickej keramiky s riadenou distribúciou zrnitosti. Študoval systematickú analýzu vzťahov medzi zložením, mikroštruktúrou a iónovým transportom. Nekonenčný prístup mechosyntézy sa predpokladá ako nákladovo efektívny a rýchly spôsob výroby pokrokových tuhých elektrolytových materiálov s kontrolovanou mikroštruktúrou a zlepšeným elektrochemickým výkonom, a teda zahŕňa sľubnú cestu prispievajúcu k rozvoju elektrochemického uskladoňovania obnoviteľnej energie.

Spomedzi všetkých typov palivových článkov sú palivové články na báze tuhého oxidu (SOFC) jedným z najatraktívnejších systémov, ktoré kvôli vysokej účinnosti ponúkajú významné výhody pre rezidenčné účely, prepravu vo veľkom meradle (napr. tankermi) a pomocné energetické jednotky pre veľké priemyselné energetické aplikácie (až 70%), spoľahlivosť, modularitu, flexibilitu paliva a bezpečnosť pre životné prostredie.

Zvyšovanie povedomia o alternatívnych zdrojoch energie je hlavným faktorom podporujúcim rast na trhu. Palivové články SOFC čoraz viac získavajú na prestíži ako dôležitý zdroj pre možnosti záložného napájania, predovšetkým vďaka svojej schopnosti vyrábať elektrinu pomocou rôznych palív, akými sú vodík, zemný plyn a bioplyn. Energetická kríza je dlhodobým globálnym problémom a vlády na celom svete podporujú technologický rozvoj v riešení tejto otázky.

[Fabián]



## Výzvy vo vzdelávaní



## Úloha pre oblasť vzdelávania

Dôležitá súčasť efektívneho a bezpečného využívania zelených technológií v Košickom samosprávnom kraji ide len ruka v ruke s komplexným vzdelávaním v tejto oblasti na všetkých kvalifikačných úrovniach vrátane odborného vzdelávania na stredných a vysokých školách prostredníctvom školení, kurzov, letných škôl a zvyšovania povedomia verejnosti o batériových systémoch, palivových článkoch a vodíkových technológiách. Kvalita vzdelávania je nevyhnutná pre budúcu generáciu inžinierov, ktorí sa budú zaoberať najväčšími energetickými výzvami a čeliť najnovšiemu zlepšovaniu technológií v oblasti obnoviteľných zdrojov energie, batérií a vodíka. Efektívna cesta povedie iba v partnerstve prostredníctvom medzinárodného prepojenia univerzít s intenzívnym výskumom, Akadémiou vied spolu v úzkej spolupráci s Košickým samosprávnym krajom a . priemyselnými partnermi a vyžaduje si výrazné inovatívne úsilie.

Ideálny model pre vzdelávanie inžinierov potrebných pre hybridný priemysel bude nevyhnutne zahŕňať silný rozvoj interdisciplinárnych zručností a výcvik na medzinárodnej úrovni. Príprava atraktívneho a na vedomostiach založeného vyučovacieho procesu a školiacich materiálov je veľmi dôležitá pre zabezpečenie ich dosiahnutia pre rôzne úrovne kvalifikácie. Keď sa opýtate malých detí, ako si predstavujú budúcnosť, ich odpovede budú plné lietajúcich automobilov, vozidiel bez vodičov a magického paliva. A nie sú ďaleko od pravdy. Tieto malé deti vyrastajú v úplne inom technologickom svete ako ich rodičia a už vedia, že je čas na zmenu.

## Ako pripraviť našu mladú generáciu študentov na to, čo nás čaká?

**Na zelenú budúcnosť? / Máme čas?  
Nie je už neskoro začať až teraz?**

Ľudia sa už teraz stretávajú s nastupujúcim trendom nových alternatívnych palív, medzi ktoré nepochybne patrí aj vodík. Sú to však iba krátke správy, často bez vysvetľujúcich súvislostí. Vodíkové autá, nákladné autá, vlaky, bicykle... Ako však fungujú? Aké sú ich výhody? Všetky tieto otázky by už mali byť vysvetlené študentom stredných škôl. Je nevyhnutné, aby boli študenti vedení k premýšľaniu o technológiách, ktoré raz zmenia svet. Aby sme nezostali v tradičnom a konvenčnom učení sa o vodíku ako o chemickom prvku, pričom v mnohých prípadoch sa maximálna úroveň vedomostí skončila elektrolyzou. Musíme však čeliť najnovším výsledkom výskumu v laboratóriách s veľkým potenciálom ich rozšírenia na inovatívne aplikácie, ktoré už sú v demonštráciách, o ktorých sa ani týmto študentom nikdy ani len nesnívalo.

## Ako dosiahnuť takúto zmenu?

Kľúčovú úlohu bude zohrávať synergická spolupráca medzi inovatívnym priemyslom - výskumnými univerzitami - regiónmi - učiteľskými klubmi.

Aktuálny systém stredných škôl presýtený základnými učebnými osnovami bez zamerania na ich praktické využitie a uplatnenie si vyžaduje metodické usmernenie a následnú kontrolu zo strany správcu stredných škôl, z Košického samosprávneho kraja.



Odborné školy: 40   Gymnázia: 19  
Umelecké konzervatóriá: 2   Spojené školy: 2

### Košický samosprávny kraj spravuje 63 stredných škôl s právnou subjektivitou:

Košický samosprávny kraj a jeho odbor školstva spolupracuje s orgánmi štátnej správy a samosprávy v oblasti vzdelávania a výchovy, s mimovládnyimi organizáciami a inými právnickými osobami zaoberajúcimi sa záujmami detí, mládeže a športu. Vo svojej zriaďovateľskej pôsobnosti vytvára podmienky pre vzdelávanie nadaných a talentovaných detí, ako aj detí so špeciálnymi výchovno-vzdelávacími potrebami. Odbor školstva Košického samosprávneho kraja je zodpovedný za:

- analýzu,
- kvalitu riadenia vzdelávacieho procesu,
- efektívne plánovanie a následnú kontrolu, pozorovanie vzdelávacieho procesu, vyhodnocovanie a generalizácia výsledkov pedagogickej rade.

Usmernenie na roky 2019/2020 vydané samotným Košickým samosprávnym krajom obsahuje množstvo sľubných bodov, ktoré naznačujú, že kraj sa snaží myslieť na budúcnosť, upozorňuje na činnosť metodických orgánov na stredných školách a na ich poslanie v oblasti metodiky a vyučovacieho procesu, podporuje ďalšie vzdelávanie pedagogických zamestnancov a metodicky najlepších učiteľov s cieľom skvalitniť celkový pedagogický proces. V procese musia byť implementované témy spojené s transformáciou energie, ako napríklad batériové systémy, vodík.

Základné vedomosti o batériových a vodíkových technológiách je možné v primeranom rozsahu a vhodnou formou zahrnúť do vyučovacieho procesu základných a stredných škôl v rámci Štátneho vzdelávacieho programu Slovenska (ISCEC 3), kde 25 % až 35 % časti vyučovacieho procesu je na stredných školách k dispozícii na realizáciu nových predmetov alebo tematických celkov. Rozsah a obsah tejto časti určuje vedenie školy (viac ako 25 % z vlastných zdrojov). Časť tejto kapacity môže byť venovaná článku, ktorého obsahom by boli batériové systémy, technológia palivových článkov a vodík a možnosti ich použitia.

**Aké konkrétne postupy by sa mali zvoliť? Na koho sa zamerať pri šírení najnovších poznatkov o vodíkových technológiách?**

## Pedagógovia

Po mnohých rozhovoroch so stredoškolskými učiteľmi prírodovedných predmetov je ich zámer a úsilie vzdelávať sa a odovzdávať svojim študentom najnovšie poznatky z 21. storočia veľmi pozitívne. Na druhej strane očakávajú, že pri svojej práci pocítia výraznú podporu, ktorá by sa nemala zakladať iba na riaditeľoch ich škôl, ale aj na úlohe metodických centier, združení alebo vzdelávacích klubov. Dnes vedú informácie, ktoré pedagógovia získavajú:

### I.) Klub učiteľov chémie

Vzdelávací klub pod vedením doc. Márie Ganajovej z Katedry didaktickej chémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach. Stretnutia organizované týmto klubom sú už dobre zavedené a konajú sa v nepravidelných intervaloch. Dotazovaní učitelia však ocenili kvalitu prednášok s veľkým dopadom na ich ďalšiu prácu na hodinách chémie. Vedomosti, ktoré si priniesli z prednášok, obohatili ich vedomosti a rozhľad.

Jedným z našich odporúčaní je podpora týchto prednášok aj z pozície Košického samosprávneho kraja, zaviesť pravidelnosť prednášok (po dohode s pedagógmi určovať interval stretnutí) a podporovať lektorov v ich aktívnom výkone na zasadnutiach Klubu učiteľov chémie.

### II.) Metodické listy

Zavedením metodických listov do výučby prírodovedných predmetov je možné urýchliť tok informácií. Po zadaní konkrétnej témy, v našom prípade o vodíkových technológiách, je možné poskytnúť pedagógom metodické listy zložené z dvoch častí:

#### A) Časť pre pedagóga

A) Základné vedomosti o téme s priloženými odkazmi, kde v prípade potreby nájdú ďalšie vedomosti. Táto časť obsahuje odporúčanie, ako vysvetliť tému študentom tak, aby bola čo najlepšie pochopená, a navrhuje aj praktické cvičenia k tejto téme.

**B) Pracovný list študenta**

Táto časť obsahuje v hornej časti grafický abstrakt obsahujúci jednoduchú schému vysvetľujúcu napríklad princíp vodnej elektrolýzy, palivové články v automobiloch, obnoviteľné zdroje energie, podporný vodíkový reťazec atď. V tejto časti sú uvedené aj ďalšie otázky na overenie, či študent pochopil obsah učiva, dáva spätnú väzbu učiteľovi, či sa tému naučil efektívne.

Naše odporúčanie spočíva v spolupráci stredných škôl so špecializovanými pracoviskami na výskumných univerzitách, ústavoch, ktoré môžu podporiť tému vodíkovej technológie praktickými ukážkami vo svojich laboratóriách. Pre pedagógov odporúčame použiť jednoduchý model veterného mlyna alebo lepšie, vodíkového automobilu so zabudovaným reverzibilným palivovým článkom PEM (membrána na výmenu protónov). Funguje to v oboch smeroch: ako elektrolyt (generujúci vodík z vody) a ako zdroj prúdu (na výrobu elektriny z vodíka). Len čo sa vyrobí vodík, palivový článok ho môže premeniť na elektrickú energiu na pohon tohto automobilu. Metodické listy by mali obsahovať kontakt s vybranými

mi vysokoškolskými učiteľmi a výskumnými pracovníkmi, s ktorými by učitelia stredných škôl spolupracovali. Úzka spolupráca stredných škôl s univerzitami sa odporúča v medziach laboratória a výučby na vysokých školách.

Ideálne načasovanie šírenia vedomostí okolo nových zelených technológií je počas Dňa otvorených dverí na univerzitách a výskumných ústavoch.

V roku 2018 zvíťazili študenti SOŠ Ostrovskeho 1 v súťaži modelov vodíkových automobilov RC v nemeckom Chemnitz v súťaži Hydrogen Horizon Automotive Challenge s účasťou tímov z celého sveta. Študenti vytvorili telemetriu na báze wi-fi na komunikáciu so serverom a získavanie údajov z automobilu. Neustále teda majú prehľad o tom, koľko energie spotrebuje, aký je stav batérií, vodíkových článkov a pod.. Táto súťaž rozširuje vedomosti študentov v oblasti obnoviteľných zdrojov, pretože tieto automobily sú poháňané palivovým článkom, v ktorom sa vodík a kyslík premieňajú na elektrinu a táto elektrina sa používa na pohon automobilu.



Je to vynikajúci príklad toho, ako vysoko kvalitné vzdelávanie a praktická príprava na strednej škole môžu pripraviť motivovaných študentov, aby neskôr navštevovali konkrétnejšie študijné programy na výskumných univerzitách.

**Študenti z Košíc vyhrali svetovú súťaž modelov vodíkových áut!****III.) Sledovanie časopisov pre učiteľov prírodovedných predmetov****A) Dnešná škola - človek a príroda**

Tento časopis vydáva Asociácia učiteľov chémie. Združenie je aktívne aj na sociálnej sieti Facebook, kde sa teší veľkej obľube. Učitelia si môžu rýchlo vymieňať rady, skúsenosti, zamerať sa na nadchádzajúce udalosti, ako sú dni otvorených dverí na univerzitách, alebo môžu sledovať rôzne prírodovedné súťaže.

**B) ChemZi**

Časopis vydávaný Slovenskou chemickou spoločnosťou (SCHS), ktorý je určený členom SCHS, ktorí sú prevažne z univerzitného prostredia, preto sú v ňom diskutované témy koncipované odbornejšie a podrobnejšie. Na druhej strane poskytuje vynikajúci prehľad o najnovších výskumoch na Slovensku i v zahraničí.

Naším odporúčaním je poskytovať informácie o časopisoch vydávaných stredoškolským pedagógom, aby sa dozvedeli o aktuálnych témach, ktoré potom môžu vyučovať na danom predmete. Tiež je vhodné využiť sociálne siete, kde sa môžu rýchlo dostať k informáciám o najnovších poznatkoch o vodíkových technológiách, batériových systémoch 21. storočia.

**Študenti**

Dnešná generácia študentov stredných škôl nemá problém s dostupnosťou informácií. Je však potrebné, aby smerovali k tomu, aby sa internet stal skôr vzdelávacím nástrojom ako zdrojom zábavy. Vhodne nastavený proces učenia musí v nich vzbudiť záujem a zvedavosť. Existuje možnosť rozšírenia vzdelávania o projektové vyučovanie. Tento spôsob výučby je veľmi vhodný na rozšírenie informácií, ktoré nie sú obsiahnuté v základnom prírodovednom učebnom pláne, a vodíkové technológie sú veľmi dobrým príkladom.



Projektové vyučovanie pozostáva zo štvorstupňového plánu:

1. IMPULZ
2. SPOLOČNÉ PLÁNOVANIE
3. IMPLEMENTÁCIA
4. HODNOTENIE

Odbor školstva môže prevziať zodpovednosť za prvý stupeň a byť iniciátorom projektovej podpory a vyhlásenia projektovej súťaže pre stredné školy na vybrané témy.

Rozhovory so stredoškólakmi ukázali, že študenti potrebujú silnú motiváciu, aby dosiahli lepší výkon. Umiestnenie na prvých troch miestach takejto súťaže by malo byť atraktívne pre študentov aj pedagógov.

Jednou z tém projektu bude hľadanie najlepšieho spôsobu, ako zahrnúť oblasť najnovších aplikácií batérií a vodíka v 21. storočí a taktiež hľadanie spôsobu, ako by tieto technológie mohli transformovať Košický región na zdravšie prostredie s nízkymi emisiami. Tieto témy by mohli byť doplnené praktickými laboratórnymi cvičeniami v spolupráci s univerzitami.

## Kluby vedeckých komunit

Na strednej škole je potrebné zaujať študentov s prirodzeným záujmom o prírodovedu s apetítom v oblasti moderných technológií. Ako ukázali štatistické údaje, počet študentov, ktorí sa po strednej škole uchádzajú o štúdium životne dôležitých prírodných a technických odborov, klesá. Je potrebné, aby vhodné združenie mladej generácie vo vedeckej klubovej komunite prilákalo tieto oblasti výskumu a urýchlilo ďalšiu prípravu vodcov energetického výskumu na ich ceste.



## PROGRAM MOBILITY ERASMUS +



Projekt Hydrogen In Schools (Vodík v školách) ([www.HySchools.eu](http://www.HySchools.eu)) je program Erasmus+, ktorého cieľom je poskytovať vzdelávanie o vodíku na stredných školách. Boli vytvorené vzdelávacie a online zdroje na použitie v školách v európskych krajinách, ktorých cieľom je poskytnúť učiteľom pridanú istotu pri výučbe vodíkových technológií. Cieľom HySchools je pomôcť školám zvýšiť kvalitu výučby HFCT, aby vybavili študentov budúcimi zručnosťami požadovanými v tomto rastúcom energetickom sektore.

Odporúčame vytvoriť pravidelne sa stretávajúce spoločenstvo nádejných mladých vedcov v Košickom kraji vedené špičkovými vedcami. Tento komunitný koncept by zahŕňal prednášky na vybrané témy, poskytoval by priestor na predvádzanie najmodernejších vied, pokrýval by súťaže pre tímy stredných škôl a organizoval by exkurzie a workshopy.

**Vedecké kluby môžu urýchliť rast vysoko kvalifikovanej mladej generácie lídrov výskumu v oblasti zelenej energie. Program Erasmus+ môže účasť na medzinárodnom projekte HySchool povýšiť na EU úroveň.**

Správny marketing a celková prezentácia modernej strednej školy a atraktívne miesta dávajú vynikajúci predpoklad úspešnej cesty. Ide napr. o implementáciu IT technológií do vzdelávania súvisiaceho s transformáciou energie vrátane batériového systému a vodíka s novými prístupmi využívajúcimi virtuálnu realitu, rozšírenú realitu, humanoidných robotov a pod., a takisto účasť na medzinárodných projektoch, akým je HySchool atď.

## Vysokoškolské vzdelávanie a noví hybridní inžinieri

V dnešnom európskom priestore nemôže žiadna univerzita ponúknuť samostatný program na vzdelávanie inžinierov v najnovších energetických systémoch, akými sú vodíkové technológie alebo batériový systém.

Malo by sa zohľadňovať komplexnejšie vzdelávanie, najlepšie odvetvové. Je mimoriadne dôležité, aby sa miestne výskumné univerzity zúčastňovali na spoločných európskych programoch spolupráce, ako je napríklad sieť TeachHy (koordinátorská univerzita v Birminghame), ktorá sa zameriava na prípravu materiálov, navrhovanie a uskutočňovanie školení pre študentov v oblasti palivových článkov a vodíka.

Projekt pozostáva zo základnej skupiny vysoko skúsených inštitúcií pracujúcich so sieťou pridružených partnerov (univerzity, orgány odborného vzdelávania, priemysel a pod.). Program Teachy ponúka riešenia pre akreditáciu a vzájomné hodnotenie kurzov a umožňuje inštitúciám ponúkať školiace kurzy, ktoré by inak neboli k dispozícii, a zároveň poskytuje študentom prístup k zmesi osobného a e-learningového obsahu. Každá zapojená inštitúcia čiastočne prispieva k celkovému obsahu projektu.

Študenti doktorandského štúdia a mladí výskumní pracovníci z košických univerzít musia byť v krátkodobom horizonte konfrontovaní s výskumnými talentami v zahraničí v laboratóriách svetovej úrovne. Priemyselné vzdelávanie, naopak, poskytuje prístup k nedostupnému vybaveniu, údajom a silne aplikačným znalostiam.

Byť súčasťou takejto skupiny skúsených inštitúcií v medzinárodnej sieti ďalších pridružených partnerov (univerzity, inštitúcie odborného vzdelávania, priemysel atď.) prináša obrovské výhody pri zdieľaní skúseností. Program Teachy ponúka akreditova-



UNIVERSITY OF  
BIRMINGHAM



ný program a umožňuje inštitúciám ponúkať študentom kurzy a školenia, ktoré by inak nemohla zvládnuť jedna univerzita pri poskytovaní prístupu k obsahu e-vzdelávania.

Každá zapojená inštitúcia čiastočne prispieva k celkovému obsahu. Preto TUKE s UPJŠ pripravili výcvikový kurz - letná škola vodíka. TUKE sa od roku 2020 stala súčasťou aliancie univerzít ULYSSEUS, ktorá počíta s nadštandardnou výmenou študentov medzi partnerskými univerzitami zo 6 krajín EU.

Univerzity TUKE a UPJŠ budú zohrávať kľúčovú úlohu vo vzdelávaní v ére energetickej transformácie, vrátane batériových systémov, vodíka a súvisiacich technológií. Súčasťou projektu bude:

- odborná príprava vysoko kvalifikovaných pracovníkov (Bc., Ing./M.Sc., RNDr., PhD.),
- získavanie najnovších skúseností a najnovších poznatkov počas výskumných projektov,
- mentoring mladých vedcov, výskumných pracovníkov a inovátorov,



- príprava budúcich učiteľov,
- poskytovanie mentoringu v odbornej podpore študentom stredných škôl pri rozvíjaní vedomostí o vodíkových technológiách a súvisiacich činnostiach mimo vyučovacieho procesu,
- ponuka a riadenie kvalifikačných kurzov, školení, letných kurzov potrebných pre vhodnú pozíciu v novom druhu vodíkoveho a batérioveho priemyslu.



Výučba v oblasti vodíka, vodíkových technológií a palivových článkov na univerzitách TUKE a UPJŠ:

- V niektorých oblastiach a predmetoch zahrnutá odborná príprava v technológiách palivových článkov a možnostiach využívania vodíka. Pre lepšie zabezpečenie odborného profilu absolventa je potrebné vytvárať nové predmety priamo zamerané na danú problematiku.
- Zameranie na vzdelávanie v oblasti bezpečnosti palivových článkov a vodíkových technológií v spolupráci s Medzinárodnou asociáciou pre bezpečnosť vodíkových technológií.
- Priame zabezpečenie špecialistov na prácu s batériovými systémami, vodíkovými technológiami vytvorením samostatných študijných programov.
- Komplexná alebo špecifická výučba pod záštitou univerzít TUKE a UPJŠ na vybraných fakultách, ústavoch, katedrách.
- Doktorské študijné programy v spolupráci so Slovenskou akadémiou vied.



- Kurzy, školenia pre technických pracovníkov, operátorov a administrátorov, vytváranie rekvalifikačných kurzov v spolupráci s Úradom práce a sociálnych vecí.
- Príprava a zabezpečenie preškolenia pohotovostných služieb na situácie spojené s H pomocou virtuálnej reality, simulácie rozšírenej reality. [Halama, Orságová Králová, Baranová]





TECHNICKÁ UNIVERZITA  
V KOŠICIACH



# VODÍK+

Návrh medzinárodného vzdelávacieho programu  
VÝCVIKOVÝ KURZ - VÝUČBA V LETNEJ ŠKOLE

# TEACH<sub>2</sub><sup>4</sup>KE

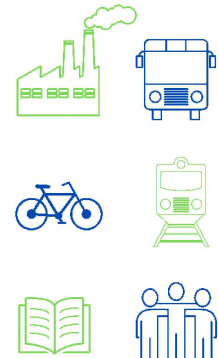




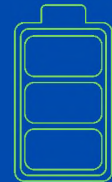
### I. MEDZIODVETVOVÝ POTENCIÁL

(v spolupráci s Národnou vodíkovou asociáciou Slovenska)

Elektrolýza malého rozsahu s využitím obnoviteľných zdrojov energie na ekologickú výrobu vodíka. Doprava a použitie vodíka prostredníctvom infraštruktúry pre zemný plyn. Preprava vagónmi. Potenciál chemických spoločností vyrábajúcich amoniak a hnojivá. Vodík v globálnej spoločnosti na výrobu ocele. Zdieľanie bicyklov, miestne autobusy, vodné skútre, turistické lode a veľa ďalších. Technológie palivových článkov pri spracovaní odpadu. Výzva v oblasti vzdelávania a povedomie verejnosti.

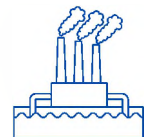


Jedinečná kombinácia ako inteligentná súhra medzi batériami a palivovými článkami pre veľký dojazd a krátke časy tankovania umožňujú použitie napr. vozidla vysokej každodennej praktickosti. V mnohých ďalších aplikáciách systém palivových článkov/batérií ponúka maximálnu účinnosť a pohodlie.



### III. GEOTERMÁLNA ENERGIA A VODÍK

Geotermálna energia ako jeden z najstarších zdrojov energie v Košickom kraji je pomerne ľahko dostupná. Táto energia by sa mohla použiť v geotermálnej elektrárni na napájanie elektrolyzných systémov, ktoré budú vyrábať vodík.



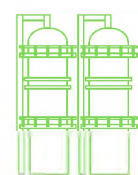
### IV.

Osvedčené postupy v doprave z vysoko plynofikovaných krajín po celej Európe. Európske projekty Black Horse a vodíkových ťahačov v Košickom kraji. Preprava vodíka pomocou vagónov od svetového výrobcu. Skladovanie vodíka pomocou nanoporéznych materiálov. Teória za technológiou metalhydridu atď.



### V. VEĽKOOBCHODNÁ VÝROBA AMONIAKU

Veľkovýroba amoniaku a jeho príspevok k vodíkovej ekonomike. Amoniak ako nosič vodíka. Elektrochemická oxidácia amoniaku na výrobu vodíka a dusíka. Lacné katalyzátory. Prípadová štúdia s TWI, UK.



**VI. VODÍK V METALURGIÍ**

Príklad z Voestalpine v Linzi, ako bojovať proti emisiám CO<sub>2</sub> pri ekologickejšej výrobe ocele. Potenciál na mieste u globálneho výrobcu US Steel Košice. Transformácia „šedého“ vodíka vo výrobnom procese ocele na „zelený“.

**VII.**

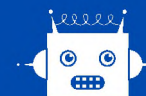
Prerezové činnosti. Princíp uzavretej slučky. Ekologická recyklácia membránových elektród z palivových článkov. Posudzovanie životného cyklu palivových článkov a podpora vodíkových technológií v procesoch riadenia atď.

**VIII. ASPEKTY VODÍKA A BEZPEČNOSTI**

Difúzia vodíka v kovových štruktúrach. Krehnutie vodíkom. Monitorovanie korózie plynovej infraštruktúry. Predikcia životnosti pomocou umelých neurónových sietí.

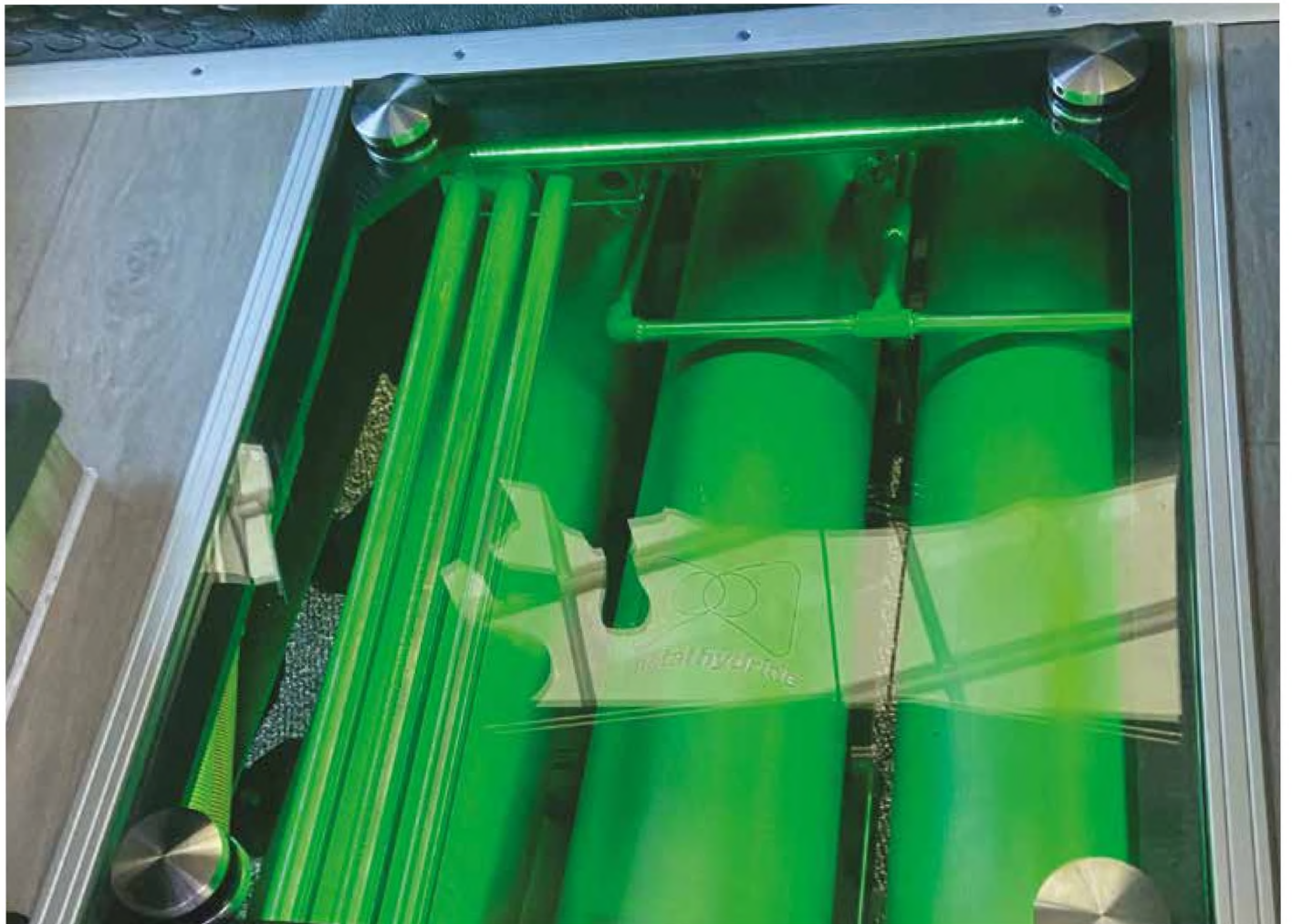
**IX.**

Opisné textové a vizuálne informácie pre účastníkov prostredníctvom inteligentných okuliarov alebo náhlavných súprav zvyšujúce ich schopnosť vykonávať činnosti a simulovať procesy. Ďalším spôsobom, ako prilákať a efektívne naučiť operátorov, študentov a vo všeobecnosti mladú generáciu, je použitie humanoidného AI robota vybaveného terabajtmi informácií o aplikáciách vodíkových technológií, teórii, manuálom, legislatíve atď.

**X. TECHNOLÓGIA VODÍKA V AKČNÝCH PLÁNOCH CESTOVNÉHO RUCHU**

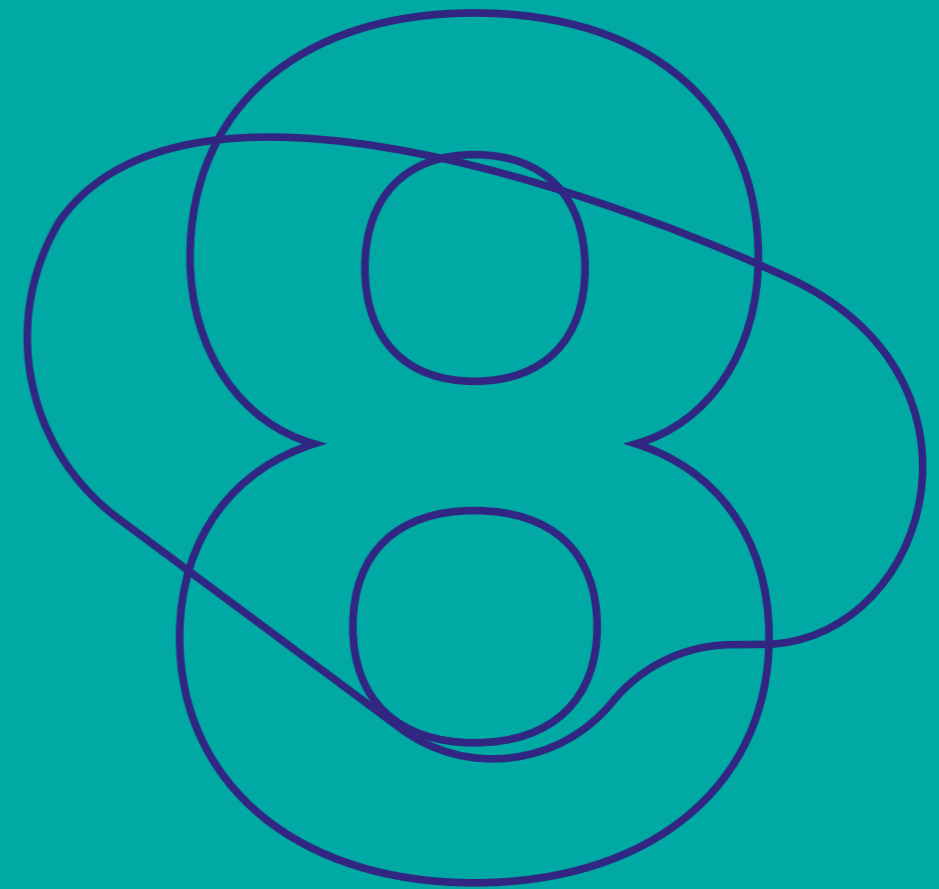
Potenciál mobilnej výroby vodíka v malom meradle elektrolýzou s využitím miestnych obnoviteľných zdrojov energie (kombinácia malých veterných turbín, vodných mlynov a fotovoltických panelov v blízkosti vodných zdrojov (rieky, jazerá). Nabíjacia stanica pre vodíkové bicykle bez pripojenia k sieti. Vodíkové vodné skútre a výletné lode s podporou alternatívnych zdrojov. Flotila malých hybridných autobusov (palivové články/lítium-iónové batérie), podpora vozidiel na letisku v Košiciach, elektrická a vodíková zdieľaná flotila bicyklov atď. Koexistencia tradičného kováčstva v Múzeu metalurgie vs. príkladná najnovšia technológia využívajúca priamu redukciu železnej rudy vodíkom.







Výhody  
pre komunitu  
Akčné plány



## Atraktívna bezemisná verejná doprava na medzinárodné letisko Košice

V mestskej hromadnej doprave smerujúcej na medzinárodné letisko Košice sa doteraz nevyužívajú električky. Spojiť tento najdostupnejší spôsob mestskej hromadnej dopravy s vodíkovým autobusom by vytvorilo prepravu s nulovými emisiami.



Vozidlá by mali byť vybavené 60 kW palivovými článkami a batériami. Batérie budú hlavným zdrojom elektrickej energie pre elektromotor. Nejde teda o pohon energie priamo do motorovej časti z palivových článkov, ale najskôr sa uskladní energia v batériách (autobusy by boli vybavené dvoma kolesovými nápravami s integrovanými výkonovými motormi - 2x 125 kW). Odpadové teplo z palivových článkov bude odvádzané tepelným čerpadlom a môže tak efektívne slúžiť na vykurovanie interiéru.

Vodíkový autobus je schopný na jedno natankovanie prejsť 350 km na dojazd, čo v prípade 2 km trasy Košice-Barca-Letisko predstavuje viac ako 100 ciest bez doplnenia vodíkom. Štandardným balíkom je 8-ročná servisná údržba vozidiel. Vodíkový autobus môže spojiť mestskú časť s letiskom. Električka má navyše prístup k turisticky zaujímavej soche pápeža Jána Pavla II. na stanici Barca. Prípadné čakanie na prestupy by priviedlo návštevníkov do miestneho parku, kde sa dá naviazať na gastro-kulinársku, kultúrnu alebo muzeálnu turistiku v kaštieli miestneho úradu.

Je to príležitosť, ako začať propagovať čistú technoló-

## KOŠICE INTERNATIONAL AIRPORT

giu, ktorá bude prenajímateľná kvôli prijateľnej cene za cestu cca 4 eurá (stále 3x lacnejšie ako taxi). Náklady na palivo pre vodíkové autobusy od roku 2017 (Bolzano, Taliansko) sú 0,90 eur za km, pričom náklady na údržbu toto dokonca prevyšujú (2,60 eur za km), ale stále sú celkové náklady na úrovni max. 3,62 eur za km. Dá sa ale predpokladať, že cena časom a s množstvom vodíkovej infraštruktúry poklesne.

Prípadným futuristickejším variantom by mohla byť malá verzia hybridnej električky, ktorá sa môže transformovať z čisto elektrickej verzie na „autobusovú“ električku vybavenú ďalšími kolesami a na časť trasy po asfaltovej ceste využívať vodíkové palivové články na výrobu elektriny pre elektrický motor, keď je mimo elektrickej siete.



## Flotila vodíkových bicyklov pre zelenú a efektívnu mobilitu turistov

Pred rokom začala spoločnosť Antik Telecom zdieľať flotilu bicyklov, aby prilákala ekologický spôsob zdravej verejnej dopravy. Ďalším krokom je v mnohých mestách rozšírenie o flotilu elektrobicyklov, ktoré si vyžadujú nabíjanie a značné investície do údržby.

Preto je potenciál vodíkových bicyklov atraktívny vďaka maximalizácii dojazdu až na 200 km a doplneniu paliva do 2 minút. Nielen samotný Košický samosprávny kraj, ale aj súkromní investori sú dnes už ochotní podporiť takúto iniciatívu vybudovaním infraštruktúry napr. pri atraktívnej vodnej ploche. V tomto prípade je veľmi perspektívne riešenie vo verzii „off-grid“ (t. j. mimo elektrickej siete) uplatniteľné v cykloturistických aktívnych oblastiach v celom regióne. Tu je rozhodujúci záujem potenciálnych operátorov o údržbu a technický servis, čo zvyšuje náklady, a tu by sa spolupráca so zamestnancami spoločností zaoberajúcich sa zberom a zvyškovým odpadom, spoločnosťami zaoberajúcimi sa odpadovým hospodárstvom alebo spolupráca s elektromobilnými stanicami zdala výhodná.



Plán výstavby prvej vodíkovej čerpacej stanice v Košiciach je zásadný a môže byť strategickým rozhodnutím pre celé Slovensko v prvej fáze zavádzania vodíkových technológií. Môže to byť prvá regionál-

na vodíková stanica v krajine. Poloha v Košiciach je ideálna vďaka najbližšej čerpacej stanici vo Viedni (Rakúsko) vo vzdialenosti 600 km, takže v dosahu dostupnom aj pre vodíkové auto na jedno natankovanie.

Vytvorí to príležitosť na nasadenie ďalších typov malých vozidiel, najmä lacných, vysoko efektívnych, hybridných, ľahkých vozidiel špeciálne navrhnutých na použitie vo veľkých spoločnostiach s vysokými emisiami CO<sub>2</sub> na letiskách atď. a neskôr pre vozidlový park s vysoko špecializovanými vozidlami, akými sú policajné vozidlá, smetiarske vozidlá atď. Existujú dva spôsoby, ako to realizovať. Jedným z nich je vybudovanie štandardnej čerpacej stanice s vysokou kapacitou (100 - 200 kg/deň) a s vysoko výkonnou technológiou (70 MPa) na tankovanie. Príkladom je Holandsko (Valónsko, Weser-Ems) alebo výstavba existujúcich menších staníc s nižšou kapacitou a tlakom, ako napríklad vo Veľkej Británii (Midlands a Plymouth).



Prvá varianta v Košickom kraji by pripadala do úvahy, ak sa v najbližšej budúcnosti rozhodnú pre veľkokapacitný elektrolyzátor a produkciu a zhodnocovanie vodíka U. S. Steel Košice, prípadne elektrárňou Vojany s blízkymi podzemnými zásobníkmi, prípadne SPP-Distribúcia bude schopná transportovať zmes vodíka a zemného plynu v existujúcich potrubiach. Druhé varianty sú schodnejšie už aj dnes.

## Vodíková infraštruktúra pri vodných plochách a cestovný ruch

Ďalším obrovským potenciálom je rozvoj mobilnej výroby vodíka v malom rozsahu elektrolyzou pomocou obnoviteľnej energie (fotovoltaických panelov, kombináciou malých veterných turbín, vodného mlyna a pod.) v blízkosti vodného zdroja (rieka, jazero) na nabíjanie vodíkových bicyklov, malých výletných lodí, vodných skútrov atď. v „off-grid“ režime, t. j. bez pripojenia k elektrickej sieti. Potenciálne sa dá využiť na niekoľkých miestach, kde počas sezóny slúžia cyklistické dráhy turistom. Takto sa dá dodávať vodík pre miestnu sezónnu flotilu zdieľaných bicyklov, výletných lodí a skútrov. Jeden poskytovateľ by takto

zvládol starostlivosť o flotilu vodíkových, elektrických bicyklov a skútrov nielen v Košiciach, ale môže variabilne meniť polohu infraštruktúry v ďalších lokalitách pri vodnej ploche s turistickým využitím.

Jedným z kritických problémov v tomto akčnom pláne sa môže zdať chýbajúci zdroj stabilnej elektriny, a práve v tomto kombinácia malého elektrolyzátoru, uskladnenia vodíka v tlakovej nádrži, uskladnenie prebytočnej OZE v batérii a palivový článok prinášajú elegantné riešenie.

Mobilnú verziu elektrolyzátoru je možné nainštalovať v oblastiach s najväčšou fluktuáciou cykloturistov, kde je potrebná existujúca infraštruktúra alebo minimálne investície do cyklistickej dráhy. Jedným z najlepších miest pre realizáciu tak tvoria vodné plochy ako Nad Jazerom či Bukovec pri Košiciach, Zemplínska Šírava, Vinianske jazero a tiež Domaša na pomedzí Košického a Prešovského kraja, kde existujú alebo sú vyvíjané ďalšie podporné aktivity, napríklad centrá vodných športov.

Atraktívne by mohli byť okrem bicyklov aj vodíkové výletné lode. So založením športových centier, parkov môže tak počet turistov rýchlo stúpať.



Obrázok: Vizualizácia off-grid vodíkovej infraštruktúry pri vodnej ploche (zdroj: Tesla Blue Planet s.r.o.)

Výhodou takéhoto riešenia je jednoznačne modularita takéhoto systému, pričom sa vie prispôbiť kapacite a výkonu, možnosti pripojenia OZE (vietor), prípadne vie poslúžiť aj pre zdieľanie infraštruktúry s elektromobilmi, elektroautobusmi a pod..

Ďalšia možná kombinácia preferujúcich riešení sa črtá napr. v širšej oblasti Domaše (aj príležiach obcí Košického kraja), kde je pridanou hodnotou historicky existencia metalurgického priemyslu so starým vodným mlynom ako súčasťou múzea. Tiež porovnanie najnovšej zelenej technológie ako redukcie železnej rudy vodíkom vs. klasickej výroby železa za pomoci uhlia a koksu môže byť veľmi zaujímavé pre poučenie návštevníkov, ako môžeme pomôcť Zemi v boji s klimatickými zmenami a znižovať emisie CO<sub>2</sub> a skleníkové plyny, čím zvyšujeme povedomie verejnosti.

Vyššie spomínané zelené riešenia dopravy pre turistov si vyžadujú tzv. „offgrid“ riešenie. Už aj na Slovensku máme vysokošpecializované technické tímy, ktoré vedia ponúkať „know-how“ a majú referencie z realizácie úspešných projektov s vodíkom a batériami v zahraničí.

Je možná aj čisto slovenská realizácia (Antik Telecom, Tesla Blue Planet Liptovský Mikuláš) v spolupráci so zahraničnými renomovanými výrobcami elektrolyzátorov, zásobníkov na vodík a prídavnými technológiami, pričom navrhovaný modulárny spôsob by bol elegantným, rýchlym a dostatočne výhodným akčným krokom v blízkosti vodnej nádrže Zemplínska Šírava.

Odhadovaná cena zahŕňajúca kryté stanoviisko pre bicykle s inštalovaným fotovoltaickým systémom 10 kWp o ploche 40 m, ročnou produkciou 10,2 MWe, batériovým systémom pre uskladňovanie prebytkov energie o kapacite 20kWh, elektrolyzérmi s výkonom 2 x 2,4 kW, výrobou 45g H za hod., kapacitou 5 kg s objemom nádrže 2 m<sup>3</sup> a plniacim stojanom pre 20 vodíkových bicyklov a 4 výletné lode je pod investíciou 100 000 Eur.

## Košická detská historická železnica

Košická detská historická železnica je jednokolejná úzkorozchodná železnica s dĺžkou 3,9 km. Nachádza sa v prímestskej rekreačnej zóne v údolí potoka Čermeľ v severnej časti Košíc. Historická lokomotíva je veľmi príjemným nostalgickým spôsobom, ako sa stretnúť s históriou a vyskúšať, ako sa parný stroj posúva za pomoci výdobytkov prvej priemyselnej revolúcie pomocou spaľovania uhlia. Na druhej strane produkuje značné množstvo emisií CO<sub>2</sub> viditeľným spôsobom, no musí sa povedať, že atraktívnym pre deti. Ak bude niektorá z veteránskych lokomotív pre-



stavaná na hybridnú, môže verejnosť porovnať tradičnú technológiu s najnovším prístupom za pomoci zelených technológií.

V dnešnej dobe, v časech transformácie energie, je to jedna z veľmi relevantných akcií a investícia do lokomotívy, ktorá využíva vodíkové palivové články aj batériu, môže pomôcť vzbudiť verejné povedomie u celej škály ľudí rôzneho veku. Nehovoriac, že popri trati sa vedľa opäť zapojiť vodíkové bicykle v prípade, že bude cyklotrasa predĺžená až do rekreačnej oblasti Aplinka.

## Energeticky sebestačný internát pre študentov

Tento koncept by mohol byť založený na použití solárnych panelov na strechách nízkonákladových obytných kontajnerových domčekov, ktoré premieňajú Slnko na energiu. Energia sa bude zhromažďovať v batérii, ktorá sa použije na napájanie elektrolyzéra. Elektrolyzér vyprodukuje plyný vodík štiepením molekúl vody na vodík a kyslík. Daždová voda by sa navyše mohla zachytávať do nádrže a neskôr destilovať na použitie v elektrolyzéri.



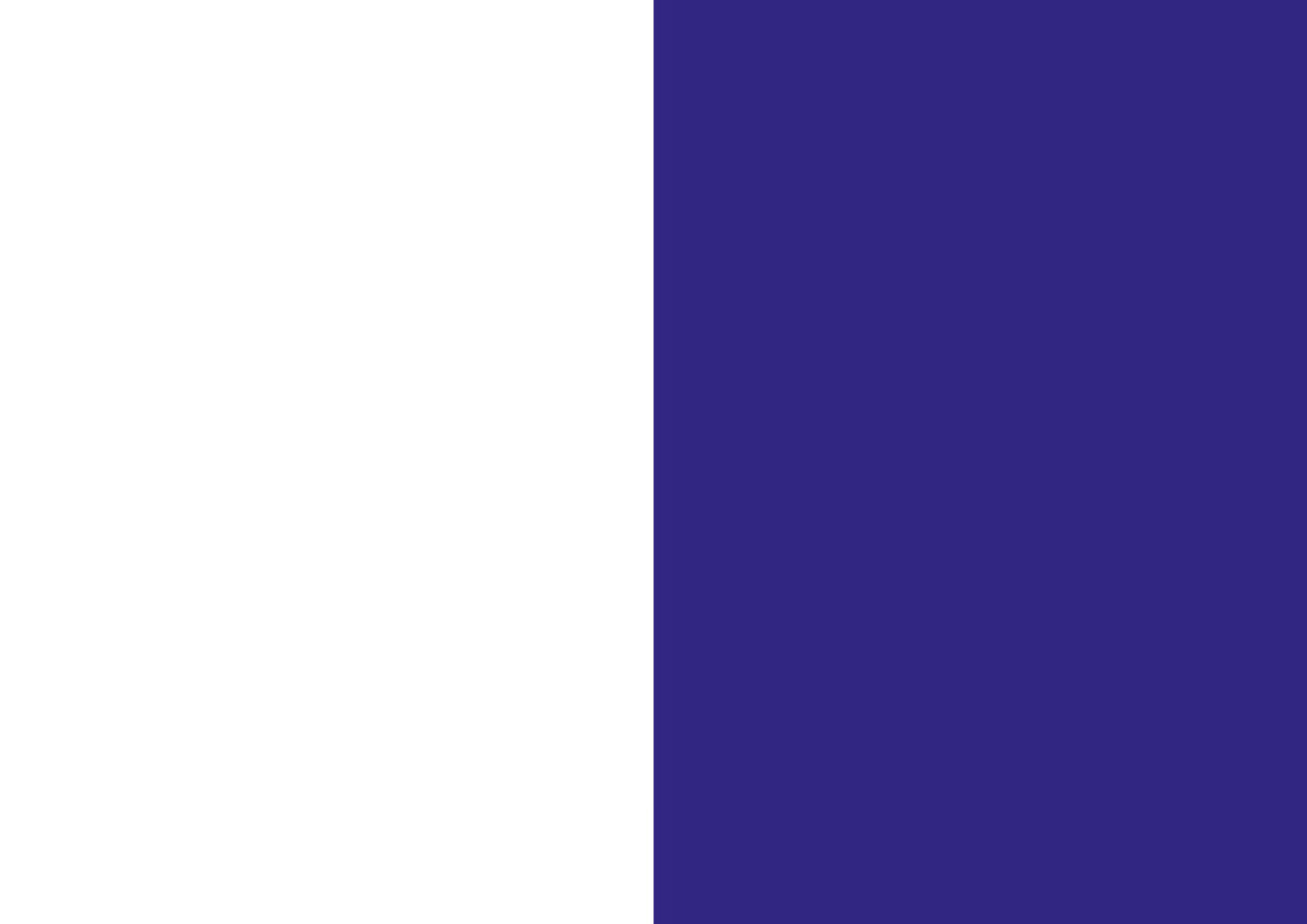
Vodík je možné skladovať v podzemných tlakových nádržiach počas letného obdobia a využiť na vykurovanie počas zimných období. Tento variant existuje už 3 roky vo Švédsku a sú ním napájané celé obytné bloky. Ak je potrebná energia, môže sa vodík pomocou vodíkového palivového článku čistým a efektívnym spôsobom premeniť späť na elektrinu. Jediné emisie zo systému sú kyslík a čistá voda. Navrhovaná koncepcia je zároveň šetrná k mestu a počíta s plánom opatrení na zadržanie vody, ktorý je v súlade so stratégiou vodného hospodárstva Košického samosprávneho kraja.

## Vyhliadkové lety kvadroptérou

Ďalším akčným plánom v oblasti cestovného ruchu, doslova na rozšírenie obzoru z nadhľadu, je využitie najnovších zelených technológií pre verejnosť vo forme vyhliadkových letov vodíkovou kvadroptérou ponad okolie Košíc a širokého okolia.

Pohon na vodíkové palivové články spĺňa požiadavky na rýchlosť, dojazd a užitočné zaťaženie. Každý 0,5 kg stlačeného vodíka obsahuje viac ako 200-násobné množstvo energie, ktoré by sa dalo uložiť v 0,5 kg lítium-iónovej batérii. Toto zníženie hmotnosti je nevyhnutné na splnenie letových výkonov. Komerčne budú v najbližšom období dostupné kvadroptéry s doletom viac ako 500 km a maximálnou rýchlosťou cca. 170 km/h. Takáto vodíková helikoptéra vie byť natankovaná kvapalným vodíkom približne za 10 minút a kvapalné vodíkové palivo sa dá ľahko transportovať k miestu použitia aj cisternou.









**KOŠICKÝ  
SAMOSPRÁVNY  
KRAJ**



**TECHNICKÁ UNIVERZITA  
V KOŠICIACH**