

„Studie vodík v Moravskoslezském kraji“

Objednatel: Moravskoslezské energetické centrum, příspěvková organizace, IČ: 03103820; 28. října 3388/111, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava

Dodavatel: Podnikatel Ing. Dalibor Matějů, IČ: 61046787
Na Pankráci 999/40, 140 00 Praha 4 - Nusle

Motto: Jak přežít rok 2021?

„Není to ten nejsilnější, kdo přežije, ani ten nejinteligentnější,
ale ten, kdo se dokáže nejlépe přizpůsobit.“

Charles Darwin

1



Pozn.: vypůjčil jsem si, námět pro motto do této Studie jako parafrázi z prezentace „Teplárenského sdružení“, ze dne 4. 10. 2017, na téma: **Teplárenství – současné a budoucí problémy a řešení**, kdy použil řečník, **výše uvedený** text motto pro rok 2020, obrázek je vlastní volba



Studie je spolufinancována se státní podporou Technologické agentury ČR (projekt TK02010187, Výzkum potenciálu využití vodíkových technologií pro transformaci energetického mixu Moravskoslezského kraje, nízkouhlíkové energetiky a rozvoj nízkoemisní dopravy) v rámci programu THÉTA.

Manažerské shrnutí

Zadání z objednávky číslo č. 101/2020 od Moravskoslezského energetického centra, příspěvkové organizace, které bylo současně i rámcem Studie znělo: „Ideový variantní návrh struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provazeb v MSK.“ Po analýze předmětu plnění, jsem dospěl k názoru, že dokumenty určujícími rámec pro řešení budou: Státní energetická koncepce (SEK), Územní energetická koncepce (ÚEK) Moravskoslezského kraje (MSK) a „Dopadová studie odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji“ (DS).

Zadávací věta pro Studii byla součástí dokumentace živého projektu TAČR zaměřeného na uplatnění vodíku v MSK. Po specifikaci východisek a provedení srovnávací analýzy, jsem postupně dospěl k následujícím závěrům:

1. Podíl výroby tepla z domácích paliv, zejména z uhlí, dosahoval v České republice (ČR) okolo 60 % a v soustavách zásobování teplem více než 80 %. V ČR je dobře zavedená kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Část zařízení SCZT pravděpodobně vyžaduje obnovu (alespoň v MSK dle DS; to platí zřejmě i v jiných regionech, což však není předmětem Studie).
2. Druhým, významným zdrojem energie v České republice, využívaným v současné době hlavně pro výrobu elektřiny, jsou jaderné elektrárny. I když je žádoucí, aby se začala významněji využívat část produkované tepelné energie z jaderných elektráren k vyhřívání obydlí větších městských aglomerací, tak v MSK to není dosud možné, ani ve střednědobém výhledu.
3. Do zásobování teplem, se postupně začíná prosazovat vodík. Je reálné předpokládat, že uplatnění vodíku bude narůstat zrychleným tempem zejména koncem druhé dekády a zejména ve třetí a čtvrté dekádě tohoto století.
4. Studie, se zaměřila na specifikaci nastavení vstupních podmínek k nastartování ověřovacích projektů s využitím vodíku v oblasti průmyslu (příprava záměru uplatnění vodíku v Třineckých železárnách - TŽ) a v dílčím segmentu městské hromadné autobusové dopravy (MHD) v Moravskoslezském kraji. Jejich uskutečnění by bylo žádoucím testem pro dosažení systémové změny v kontextu se zadáním.
5. Během krátkého období dojde k přípravě legislativy umožňující budoucí intenzivní využití vodíku v energetice. Je žádoucí, aby se také ČR a relevantní regiony zaměřily na spolupráci v přípravě této legislativy.
6. Vodík bude postupně uplatňován jako přídatné palivo do zemního plynu v rámci KVET (s cílem snižování emisí z elektráren/tepláren). Dále bude využíván jako nosič energie pro časové odložení její spotřeby. Za třetí jako palivo v rámci pohonu autobusů MHD, resp. nákladních vozidel technické správy města Ostravy a konečně jako redukční činidlo a palivo v rámci výroby surového železa.
7. Výroba vodíku se také může stát perspektivní alternativou regulace spotřeby elektrické energie, po ověření efektivnosti této varianty.
8. V této a v podobných souvislostech doporučuje Studie provedení analytických prací ve smyslu ověření, zda by alespoň částečná cesta v oblasti dopravy nemohla proběhnout levnější formou nežli je využití vodíkového palivového článku (autobus se spalovacím motorem využívající vodík jako palivo). Samozřejmě za podmínky,

že bude pro takové případy včas a uspokojivě vyřešeno nasazení nezbytné infrastruktury pro doplňování vodíku jako paliva. Takové opatření by pravděpodobně pomohlo urychlit přechod na vodíkovou autobusovou dopravu a silniční nákladní dopravu.

9. *Jestliže se i v Evropě hovoří, že vodík nabízí do budoucna více než jen bezuhlíkové řešení, a sice také dlouhodobé skladování energie a výhodnou spolupráci s intermitentními zdroji, tak trojkombinace jaderná energie ve formě malých modulárních reaktorů vhodného typu + obnovitelné zdroje + vodík může být ze střednědobého (10 let) až dlouhodobého (20 a více let) hlediska, skutečnou energeticko-průmyslovou inovací vysokého řádu.*
10. *Na základě analytických závěrů v souvislosti se zkoumanými možnostmi navrhuji jako výstup této Studie dva experimentální projekty. Ty by měly ověřit a podpořit rozvoj přípravy hromadné produkce vodíku ke zlepšení životního prostředí: Jedná se o projekty:*

10.1. VODÍKOVÉ AUTOBUSY

- Navrhované řešení by bylo zaměřeno na výrobu vodíku potřebného k napájení vzorku autobusů městské hromadné dopravy (MHD) Dopravního podniku Ostravy (DPO). S cílem ověření hledisek řízení poptávky po vodíku. Ověření by probíhalo na vzorku dvou různých typů autobusů provozovaných na vybrané lince v Ostravě (jeden vybavený palivovými články a druhý vybavený k přímému spalování vodíku).
- Projekt by zahrnoval vhodně umístěný plnicí systém a potřebný konvenční elektrolyzátor (k nízkoteplotní elektrolyze).
- Zdroj tepla (pravděpodobně menší paroplynová / kogenerační jednotka) pro danou SCZT by byl v prvním kroku provozován na zemní plyn s přípravou a realizací postupně se zvyšujícího přimíchávání vhodně upraveného vodíku do zemního plynu. Umístění v lokalitě budoucího jaderného řešení podle Dopadové studie (DS).
- Následně doporučuji přípravu praktického programu k budoucí účasti tohoto paroplynového zdroje na regulačních zkouškách poskytování podpůrných služeb (PpS) pro regionální distribuční elektroenergetickou soustavu (RDS) Moravskoslezského kraje.
- Projekt by byl vybaven vhodně dimenzovanými elektrolyzéry pro konvenční (nízkoteplotní) elektrolyzu, přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla.
- Paralelně by byly zahájeny přípravné, a později realizační práce pro cílové řešení, sestávající, po roce 2030, minimálně ze dvou modulů SMR (PWR). Předpoklad realizace nejpozději kolem roku 2035.
- Pro tyto kroky by byl sestaven podrobný věcný a časový plán realizace v kontextu doporučení Dopadové studie. Součástí projektu by bylo nastavení testovacího a sledovacího systému pro sběr dat potřebných k budoucímu rozvoji podobných výrobních zařízení.
- Projekt by navazoval na výstupy návrhů Uhelné komise a na záměry platné ÚEK, varianta pro technologické teplo k získávání vodíku pro účely dopravy.

10.2. VODÍKOVÉ ŽELEZO

- Toto řešení by bylo připravováno (a dimenzováno) pro výrobu vodíku potřebného k zabezpečení technologického tepla k výrobě surového železa, jinými slovy k

získávání vodíku používaného v procesech výroby surového železa a také k jeho využití jako doplnění vysokopevního paliva. Dále jako redukční činidlo při výrobě surového železa a podobných procesech v TŽ.

- Vloženým krokem před přechodem technologických procesů na cílové uplatnění vysokoteplotního reaktoru k výrobě a dodávce potřebného množství elektřiny a technologického vodíku i vodíku jako vysokopevního paliva by se mohl stát tento projekt. Jako první opatření doporučuji připravit a ověřit tento záměr na úrovni alespoň Předběžné studie proveditelnosti a instalovat přechodovou technologii.
- K získávání vodíku v navrhovaném případě bude smysluplné již od začátku dimenzovat proces na potřebné parametry vysokoteplotního média, s ověřením možnosti uplatnění termolýzy k získávání vodíku pro technologické účely (podpurné vysokopevní palivo a hlavně redukční činidlo);
- Příprava by dále byla zaměřena na alespoň dílčí zásobování relevantních SCZT (Třinec, Orlová) a po ověření efektivnosti, pak na kompletní dodávky tepla.
- Tankovací systém pro plnění do skladovacích nádrží resp. přepravní a potřebný vysokoteplotní elektrolyzátor by mohl být v areálu Třineckých železáren. Vodík by se připravoval kombinací termolýzy anebo vysokoteplotní elektrolyzy vhodně dimenzovaným procesem.
- Zdroj tepla, spalovací plynová turbína, spolu s menší paroplynovou jednotkou, by byl připravován pro kombinované spolupůsobení ve prospěch technologického procesu TŽ a pro danou SCZT. V prvním kroku by byl, provozován na zemní plyn (později by byl tento technologický soubor nahrazen vysokoteplotním jaderným reaktorem a souvisejícím technologickým zařízením).
- Projekt by byl vybaven vhodně dimenzovanými zařízeními pro využití tepla ze spalovací turbíny k termolýze a součinnosti na parní elektrolyze. Přebytky vodíku pokud by nějaké byly, budou využity pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku do procesu vyhřívání vysoké pece.
- Jako první krok by měl být připravován praktický plán k budoucí účasti tohoto paroplynového zdroje na regulačních zkouškách poskytování PpS pro regionální distribuční elektroenergetickou soustavu (RDS) Moravskoslezského kraje.
- Pro tyto kroky by se musel sestavit podrobný časový a věcný plán přípravy a realizace v kontextu doporučení Dopadové studie (komunikační část projektu, příprava personálu, ověřovací dílčí projekty, testovací a vyhodnocovací moduly, atd.).
- Projekt by navazoval na výstupy návrhů Uhelné komise a na záměry platné ÚEK, varianta pro technologické teplo k získávání vodíku pro účely dopravy.
- Paralelně by byly zahájeny přípravné, a později realizační práce pro cílové řešení sestávající po roce 2032 minimálně ze dvou (více) modulů SMR, pravděpodobně (HGTR) s předpokladem realizace cca kolem roku 2040, umístěných na jedné z předběžně vytipovaných lokalit k instalaci SMR v Dopadové studii připravené MEC.
- Výrobní technologie by sestávala minimálně ze dvou modulů SMR s vysokoteplotními reaktory (např. typu HTGR). Zařízení by bylo projektováno jako tandem vysokoteplotní elektrolyzy a termolýzy.
- Přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku jako vysokopevního paliva.
- Jako přídavek by se ověřoval speciální scénář propojených projektů ve smyslu výroby vodíku v jednom místě (Třinec) a rozvod vodíku potrubími do ostatních lokalit. Se sdruženými prostředky od TŽ, Liberta, DPO a ostatních zájemců o dodávky vodíku.

Obsah

Manažerské shrnutí.....	2
1. Úvod.....	7
1.1 Studie jako součást řešení Projektu TAČR.....	7
1.2 Další východiska důležitá pro zpracování Studie.....	9
1.2.1 Souvislosti s platnou Státní energetickou koncepcí ČR.....	9
1.2.2 Souvislosti s platnou Územní energetickou koncepcí Moravskoslezského kraje ...	16
1.2.3 Souvislosti s Dopadovou studií Moravskoslezského energetického centra	25
1.2.4 Souvislosti s vybranými informacemi, tezemi a údaji z relevantních textů	27
1.3 Vstupy ke zpracování Studie na bázi protiplnění od Objednatele.....	30
1.4 Vliv vstupů a protiplnění na zpracování Studie	32
2. Možnosti užití vodíku	33
2.1 Vodík a jeho vlastnosti	33
2.1.1 Další informace o vodíku	33
2.2 Bezpečnost užití vodíku a vodíkových aplikací	34
2.3 Využití vodíku popsané v Dopadové studii	35
2.4 Diskuse užití vodíku dle zadání Studie.....	36
3. Způsoby získávání vodíku obecně	37
3.1 Vybrané informace o způsobech získávání vodíku	37
3.1.1 Primární energetické zdroje k výrobě vodíku	37
3.1.2 Stručný přehled výrobních technologií k získávání vodíku	38
3.1.3 Závěr k získávání vodíku.....	41
3.2 Diskuse k využití elektrolýzy / termolýzy k výrobě vodíku	42
3.2.1 EU různým projektům otevřeně vyjadřuje podporu	42
3.2.3 Možností bude importovat vodík například z Ukrajiny	43
3.2.4 Shrnutí informací o výrobě, skladování a transportu vodíku.....	44
4. Výběr vhodné metody získávání vodíku.....	46
4.1 Přístupy k sestavení strategií uplatnění vodíku.....	46
4.2 Diskuse k uplatnění metody získávání vodíku v MSK.....	56
4.2.1 Hypotéza VODÍKOVÝ AUTOBUS.....	57
4.2.2 Hypotéza VODÍKOVÉ ŽELEZO.	58
4.3 Přístupy k řešení dle Dopadové studie – Jaderný scénář	59
5. Dostupnost technologií malých modulárních reaktorů	60
5.1 Diskuse k dostupnosti malých modulárních reaktorů.....	60

5.2 Možnosti uplatnění malých modulárních reaktorů v MSK	60
5.3 Doporučení k výběru typů SMR z hlediska produkce vodíku.....	61
6. Variantní návrh uplatnění vodíku v Moravskoslezském kraji.	62
6.1 Teze na téma vodíkové hospodářství.....	62
6.1.1 Vodíkové hospodářství	62
6.1.2 Vodík jako palivo pro vozidla	63
6.2 Teze na podporu rozšiřování využití vodíku v Moravskoslezském kraji.....	64
6.3 Scénáře pro přípravu rozvoje využití vodíku v Moravskoslezském kraji.....	66
6.3.1 Scénář VODÍKOVÉ AUTOBUSY	66
6.3.2 Scénář VODÍKOVÉ ŽELEZO.....	67
6.4 Teze případové studie rozvoje využití vodíku v SCZT MSK	68
6.5 Doporučení postupu rozšíření využití vodíku v MSK.....	69
7. Závěr Studie využití vodíku v Moravskoslezském kraji.....	69
Přílohy	73
Příloha č. 1: Předmět plnění Studie vodík v MSK.....	73
Příloha č. 2: Případový příklad řešení na bázi H2@Scale within the USA.....	74
Příloha č. 3: Modelový případ v oblasti Třinec	81
Seznam zkratk	86
Seznam pojmů	90
Seznam značek fyzikálních veličin a chemických sloučenin, a jejich jednotek.....	94
Seznam použité literatury	96
Seznam obrázků.....	97
Seznam tabulek	97

1. Úvod

Předmětem plnění je Studie vodík v Moravskoslezském kraji (dále Studie; dále MSK), která byla zpracována jako ideový variantní návrh užití vodíku v energetice regionu.

Zadání Studie podle Objednávky č. 101/2020 od Moravskoslezského energetického centra (dále MEC), zní:

Rámcem Studie je „Ideový variantní návrh struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provazeb MSK.“ Předmět plnění Studie je uveden v její Příloze č. 1: Příloha Předmět plnění Studie vodík v MSK – příloha Objednávky č. 101/2020.

1.1 Studie jako součást řešení Projektu TAČR

Studie respektuje stav Projektu s názvem „Výzkum potenciálu využití vodíkových technologií pro transformaci energetického mixu Moravskoslezského kraje, nízkouhlíkové energetiky a rozvoj nízkoemisní dopravy“. Identifikační číslo projektu je TK02010187 (dále jen Projekt), vyhlášeného Technickou agenturou České republiky (TAČR). Základní údaje Projektu jsou uvedeny v dokumentu:

Příhláška Projektu „Výzkum potenciálu využití vodíkových technologií pro transformaci energetického mixu Moravskoslezského kraje, nízkouhlíkové energetiky a rozvoj nízkoemisní dopravy“ PID: TK02010187 zařazený v rámci 2. veřejné soutěže Programu na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací THÉTA TAČR, Podprogram 1 - Výzkum ve veřejném zájmu řešený v období 05/2019 – 04/2022 Hlavní příjemce: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [\[1\]](#).

Stručný popis souvislostí extrahovaný z popisu v Projektu: Moravskoslezský kraj prochází postupnou transformací v oblasti využívání a integraci nových energetických zdrojů ve všech oblastech lidské činnosti se snahou ideálně aplikovat nejlepší dostupné technologie (BAT), za které lze považovat i vodíkové technologie v celém jejich aplikačním portfoliu. Vodíkové technologie ze své podstaty neznamenaají pouze dílčí aplikace či jednoúčelová technologická řešení, ale jedná se svým rozsahem o multidisciplinární technologickou platformu, v rámci níž je nutno diferencovaně a systematicky přistupovat k jejich uplatňování a zavádění do reálného života regionu.

Předmětem Projektu je výzkum potenciálu Moravskoslezského kraje pro větší využití vodíku v energetice, dopravě a průmyslu. Budou identifikovány překážky, bariéry a současně potřeby a příležitosti na krajské i národní úrovni. Budou identifikováni klíčoví hráči pro řešení všech aspektů, které brání nebo naopak podporují rychlé zavedení vodíku jako náhrady tradičních energetických zdrojů. Řešitelský tým bude zkoumat potenciál vodíkových technologií jako nástroje pro dokončení restrukturalizace Moravskoslezského kraje, zprostředkované výstupy budou využitelné také pro další uhelné regiony v ČR i EU. Výzkum bude zahrnovat hlavní technologické výzvy, nezbytné změny v oblasti legislativní, ekonomické a environmentální.

Moravskoslezské energetické centrum, příspěvková organizace (dále MEC), vychází z představy, že nastoupení cesty rozvoje a podpory MSK jakožto “vodíkového regionu” poskytne v nadcházejícím období technologickou platformu, která může významně přispět k završení desítek let restrukturalizace průmyslové základny. A to na základě energetické soběstačnosti a vytváření podmínek užitečného rozvoje průmyslových

odvětví regionu, zejména v oblasti vhodného směru dalšího rozvoje energetiky, zabezpečujícího potřebnou kvantitu i kvalitu elektřiny a tepla pro průmysl, obyvatelstvo i další obory činností realizované v MSK (např. městská hromadná doprava).

Hlavní motivací realizace předkládaného projektu je v MSK, jakožto strukturálně postiženému regionu ČR, důkladné prozkoumání, příprava postupů a návrhu nutných opatření využívání politických intervencí a dotačních rámců, dále propojení a vytvoření nových zájmových struktur v energetice MSK, zaměřených na vodíkovou ekonomiku.

MEC, jakožto příspěvková organizace Moravskoslezského kraje (MSK) očekává, že výstupy Projektu významně přispějí k nastavení zcela nových nebo již zahájených procesů energetické transformace MS kraje a dalších regionů, nasazení nových zdrojů a umožnění rozvoje zcela nových energetických služeb. V první řadě však tím dojde k efektivní podpoře dosahování emisních cílů pro CO₂ v EU. Dále pak energetické efektivitu EU a ČR významným přechodem na nízkoemisní / bezemisní zdroje energie. Moravskoslezský kraj má ambici v rámci ekonomické transformace tzv. uhelných regionů se stát místem, kde významnou dominanci v energetice, průmyslu a dopravě získají primárně čisté technologie, které významně zvýší kvalitu života a konkurenceschopnost celého regionu. Právě výzkum realizovaný v tomto Projektu má dosažení tohoto cíle celkově napomoci. Jedná se o oblast bezemisní energetiky, kde je ambicí Moravskoslezského kraje nahradit do roku 2030 co největší počet uhelných stacionárních zdrojů tepla pro domácnosti i podniky takovým zdrojem energie, který bude k životnímu prostředí co nejšetrnější. Náhrada uhlí vodíkovými technologiemi je v energetice na rozdíl od dopravy při stavu dnešního poznání v prvotní fázi aplikovaného vývoje a Moravskoslezský kraj deklaruje svoji připravenost se na tomto výzkumu a vývoji aktivně podílet a činit kroky k realizaci vybraných řešení.

Předmět Studie patří do části 2 „Návrhová fáze“, jako činnost: 2.2 Ideový variantní návrh struktury a měřítko lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provazeb MSK. Struktura Návrhové fáze je tato:

Návrhová fáze má navazovat na výstupy Analytické fáze Projektu a zahrnuje řadu dílčích konkrétních intervenčních návrhů:

- 2.1 Návrh konkrétních inovativních opatření formou ideového záměru uplatnění H2T,
- 2.2 (Předmět Studie) Ideový variantní návrh struktury a měřítko lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provazeb MSK,
- 2.3 Návrh kvantifikačních postupů pro hodnocení a interpretaci přínosů a environmentální efektivity,
- 2.4 Návrh podnětů pro aktualizaci koncepčních, metodických a strategických dokumentů na krajské i národní úrovni,
- 2.5 Návrh modelu vodíkového regionu přenositelného do dalších regionů.

Poznámka: Struktura předchozí části 1 „Analytická fáze“ Projektu, zahrnuje:

- 1.1 Detailní analýzu stavu poznání a dobrých praxí a uplatnění vodíku při přechodu na nízkoemisní technologie ve světě se zaměřením na uhelné regiony,
- 1.2 Detailní analýzu prostředí, potřeb a připravenosti MSK ve vazbě na využití vodíkových technologií (H2T),
- 1.3 Průzkum jednotlivých subjektů MSK a jejich možností využití nebo nasazení H2T do své struktury nebo procesů, úroveň participace a kategorizace jejich zájmu,
- 1.4 Analýza rolí a odpovědností jednotlivých stakeholderů při prosazování a podpoře integrace H2T v MSK,

- 1.5 Analýza potenciálu průmyslových firem v MSK při přechodu na vodíkové technologie,
- 1.6 Výzkum rizika nasazení H2T, bezpečnosti provozu nebo prevence vzniku škod a dalších v podmínkách MSK.

1.2 Další východiska důležitá pro zpracování Studie

Níže jsou uvedena východiska a souvislosti, které Studie v dalším textu kapitol 2 až 7 respektuje. Jsou to vybrané ustanovení a požadavky relevantních závazných dokumentů jako Státní energetická koncepce ČR a Územní energetická koncepce MSK, v platném znění. Níže jsou uvedeny také parafráze z vybraných tematicky relevantních článků různých periodik a prací. Pozn.: V textu dalších kapitol Studie jsou také uvedena specializovaná východiska dodaná Objednatelem Studie, v rámci zadání anebo vyžádaného protiplnění Objednatele pro Dodavatele (viz část 1. 3., níže), případně na základě jednání Dodavatele s Objednatelem v průběhu zpracování Studie.

1.2.1 Souvislosti s platnou Státní energetickou koncepcí ČR

Níže uvedené odrážky zahrnují vybrané odstavce (případně jejich parafráze) Státní energetické koncepce (dále jen SEK) v jejím platném znění¹, souvisící s předmětem Studie a evokující další kroky řešení Studie:

1. (**1 Poslání a rámec SEK**, str. 4, druhý odst., zní ve smyslu): Dlouhodobá vize energetiky ČR stanovuje spolehlivé, cenově dostupné a dlouhodobě udržitelné zásobování domácností i hospodářství energií (elektřinou a teplem). Tato vize propojuje vrcholové strategické cíle energetiky ČR, kterými jsou: **bezpečnost – konkurenceschopnost – udržitelnost**. Uvedené tři pojmy jsou jednak vysvětleny v SEK a také podrobněji popsány v Dopadové studii odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji, [viz 1.2.3](#) (dále Dopadová studie).
2. (**1 Poslání a rámec SEK**, str. 4, čtvrtý odst., postuluje následující aspekt): Státní energetickou koncepcí formuluje vláda ČR politický, legislativní a administrativní rámec ke spolehlivému, cenově dostupnému a dlouhodobě udržitelnému zásobování energií (tepla a elektřiny). Státní energetická koncepce je ve smyslu zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (dále zákon o hospodaření s energií), strategickým dokumentem vyjadřujícím cíle státu v energetickém hospodářství v souladu s potřebami hospodářského a společenského rozvoje, včetně ochrany životního prostředí. Mimo jiné také sloužícím pro vypracování územní energetické koncepce (dále ÚEK) každého kraje ČR. V tomto ustanovení je zřejmý přímý vliv SEK na ÚEK.
3. (**1 Poslání a rámec SEK**, str. 4, pátý odst., definuje, že): SEK k naplnění výše uvedené dlouhodobé vize stanovuje **strategické cíle energetiky ČR** a definuje **strategické priority** v horizontu stanoveném zákonem a současně na období, ve kterém je obvykle zajištěna ekonomická návratnost investic do všech typů zdrojů a sítí a ve kterém lze ještě rozumně předvídat základní charakteristiky budoucího vývoje. Investice do výstavby nových zdrojů zajišťují energetické společnosti a rozhodování plně vychází z očekávané návratnosti investic. Stát může prostřednictvím svých nástrojů ovlivnit chování investorů v omezené míře a

¹ Státní energetická koncepce (SEK) Praha 2014, vydána na začátku 2015, aktualizovaná verze schválená Vládou ČR 18. 5. [\[2\]](#)

způsobem slučitelným se soutěžním právem. SEK musí poskytnout nejen dlouhodobou orientaci, ale i nezbytnou flexibilitu ve vztahu k technickému a ekonomickému vývoji. Tím SEK ovlivňuje ÚEK.

4. **(3.1 Současná situace** (k datu aktualizace SEK: 18. 5. 2015) **a stav tuzemské energetiky**; str. 12, třetí odst., uvádí, že): **Spotřeba primárních energetických zdrojů** byla v ČR k datu vypracování aktualizace SEK, z téměř 50 % pokryta domácími zdroji. Ukazatel dovozní energetické závislosti ČR (včetně zahrnutí jaderného paliva) dosahoval asi 50 % a patřil k nejnižším v celé EU. To byla a je, v situaci celosvětového důrazu na energetickou bezpečnost, jedna ze silných stránek tuzemské energetiky, kterou by bylo žádoucí i nadále udržet, volbou správné strategie. Současný průměr EU byl vyšší, a pohyboval se na úrovni cca 60 %. (Z hlediska ČR to bylo, mimo jiné také dáno dostatečně velkým podílem jaderné energetiky v energetickém mixu.) ČR byla, a stále ještě je, plně soběstačná ve **výrobě elektřiny a tepla**. Struktura zdrojů elektřiny byla, a prozatím ještě je, stabilní. Podíl **výroby tepla** z domácích paliv dosahoval okolo 60 % a v soustavách zásobování teplem více než 80 %. V ČR je dobře zavedená kombinovaná výroba elektřiny a tepla, přičemž ve velkých a středních zdrojích činí podíl kogenerace necelých 70 % z celkové hrubé výroby tepla. Podíl kogenerační výroby tepla na celkové výrobě tepla (včetně decentralizovaných zdrojů bez domácností), však činí necelou polovinu. Předností kogenerační výroby je vysoký stupeň využití energie paliva. V kogeneraci je zároveň vyráběno 12-13 % hrubé výroby elektřiny. Prioritou dalšího vývoje je efektivnější využití vyrobeného tepla i elektřiny. Většina soustav centralizovaného zásobování teplem (dále SCZT), používá dosud jako palivo domácí hnědé a černé uhlí. Teplárny s kogenerační výrobou, vedle vytopen malého výkonu, se také podílí na nejefektivnějším využití biomasy. Současně se tímto opatřením řeší, z hlediska technicko – ekonomického a životního prostředí, příznivější úroveň koncentrace emisí škodlivin.
5. (str. 13, druhý odst., popisuje, že): Hlavní podíl na celkových primárních energetických zdrojích tvoří dosud stále tuzemské zdroje energie, a to díky vysokému využití domácího hnědého a černého uhlí při výrobě elektřiny. České energetice dominují uhelné zdroje, které dodávají, jako zdroje základního zatížení, téměř 60 % elektrické energie a velkou část tepla prostřednictvím dálkového vytápění. Uhlí je v ČR využíváno též pro individuální vytápění. Rozhodující část výrobních zdrojů v oblasti tepla a elektřiny z uhlí se blíží hranici ekonomické a fyzické životnosti. I přes některé ekologické aspekty využití uhlí se zdá, že tato domácí surovina v horizontu SEK není v plné míře nahraditelná, a to z bezpečnostního i ekonomického hlediska. Zejména proto musí být dalším cílem energetické politiky zajištění moderní vysoce účinné technologie jejího využívání a současně je nezbytné, zejména v teplárenství hledat smysluplná opatření odchodu od uhlí v co možná nejkratší době. Spotřeba hnědého a černého uhlí- bude v horizontu SEK se snižující se dostupností postupně klesat (termín odchodu od uhlí navrhuje Vládě ČR uhelná komise svým usnesením, v roce 2038. Snižování podílu uhlí na výrobě elektřiny a tepla v ČR by v dlouhodobém horizontu mělo být plynulé a mělo by být provedeno takovým způsobem, aby se zbývající uhelné zásoby využívaly co nejefektivnějším a nejekologičtějším způsobem. Takové postupy jsou známy, jak teoreticky, tak prokázány i prakticky. Z ekonomického

hlediska se jejich použití nejevilo jako rozumné. Je zcela reálné začít i v této oblasti hledat východiska (např.: zplyňováním uhlí a se získáním vodíku s jeho využitím jako nosiče energie a vázáním uhlíku do uhličitanu vápenatého: viz https://www.osti.gov/biblio/651043-adding-value-coal-feedstock-hydrogen-plant_a https://en.wikipedia.org/wiki/Water-gas_shift_reaction.

6. (str. 13, čtvrtý odst., charakterizuje přednost energetického mixu ČR takto): Druhým významným zdrojem energie v České republice, využívaným v současné době hlavně pro výrobu elektřiny, jsou **jaderné elektrárny**. Ty nyní dodávají přes 33 % vyráběné elektřiny. Jaderné elektrárny jako takové se dosud obvykle budují mimo hustě osídlené oblasti a produkují elektrickou energii v základním zatížení. Pravidelný špičkový provoz, ač technicky možný a aplikovaný i některými státy (Německo, Francie), není z ekonomického hlediska (nízké variabilní palivové náklady a vysoké fixní investiční náklady), z hlediska zaměření SEK smysluplný, a v mnohých případech je také limitovaný provozními parametry. Dlouhodobá životnost, vysoký faktor využití, spolehlivý, levný a předvídatelný provoz jsou typickými vlastnostmi jaderných elektráren. Nezanedbatelnou strategickou výhodou je vysoká koncentrace energie v jaderném palivu, což umožňuje, na rozdíl od všech ostatních zdrojů, možnost vytvoření strategických zásob fabrikovaného paliva na několik let provozu. Výkon velkých jaderných elektráren, objem počáteční investice a zejména délka investičního horizontu je předurčuje jen pro velké a dlouhodobé investory. Nízké palivové náklady se ale stávají nespornou cenovou výhodou jaderných zdrojů po uplynutí doby umoření počátečních investic. V budoucnosti, se nabízejí i další možnosti využití jaderných elektráren ve formě malých modulárních řešení, která umožňují i jiné formy využití jaderné energie v regionálních měřítkách. Proto budou možná řešení, kterými se například zabývá Dopadová studie.
7. (str. 14, druhý odst., charakterizuje jadernou část energetického mixu a její výhled): V ČR fungují dvě jaderné elektrárny, v Dukovanech a v Temelíně. Investičně jsou jaderné elektrárny, uplatněné dosavadním způsobem, velmi náročné. To je také důvod, proč jsou citlivé na stabilitu politického a ekonomického prostředí, o kterou SEK usiluje. Oblast jaderné energetiky je též velmi citlivá z hlediska mezinárodních vztahů. V časovém horizontu SEK je v závislosti na predikci bilance výroby a spotřeby elektřiny, aktuální výstavba dalších jaderných bloků s výrobou přibližně 20 TWh (to znamená 2 bloky o jednotkovém výkonu do 1200 MW_e) do roku 2035. S tím souvisí i prodloužení provozování stávajících čtyř bloků v elektrárně Dukovany při ověření a povolení k takovému prodloužení od SÚJB² (na 50 let, tedy do let 2035 až 2037, nebo dokonce i na 60 let, tedy do let 2045 až 2047) a později případná stavba dalšího bloku (o výkonu do 1200 MW_e) v horizontu odstavení jaderné elektrárny Dukovany (to znamená buď spuštění nových bloků v letech 2035 až 2037, resp. 2045 až 2047). Jaderná energie by tímto opatřením dlouhodobě mohla přesáhnout 50% podíl na výrobě elektřiny a nahradit tak významnou část uhelných zdrojů. **Současně je žádoucí, aby se začala významněji využívat část**

² SÚJB ve skutečnosti prodloužil životnost (povolil provozování) jednotlivých bloků JE Dukovany na dobu neurčitou, se stanovením individuálních podmínek k provozování dílčích částí technologie každého bloku k pevně určenému termínu, dokdy musí provozovatel prokazovat stav (i opakovaně) ...

produkované tepelné energie z jaderných elektráren k vytápění větších městských aglomerací. ³Pro případné pokračování, a případně rozšíření využití jaderné energie, i v delším časovém horizontu je nezbytné také prozkoumat, a podle potřeby i připravit, lokality pro budoucí další jaderné elektrárny po roce 2040 (to by se týkalo možných 2 bloků v Temelíně a případně v období po roce 2045 také v oživení záměru v lokalitě Blahutovice, v Moravskoslezském kraji).

8. (str. 14, třetí odst., uvádí údaje, že): Dalším významným energetickým zdrojem je v ČR zemní plyn, využívaný pro výrobu elektřiny nebo pro dálkové i individuální vytápění bytových domů a hospodářských objektů. Přímé užití zemního plynu pro vytápění obydlí, nebo bytových domů, využívá cca 27 % domácností. Většina soustav zásobování teplem založených na zemním plynu je závislá na dodávkách zemního plynu bez možnosti přechodu na alternativní zdroj. Tato forma tepla (spalováním zemního plynu), zásobuje teplem cca 10 % obyvatelstva v ČR. Současný podíl plynu na výrobě elektřiny je přibližně 2,5 %. Spotřeba zemního plynu, se za posledních deset let snížila o 20 %, a to i přes nárůst počtu odběratelů o cca 800 tisíc. Je to především v důsledku zateplování objektů a využívání účinnějších spotřebičů, dále také díky snižování některých druhů průmyslové výroby a v neposlední řadě i díky vývoje ceny plynu pro domácnosti. Některé plynové zdroje jsou vhodné pro vykrývání špiček ve spotřebě a dále také nestability v provozu některých obnovitelných zdrojů energie (fotovoltaických a větrných elektráren s intermitentním způsobem získávání elektřiny ze slunečního záření anebo z větru). Vzhledem k ekologickým vlastnostem plynu a k technickým vlastnostem plynových spalovacích elektráren je vhodné směřovat využití plynu do zdrojů společné výroby elektřiny a tepla (kogenerace a mikro-kogenerace) s vysokou účinností i pro poskytování podpůrných služeb v elektroenergetice. Významným sektorem využití zemního plynu by se mohla stát i doprava. V tomto případě by podle SEK, mohl zemní plyn střednědobě sloužit k náhradě části kapalných paliv. Celkový podíl plynu na energetickém mixu by měl tedy na přechodnou dobu stoupnout. V období po roce 2045, by mělo začít utlumování využití plynu ke spalování, ze stejných důvodů, jako byly shledány u uhlí. Toto bude nezbytné vzít v uvedeném časovém hledisku v úvahu. Tato Studie se přímo uvedeným problémem nezabývá. Bere jej však v úvahu pro hodnocení budoucích řešení.
9. (str. 14, čtvrtý odst., uvádí informace o tom, že): Bezpečnost a spolehlivost dodávek plynu bude dosahována, pokud dodávky budou stabilní, systémy pro dopravu plynu a kapacita zásobníků plynu budou správně rozvinuty a dimenzovány. Značnou **část celkové roční spotřeby zemního plynu** (ale ne více) lze, díky dostatečné kapacitě tuzemských zásobníků plynu, skladovat přímo na území České republiky. Pokud se jedná o oblast dodávek plynu, je tuzemská spotřeba prakticky stoprocentně závislá na dovozu této energetické komodity. Dominantním dodavatelem zůstává Ruská federace, doplněná Norskem a v posledním období se zvyšuje i objem plynu získaný obchodováním na spotových trzích v rámci EU. Česká republika již učinila a v současnosti činí řadu opatření pro zajištění plynové

³ Takový záměr je ovšem možný v nejbližších 30 letech pouze v efektivně dosažitelné vzdálenosti od dosud provozovaných jaderných elektráren Dukovany a Temelín, tedy nikoliv v Moravskoslezském kraji ...

bezpečnosti – proto je významná část dodávek plynu importována na základě dlouhodobých kontraktů, a to z diverzifikovaných zdrojů, a k dispozici jsou i diverzifikované dopravní cesty, včetně dodávek zemního plynu z Ruské federace.

- 10.(str. 15, první odst., deklaruje, že): Naše plynárenská soustava je technicky vyspělá, výrazná je především její tranzitní funkce. Soustava disponuje rozsáhlým systémem zásobníků plynu a propojením se soustavami sousedních zemí (Spolková republika Německo, Slovensko, Polsko), což se pozitivně projevilo i v případech omezení a přerušení dodávek zemního plynu z Ruské federace přes území Ukrajiny, kdy nebylo nutné jakýmkoliv způsobem omezovat dodávky konečným zákazníkům. Převažující směr mezinárodní přepravy plynu byl dlouhodobě na ose východ/západ, kde vstupní kapacita plynovodů z východu je 51 mld. m³/r, ze západu celkem 29 mld. m³/r. Od dokončení výstavby plynovodu Gazela v roce 2012 (s kapacitou 30 mld. m³/rok) je přes území ČR přepravován plyn především v ose sever/jih, s tím, že je přepravován plyn z plynovodů Nord Stream a OPAL plynovodem Gazela dále do SRN a Francie. Velký význam pro bezpečnost a spolehlivost zásobování tuzemských zákazníků má především skutečnost, že plynovod Gazela je v několika uzlech propojen s přepravní soustavou ČR, což v případě opakování dřívějších problémů s dodávkami přes Ukrajinu, může zajistit alternativní zásobování. V roce 2011 byla také dokončena stavba prvního česko-polského plynovodu STORK I s roční kapacitou 0,5 mld. m³. Prioritou je rozšíření česko-polského propojení pomocí druhého plynovodu STORK II s celkovou roční kapacitou až 6,5 mld. m³, který je součástí severojižního koridoru ve střední a východní Evropě a zároveň obdržel status projektu společného zájmu (PCI). Další variantní plynovody jsou Moravia, BACI a Oberkappel. Zásobníky plynu mají v současnosti kapacitu 3,442 mld. m³ (cca 35 – 40 % tuzemské roční spotřeby) a těžební výkon mezi 55 mil. m³/den (počátek zimy) a 33 mil. m³ (konec zimy). Vzhledem k předpokladu nárůstu využívání zemního plynu je třeba zajistit jeho bezpečnou a diverzifikovanou dopravu.

Pozn. autora Studie: Údaje v této Studii vztažené k přechodné roli plynu (jako emisního primárního energetického zdroje) budou interpretovány zejména ve vazbě na Dopadovou studii MEC, níže.

- 11.(str. 16, druhý odst., charakterizuje roli ostatních zdrojů energetického mixu takto): **Obnovitelné zdroje energie (OZE)** jsou v podmínkách ČR nefosilní přírodní zdroje energie, tj. energie vody, větru, slunečního záření, pevné biomasy a bioplynu, energie okolního prostředí, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. SEK je v souladu s Národním akčním plánem České republiky pro energii z OZE (dále NAP OZE). NAP OZE usiluje o to, aby bylo ve sledovaném horizontu zajištěno plné využívání potenciálu biomasy stanoveného Akčním plánem pro biomasu a bylo v souladu s požadavky ochrany životního prostředí a zajištění potravinové bezpečnosti.
- 12.(str. 16, třetí odst., charakteristika užití biomasy): Biomasa je jediným dodatečným a ve větším rozsahu dostupným systémovým obnovitelným zdrojem energie v ČR pro potřeby teplárenství. Ostatní formy obnovitelných zdrojů jsou z technických a jiných důvodů (sociálně-environmentálních) pro účely teplárenství omezené. Energie větru a vody není pro teplárenství vhodná a využití sluneční energie nemá

dostatečný potenciál pro centralizované dodávky tepla. Očekává se narůstající význam využití bioplynu především v zemědělství. Obecně je podpora biomasy prorůstové opatření z pohledu českých výrobců. Úspora produkce skleníkových plynů je u biomasy realizována s nejnižším nákladem na cenu uspořené tuny CO₂.

13. **(5 Koncepce rozvoje významných oblastí energetiky a oblastí s energetikou souvisejících; 5.4 Výroba a dodávka tepla; str. 67, popisuje vizi užití tepla): Vize:** Dodávka tepla je zásadní pro domácnosti i hospodářství. Má vždy lokální charakter a tím i lokální cenu. V současnosti a blízké budoucnosti představují soustavy centrálního zásobování teplem (dále SCZT), založené na uhlí, významnou konkurenční výhodu pro průmysl i obyvatelstvo (nikoliv však pro životní prostředí). SCZT tuto roli hrají a mohou hrát i do budoucna. Uhlí tuto výhodu brzy začne ztrácet.

- Tuto výhodu je nezbytné udržet a posílit zajištěním podmínek pro transformaci a dlouhodobou stabilitu těchto systémů a současně zvýšení účinnosti lokální výroby tepla. Uhlí tuto komparativní výhodu během asi 10 až 15 let postupně ztratí. Rozhodující entitou se stane zemní plyn spolu s OZE, druhotnými zdroji a odpady, využitím tepla z jaderných elektráren a z elektřiny.

14. **(Da. Palivová základna pro soustavy centrálního zásobování teplem, str. 68, Da2, charakterizují zadání):** Podporovat přechod zejména středních a menších soustav zásobování teplem, na více-palivové systémy využívající lokálně dostupnou biomasu, zemní plyn, případně další palivo, kdy především zemní plyn bude plnit roli stabilizačního a doplňkového paliva po nezbytně nutnou dobu.)

15. **(Da. Palivová základna pro soustavy zásobování teplem, str. 68, Da3, charakterizuje zbytkové období využití uhlí):** Orientovat využívání kvalitního černého uhlí zejména na střední a velké teplárenské zdroje s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla.

To platí po přechodnou dobu, do data přechodu na teplo ze spalování plynu anebo na teplo z jaderné energie).

16. **(Db. Elektrizační soustava a teplárenství; str. 68, Db1; SEK stanoví další úkol):** Podporovat využití především větších tepláren pro dodávku regulačních služeb pro přenosovou soustavu, resp. pro regionální distribuční elektro soustavy. Současně také podporovat efektivní rozvoj tepelných čerpadel v teplárenských systémech.

17. **(Db. Elektrizační soustava a teplárenství; str. 68, Db2; SEK stanoví další úkol):** Vytvořit podmínky pro účast tepláren při vytváření krajských ÚEK a zabezpečení jejich úlohy v ostrovních provozech jednotlivých oblastí v havarijních situacích. Ke splnění takového úkolu, je nezbytné koncipovat charakteristiky zdroje tepla i celé SCZT.

18. **(Db. Elektrizační soustava a teplárenství; str. 68, Db3; SEK stanoví další úkol):** Zajistit integraci menších teplárenských zdrojů do systémů inteligentních sítí a decentrálního řízení.

19. **(5.5 Doprava; str. 69, vize pro využití energie v dopravě zní): Vize:** Do budoucna je nutné snížit v dopravě závislost na ropě, resp. na palivech vyráběných z ropy, a zvýšit zastoupení alternativních paliv v dopravě, vybudovat dostačující

infrastrukturu pro vozidla na alternativní pohon (zemní plyn, elektřina **a výhledově i vodík**). Snížit tak dopady na životní prostředí vznikající v souvislosti s tímto odvětvím (emise, migrační prostupnost krajiny včetně vodních toků). Zachovat či zlepšit mobilitu obyvatelstva nejen v rámci městských aglomerací ale i na úrovni regionální, národní či mezistátní.

20. **(5.5 Doprava;** str. 69; E1; úkol k energetice v dopravě): Zvyšovat konkurenceschopnost ČR a zároveň podporovat snižování emisí skleníkových plynů (stát se vedoucím hráčem na poli technologického rozvoje v aplikaci využívání inovativních pohonů).
21. **(5.5 Doprava;** str. 69; E2; úkol k energetice v dopravě): Zajistit pro resort dopravy v rámci rozvoje mobility a udržení konkurenceschopnosti hospodářství ČR dostatek paliv, resp. energie za dostupné ceny. I zde platí pro dopravu to, co platí z pohledu elektrické energie pro průmysl.
22. **(5.5 Doprava;** str. 69; E3; další úkol k energetice v dopravě): Podporovat výzkum a vývoj v oblasti zvýšení efektivity spalovacích motorů, ekologičtější dopravní prostředky (zejména CNG, LNG, alternativní paliva z OZE, hybridní pohony), včetně vývoje palivových článků *využívajících vodík*, akumulátorů a superkapacitorů pro rozvoj elektricky poháněných vozidel.
23. **(5.5 Doprava;** str. 70; Dílčí cíle v dopravě jako celku: E1 1; další úkol k energetice v dopravě): Snížení závislosti na dovozu ropy a snižování emisí uhlíku v dopravě do roku 2050 až o 60 %.
24. **(5.5 Doprava;** str. 70; Dílčí cíle v dopravě jako celku: E1 3; další úkol k energetice v dopravě): Zvyšování podílu energeticky efektivní veřejné hromadné dopravy na celostátní, regionální i městské úrovni. Růst podílu kombinované dopravy s efektivním využíváním železniční dopravy.
25. **(5.5 Doprava;** str. 70; Dílčí cíle v dopravě jako celku: E1 4; další úkol k energetice v dopravě): Rychlejší růst vědeckého a technického vývoje v podobě nových inovací a jejich zavádění v dopravním systému vedoucí k úspornějším vozidlům, k nižším emisím a k využívání alternativních paliv a pohonů.
26. **(5.5 Doprava;** str. 70; **Ea. Silniční doprava;** Ea.1; další úkol k energetice v dopravě): Podporovat snížení používání automobilů s pohonem na motorovou naftu v městské hromadné dopravě do roku 2030 až na polovinu, postupně je vyřadit z provozu ve městech do roku 2040 (prozkoumat i možnost záměny/úpravy stávajících motorů v nákladní i autobusové dopravě k přímému spalování vodíku, jako rychlý a efektivní způsob dekarbonizace).
27. **(5.5 Doprava;** str. 70; **Ea. Silniční doprava;** Ea.3; další úkol k energetice v dopravě): Růst podílu alternativních paliv (biopaliva, stlačený zemní plyn (CNG), elektrická energie, experimentální vodíkové články) vč. využití trolejbusové dopravy v městských aglomeracích.
28. **(5.5 Doprava;** str. 70; **Eb. Železniční doprava;** Eb.2; další úkol k energetice v dopravě): Snížení spotřeby nafty a naopak nárůst spotřeby alternativních paliv, zejména elektřiny a CNG **a také vodíku**.

29. **(5.7 Výzkum, vývoj, inovace a školství;** str. 73; další úkol k energetice v dopravě): Víze: Vysoce inovativní výzkum a vývoj v energetice a energetickém strojírenství směřovaný do oblastí s konkurenční výhodou ČR bude jedním z klíčových faktorů konkurenceschopnosti české energetiky a průmyslu. Hlavním zdrojem přidané hodnoty bude dodávka inovativních řešení, služeb a investičních celků spíše než samotná dodávka strojů a zařízení. Vzdělávací systém zajistí generační obměnu pracovníků v energetice a energetickém průmyslu a dostatek kvalifikovaných pracovníků pro jejich další rozvoj i pro vývoz znalostí. Technické a technickoekonomické obory budou mít vysokou prestiž ve struktuře studijních oborů. Zásadní pro rozvoj základního výzkumu je spolupráce českých vědeckých ústavů a univerzit se zahraničními partnery, kteří jsou na špičce v jednotlivých oborech. Analogicky platí pro příslušné tuzemské výzkumné, vývojové a inovační instituce.
30. **(5.7 Výzkum, vývoj, inovace a školství;** str. 73; G. 4; další úkol k energetice v dopravě): Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na zvýšení účinnosti energetických zdrojů, snížení ztrát při přenosu energií, sofistikovanější řízení sítí, vývoj energeticky úspornějších spotřebičů a pohonů a akumulace energií. V této souvislosti pak podporovat zejména vývoj nové generace dopravních systémů využívajících tuzemské zdroje energie (elektromobily, vodíkové systémy) a na vývoj a budování potřebné infrastruktury včetně pilotních projektů akumulace v přenosové a distribučních sítích (nejen elektrických ale i tepelných).
31. **(5.7 Výzkum, vývoj, inovace a školství;** Dílčí cíle – Výzkum, vývoj, inovace str. 74; další úkol k energetice): Upřednostňovat takové oblasti energetiky a technologií, které zvyšují konkurenceschopnost českého hospodářství, mají exportní potenciál s vysokou přidanou hodnotou a přispívají k ochraně životního prostředí. Podporu soustřeďovat do oblastí, ve kterých je výzkum a vývoj již na evropské či světové úrovni nebo může významně využívat konkurenční výhody (tradice, know-how, geografické podmínky, existence infrastruktury, silné postavení na mezinárodním trhu apod.). Jako základní priority energetického výzkumu a inovací se předpokládají:
- 31.1. **(5.7 Výzkum, vývoj, inovace a školství;** Dílčí cíle – Výzkum, vývoj, inovace str. 74; **Ga. Obnovitelné (alternativní) zdroje energie;** Ga. 1; další úkol k energetice): Podpora projektů bude zaměřena na účinnější využití biomasy, na rozvoj pokročilých biopaliv vyrobených z nepotravinářské biomasy a odpadů, nových fotovoltaických systémů včetně řídicích prvků, geotermálních zdrojů v geologických podmínkách ČR a dále na výrobu a energetické využití vodíku včetně palivových článků. Tepelná čerpadla všech kategorií s vysokou účinností.

Výše uvedený přehled vybraných statí SEK ve formě parafrází je jedním ze vstupních souborů pro zpracování Studie zahrnující uplatnění vodíku v energetice a dopravě.

1.2.2 Souvislosti s platnou Územní energetickou koncepcí Moravskoslezského kraje

Zdroje dat, ze kterých ÚEK MSK vychází, poskytla široká škála subjektů počínajíc Ministerstvem průmyslu a obchodu, přes Energetický regulační úřad, Ministerstvo životního prostředí, Český statistický úřad, Český hydrometeorologický ústav, distributoři plynu, elektřiny a tepla, výrobci elektřiny a tepla, ČEPS, a.s. – provozovatel přenosové soustavy elektřiny, významné výrobní podniky v Moravskoslezském kraji,

Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje, Moravskoslezský kraj, Moravskoslezské energetické centrum a další. Sběr dat pro zpracování ÚEK MSK probíhal v roce 2018 a byla použita ve všech případech nejnovější dostupná data v době jejich sběru, tak aby bylo možné hodnotit všechny trendy vývoje. Zpracování návrhové části ÚEK MSK probíhalo v roce 2019. Základní energetická bilance kraje zpracovaná Ministerstvem průmyslu a obchodu byla poskytnuta k roku 2014. Referenčním rokem energetických bilancí je tedy rok 2014.

Zpracovatelem ÚEK (ENVIROS, s.r.o.) byly provedeny některé dílčí bilance obsahující aktuální data k roku 2016. ENVIROS, s.r.o., se v maximální možné míře držel stejné metodiky, kterou použilo Ministerstvo průmyslu a obchodu. Nebylo však možné dostat úplně stejné metodice, neboť zpracovatel nedisponoval statistickými výkazy od jednotlivých subjektů. Postup sestavení zdrojové a spotřební části energetické bilance 2016 byl vysvětlen pod tabulkou pro každé palivo nebo energii.

Níže uvedené odrážky zahrnují vybrané odstavce (případně jejich parafráze) platné Územní energetické koncepce MSK (dále jen ÚEK)⁴ souvisící s předmětem Studie (přímo či nepřímo).

1. (2 Rozbor trendů vývoje poptávky po energii; 2.1 Analýza území; 2.1.1

Obyvatelstvo, demografický vývoj; str. 16; odrážka a jí podřízené odrážky bilancují počet a strukturu obyvatelstva MSK): K 31. 12. 2017 žilo na území Moravskoslezského kraje 1 205 886 obyvatel, z toho 591 343 mužů a 614 543 žen. Nejlidnatějším okresem Moravskoslezského kraje je okres Ostrava-město, následují okresy Karviná, Frýdek-Místek, Opava a Nový Jičín. Nejmenším okresem Moravskoslezského kraje je okres Bruntál s 92 453 obyvateli. ... Ve srovnání s rokem 2016 se celkový počet obyvatel Moravskoslezského kraje snížil o 3 993 osob, tento pokles zařadil kraj mezi 6 krajů, které meziročně zaznamenaly úbytek obyvatel. ... Vzhledem k tomu, že se jednalo o největší úbytek obyvatelstva ze všech krajů ČR, lze očekávat, že nepříznivý trend bude pokračovat:

1.1.(str. 17) Ve srovnání s celou ČR si Moravskoslezský kraj (dále MSK) zachovává mírně příznivější věkovou strukturu obyvatel. V MSK jsou v roce 2017 relativně více zastoupení mladí lidé ve věku od 15 do 25 let. Senioři nad 65 let představují v kraji 19,1% populace, což je téměř stejné zastoupení jako v rámci celé České republiky (19,2%). To dává kraji naději na zlepšování ekonomické aktivity obyvatelstva v nejbližších 10-15ti letech. Dle projekce obyvatelstva v krajích ČR podle ČSÚ, lze očekávat, že v roce 2044 bude podíl seniorů nad 65 let tvořit v Moravskoslezském kraji 31%. Což je příznivé.

1.2.(str. 18) V Moravskoslezském kraji se má podle projekce ČSÚ snížit počet obyvatel na 1 023 237 do roku 2044, to je pokles o 182 tisíc obyvatel proti roku 2017 (vzhledem k tomu, že v první půli roku 2021 proběhne sčítání obyvatelstva ČR, mohou být níže uvedená zjištění korigována). Projekce uvedená v ÚEK počítá s postupným poklesem migrace obyvatel z Moravskoslezského kraje, v roce 2044 má dosáhnout 791 obyvatel ročně. Nicméně v roce 2044 bude Moravskoslezský kraj jediným krajem v ČR, kde bude saldo migrace záporné.

⁴ Platná Územní energetická koncepce Moravskoslezského kraje na období 2020-2044; ENVIROS, s.r.o., Březen 2020 [3]

2. **(2 Rozbor trendů vývoje poptávky po energii; 2.1 Analýza území; 2.1.2 Sídlní struktura, administrativní členění; str. 19; odrážka a jí podřízené odrážky bilancují počet a strukturu obcí v MSK):** Tento kraj je vymezený územím 6 okresů: Bruntál, Frýdek-Místek, Karviná, Nový Jičín, Opava a Ostrava-město. Severovýchodní hranice kraje je zároveň i státní hranicí s Polskem, konkrétně s Opolským a Slezským vojvodstvím. Na jihovýchodě sousedí se Slovenskem (Žilinský kraj), na jihu a jihozápadě s Olomouckým krajem a na jihu také s krajem Zlínským.
 - 2.1. (str. 19) V Moravskoslezském kraji je 300 obcí, z toho má 35 statut města, 3 statut městyse a 5 statutárního města (Ostrava, Opava, Havířov, Frýdek-Místek a Karviná). Obce do 1000 obyvatel představují 51 % všech obcí v kraji, ale žije v nich jen 6,6 % obyvatel. Z administrativního hlediska existuje v Moravskoslezském kraji 22 obcí s rozšířenou působností – ORP (tzv. obce III. stupně, vesměs města).
3. **(2 Rozbor trendů vývoje poptávky po energii; 2.1 Analýza území; 2.1.4 Klimatické údaje; str. 23)** Teplotně je možné kraj rozdělit na chladné oblasti, do nichž patří Moravskoslezské Beskydy a Hrubý Jeseník a na oblasti mírně teplé – Opavská pahorkatina a Moravská brána. Z hlediska srážek jsou Moravskoslezské Beskydy a Nízký Jeseník nadprůměrnou oblastí, zbytek kraje je srážkově průměrný.
 - 3.1. (str. 24) Klimatické podmínky ovlivňují spotřebu tepla na vytápění a jsou významné pro efektivní využití sluneční a větrné energie. Proto jsou v relevantních mapách ÚEK uvedeny průměrné roční teploty vzduchu v letech 1981-2010, délka trvání slunečního svitu i průměrná rychlost větru v jednotlivých lokalitách ČR. ... (str. 25) Vývoj teplot dle ČHMÚ ze stanice Mošnov (250 m. n. m.) ukazuje, že poslední roky od topného období 2013/2014 byly, co se teplot v topném období týče, podprůměrné.
4. **(2 Rozbor trendů vývoje poptávky po energii; 2.1 Analýza území; 2.1.5 Kvalita ovzduší Moravskoslezského kraje; str. 32; Imisní situace popsána v ÚEK, jako):** Dle zprávy o životním prostředí v Moravskoslezském kraji 2016, zpracované agenturou CENIA, byla, a zřejmě ještě dosud je, kvalita ovzduší v Moravskoslezském kraji z pohledu překračování imisních limitů nejhorší v celé ČR. Na kvalitu ovzduší v kraji má nepříznivý vliv vysoká koncentrace průmyslu a lokálních topenišť, jak na české, tak na polské straně, hustá automobilová doprava a přeshraniční přenos znečištění. Koncentrace znečišťujících látek jsou ovlivňovány také aktuálními meteorologickými podmínkami. Kvalitu ovzduší dále ovlivňuje typ osídlení, morfologie terénu v Ostravské pánvi a její uzavřenost z jižní a západní strany. Nejzávažněji se tyto vlivy projevují ve střední a severovýchodní části kraje (Ostravsko, Karvinsko a Třinecko):
 - 4.1. Imisní limit pro 24hodinovou koncentraci PM₁₀ (50 µg.m⁻³, maximální povolený počet překročení za kalendářní rok je 35krát) byl v roce 2016 v MSK překročen na celkem 17 stanicích. Roční imisní limit pro PM₁₀ (40 µg.m⁻³) byl v roce 2016 překročen pro celou ČR pouze na 1 stanici, a to na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ s koncentrací 41,0 µg.m⁻³.
 - 4.2. Roční imisní limit pro PM_{2,5} (25 µg.m⁻³) byl v roce 2016 překročen na celkem 9 stanicích v kraji. Imisní limit pro ochranu lidského zdraví vyjádřený denními

8hodinovými klouzavými průměrnými koncentracemi ozonu ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byl v roce 2016 překročen na 8 stanicích v kraji.

- 4.3. Imisní limit ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) pro roční průměrnou koncentraci benzo(a)pyrenu byl v kraji v roce 2016 překročen na 11 lokalitách.
- 4.4. Ostatní imisní limity nebyly na stanicích státní sítě imisního monitoringu v kraji překročeny.
- 4.5. (str. 33, druhý odst.) Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek (dále jen O/K/F-M) patří k nejvíce urbanizovaným a průmyslovým oblastem ve střední Evropě. Geograficky ji tvoří přibližně jihozápadní pětina území Hornoslezské pánve, rozkládající se z větší části na území Polské republiky. Území je historicky zatížené rozsáhlou průmyslovou činností v oblasti Svrchno-karbonské kamenouhelné pánve. Původci znečištění ovzduší v oblasti jsou vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním pevnými palivy a zahuštěná dopravní infrastruktura na obou stranách česko-polské hranice. Specifickými problémy oblasti jsou např. emise z prohořívajících odvalů a nezanedbatelný vliv fugitivních emisí z rozsáhlých průmyslových areálů. **Obce na většině území aglomerace na sebe navzájem bezprostředně navazují (tzv. slezský typ zástavby), průmyslové areály jsou součástí měst.** Koncentrace suspendovaných částic měřené na stanicích, které jsou klasifikovány jako venkovské či vytvářející pozadí, jsou výrazně vyšší než na obdobně klasifikovaných stanicích v ostatních částech ČR. Příčinou jsou vysoké emise v přeshraniční oblasti, tj. nejen produkce škodlivin zdroji na české straně hranice, ale i přeshraniční výměna znečištění ovzduší s Polskou republikou. Vliv přeshraničního přenosu znečištění lze sledovat i na příkladech stanic měřících koncentrace škodlivin a větrných růžic v Ostravě Fifejdách. Pro sledování dlouhodobě nadlimitních koncentrací škodlivin v ovzduší a jejich trendů je oblast pokryta hustou sítí více než dvaceti stálých měřících stanic různých organizací, které jsou doplňovány specializovanými dočasnými měřeními.
- 4.6. (str. 33, druhý odst., popisuje stav měření znečištění dalšími škodlivinami): V aglomeraci O/K/F-M jsou trvale překračovány limitní koncentrace suspendovaných částic a některých na ně navázaných zdravích škodlivých látek, např. polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH). Hodnoty znečištění naměřené na lokalitách aglomerace dominují republikovým statistikám. Nejvyšší průměrné roční koncentrace PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ jsou měřeny nejen v okolí průmyslových areálů, ale zejména souvisle v blízkosti česko-polské hranice, kde je oblast zasažená emisemi z České i Polské republiky. Koncentrace pod úrovní imisních limitů jsou nejčastěji měřeny v jižní části aglomerace, kde se měří pozadí a ve venkovských lokalitách v Moravskoslezských Beskydech a jejich podhůří. Pro koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v aglomeraci je charakteristické, že v zimním období oproti jiným oblastem ČR narůstají výrazněji. Přesto průměrné koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ během letního období na průmyslových lokalitách dosahují v některých letech až hodnot na úrovni ročních imisních limitů, což potvrzuje, že znečištění ovzduší PM není v aglomeraci problémem pouze chladné poloviny roku a smogových situací. Poměr koncentrací

PM_{2,5}/PM₁₀ je nejen v aglomeraci, ale v celém Moravskoslezském kraji vyšší než v jiných částech ČR. Podíl jemnějších částic v PM₁₀ je zde vyšší zejména v chladném období roku.

4.7. (str. 34; popisuje stav měření znečištění dalšími škodlivinami – suspendovanými částicemi): V chladné části roku při déletrvajících epizodách se slabým prouděním vzduchu a s inverzním charakterem počasí dochází v aglomeraci O/K/F-M k postupnému nárůstu koncentrací zejména suspendovaných částic, vedoucí k překročení imisních limitů a prahových hodnot smogových situací. I v silně teplotně nadnormálním roce 2016 byly v aglomeraci O/K/F-M, bez Třinecka v lednu vyhlášeny dvě smogové situace z důvodu překročení prahových hodnot suspendovaných částic PM₁₀. V třinecké části aglomerace byla smogová situace vyhlášena jedenkrát na začátku ledna. K vyhlášení regulace vyjmenovaných zdrojů významně přispívajících k úrovni znečištění nedošlo.

5. **(2 Rozbor trendů vývoje poptávky po energii; 2.2 Analýza systémů spotřeby paliv a energie a jejich nároků v dalších letech; str. 40 a násl.)** Analýza měla za cíl určit roční konečnou spotřebu paliv a energie v sektoru bydlení, veřejného sektoru a podnikatelského sektoru ve výchozím roku 2020, s předpokládaným vývojem poptávky po palivech a energii až do roku 2044:

5.1. (str. 41; 2.2.1 Sektor bydlení, uvádí, že): Spotřeba paliv a energie se odvíjí od potřeb domácností na otop, ohřev teplé vody, nezáměnnou energii, vaření apod., od počtu bytů a jejich podlahové plochy. Způsob, jakým bude potřeba paliv pro výrobu tepla a teplé vody uspokojována, bude velice záviset na dostupnosti paliv a energie v dané oblasti. Podle údajů poskytnutých MPO ve výchozím roce 2014 spotřeboval sektor domácností celkem 27,6 PJ paliv a energie ve struktuře zobrazené v následující tabulce. V roce 2016 je možné pozorovat navýšení spotřeby na 31,5 PJ. Ve výhledu lze předpokládat snižování spotřeby paliv vlivem zateplování, výměny oken budov a náhrad zdrojů tepla za účinnější.

5.2. (str. 42 a násl.; 2.2.2 Veřejný sektor; položka popisuje strukturu a počty zařízení v tomto sektoru): Do veřejného sektoru spadá dle klasifikace ekonomických činností NACE zejména odvětví vzdělávání, zdravotní a sociální péče, kulturní, zábavní a rekreační činnosti, veřejná správa a obrana, vědecké a technické činnosti a částečně také doprava. Sem patří: Podle veřejného seznamu školních zařízení bylo na území Moravskoslezského kraje v roce 2017 celkem 1066 školských zařízení, z toho 471 mateřských škol, 441 základních škol, 135 středních odborných škol a gymnázií, 2 konzervatoře a 13 vyšších odborných škol a 4 vysoké školy. Základní zdravotnickou péči zajišťuje v kraji síť ambulantních zařízení a lékáren. Akutní a následnou lékařskou péči poskytuje 19 nemocnic s 6 495 lůžky. Nemocnice, které jsou příspěvkovými organizacemi nebo jsou to společnosti 100 % vlastněné obcí a patří tak do veřejného sektoru je celkem 11. V kraji se dále nachází 211 zařízení sociální péče s celkovou kapacitou 9577 lůžek. Z toho 69 domovů pro seniory, 40 domovů se zvláštním režimem, 31 domovů pro osoby se zdravotním postižením, 34 azylových domů, 34 chráněných bydlení a 3 týdenní stacionáře.

Většina těchto zařízení patří do veřejného sektoru. Na území Moravskoslezského kraje bylo v roce 2017 272 veřejných knihoven, 34 muzeí a galerií a 11 památkových objektů a blíže nespecifikované množství sportovních hal ve vlastnictví samospráv (např. Městská sportovní hala v Bohumíně, Sportovní hala Sareza v Ostravě, Městská sportovní hala Ostrava Lhotka, Hala Polárka ve Frýdku-Místku, Sportovní hala Brušperk a mnoho dalších).

5.3. (str. 43 a násl.; Lokální, městská a příměstská hromadná doprava v rámci integrovaného dopravního systému osobní dopravy v MSK) Veřejná doprava v Moravskoslezském kraji je zajištěna prostřednictvím železniční, příměstské autobusové a městské hromadné dopravy a nejnověji i vodní dopravy. Naprostá většina linek je již zařazena do Integrovaného dopravního systému Moravskoslezského kraje ODIS. Kraj má zpracovaný plán dopravní obslužnosti na období 2017 – 2021, ze kterého jsou čerpány údaje uvedené níže. Území Moravskoslezského kraje je obsluhováno 53 mezinárodními, 19 dálkovými a 345 příměstskými autobusovými linkami. Dopravní obslužnost na území Moravskoslezského kraje v rámci závazku veřejné služby zajišťují dopravci ARRIVA MORAVA a.s., TQM – holding s.r.o., ČSAD Frýdek-Místek a.s., ČSAD Havířov a.s., ČSAD Karviná a.s., ČSAD Vsetín a.s., Dopravní podnik Ostrava a.s., Městský dopravní podnik Opava, a.s., Osoblažská dopravní společnost, s.r.o., Ján Kypús – BUS s.r.o. Ostatní dopravní obslužnost na území Moravskoslezského kraje včetně sezónních linek je zajišťována i dalšími dopravci. **Celkem to představuje ročně 32 38010 vozokm⁵.**

5.4. (str. 45; Analýza současných a budoucích energetických potřeb): Zjistit spotřebu energie ve výchozím roce 2016 je poměrně obtížné, protože bilance konečné spotřeby MPO je podle jiného členění a veřejný sektor je sloučen do jednoho sektoru společně se službami a obchodem. Spotřeba veřejného sektoru tak byla odhadnuta. (str. 45): V roce 2016 spotřeboval veřejný sektor celkem 4,4 PJ energie. Ve výhledu lze předpokládat další snižování spotřeby energie z důvodu zateplování a výměny oken v budovách a postupné nahrazování zdrojů tepla za účinnější.

5.5. (str. 46 a násl.; 2.2.3 Podnikatelská sféra; Analýza struktury sektoru): Podnikatelská sféra se často dělí na výrobní a nevýrobní odvětví. Výrobní odvětví zahrnuje zemědělství, lesnictví a rybníctví (A)⁶, těžbu a dobývání (B), zpracovatelský průmysl (C), výrobu a rozvod elektřiny, plynu a tepla (D), zásobování vodou; činnosti související s odpady (E) a stavebnictví (F). Odvětví B až F se řadí do sektoru průmyslu, někdy bez zahrnutí stavebnictví. V tomto dokumentu hovoříme o průmyslu jako o činnostech výrobních odvětví těžby a dobývání (B), zpracovatelského průmyslu (C), zásobování vodou; činností souvisejících s odpady (E) a stavebnictví (F). Nevýrobní odvětví jsou odvětví produkující nehmotné statky nebo služby. Typicky se jedná o obchod (G), dopravu a skladování (H), ubytování a stravování (I), peněžnictví (K), činnosti

⁵ Plán dopravní obslužnosti území Moravskoslezského kraje na období 2017 - 2021

⁶ Podle klasifikace NACE označované jako sekce

v oblasti nemovitostí (L), profesní činnosti (M) a administrativní činnosti (N). Soukromá zařízení v odvětví vzdělávání (P), zdravotnictví (Q) a kulturní (R) jsou zde zařazeny také, jinak však patří do veřejného sektoru. Souhrnně odvětví nevýrobní sféry označujeme jako služby. (str. 46): V odvětvové skladbě ekonomiky Moravskoslezského kraje hraje nejvýznamnější roli odvětví průmyslu, těžby a dobývání. Ve statistikách vedeno souhrnně jako součet B+C+D+E. Jeho podíl na hrubé přidané hodnotě⁷ kraje v běžných cenách se od roku 1995 výrazně měnil. V roce 1995 to bylo 44%, následně do roku 2003 docházelo ke kontinuálnímu poklesu k 38%. Následně v letech růstu 2005 – 2008 opět vystoupal na 44%. V důsledku celosvětové ekonomické krize pak v roce 2009 opět poklesl na 38%. Teď mezi roky 2009 a 2016 opět odvětví průmyslu, těžby a dobývání roste a v roce 2016 dosáhl 43,3%.

Pozn.: autora Studie: Vzhledem k předmětu zadání Studie, se tento dokument v dalších částech věnuje zejména oblasti průmyslu (TŽ) a segmentu městské hromadné autobusové dopravy v Moravskoslezském kraji.

5.6. (str. 51): V roce 2016 spotřeboval podnikatelský sektor 134,4 PJ energie. Ve výhledu lze předpokládat jednak nárůst spotřeby energie ekonomickým rozvojem zejména v oblasti služeb, ale také průmyslu. Bude pokračovat další snižování spotřeby energie z důvodu zateplování a nahrazování původních technologií pro získávání tepla za účinnější.

6. **(3 Rozbor zdrojů a způsobů nakládání s energií;** str. 52 a násl.) Kapitola obsahuje rozbor možných zdrojů a způsobů nakládání s energií, jehož součástí je analýza dostupnosti paliv a energie, jejímž cílem je určit strukturální rozdělení užitých fosilních paliv, obnovitelných a druhotných zdrojů energie a stanovit jejich dostupnost při zásobování území Moravskoslezského kraje.

6.1. (3.1 Energetická bilance kraje; str. 52 a násl.) Energetická bilance kraje vychází z pokladů poskytnutých Ministerstvem průmyslu a obchodu za účelem zpracování Územní energetické koncepce Moravskoslezského kraje. Pokladová data jsou k dispozici pouze za rok 2014, tudíž je zde uvedena stejná bilance jako ve Zprávě o uplatňování územní energetické koncepce Moravskoslezského kraje z roku 2016. Největším spotřebitelem energií v Moravskoslezském kraji je v konečné spotřebě průmysl (73%) následovaný domácnostmi a sektorem energetiky.

6.2. (str. 53) ... Novější bilance nebyly ze strany MPO poskytnuty, protože jejich zpracování je náročné a bude proto prováděno vždy jen po několika letech dle potřeb MPO. ... Hned úvodní bilance ukazuje, že spotřeba paliv v Moravskoslezském kraji je výrazně soustředěna do sektorů energetiky a průmyslu. V součtu spotřeba primárních paliv v průmyslu a energetice tvoří 88,8% spotřeby primárních paliv v kraji. Mírně větší spotřebu má průmysl, u

⁷ Hrubá přidaná hodnota představuje nově vytvořenou hodnotu, kterou získávají institucionální jednotky z používání svých výrobních kapacit. Je stanovena jako rozdíl mezi celkovou produkcí, oceněnou v základních cenách a mezi spotřebou, oceněnou v kupních cenách. Počítá se za odvětví nebo za institucionální sektory / sub-sektory. Souhrn hrubé přidané hodnoty za všechna odvětví v národním hospodářství nebo za všechna institucionální sektory / sub-sektory plus čisté daně z produktů představuje Hrubý domácí produkt.

kterého se jedná o vlastní spotřebu paliv (ostatní konečná spotřeba). V sektoru energetiky je 63% primárních paliv spotřebováno na výrobu elektřiny. ...

- 6.3. (str. 54) ... Černé uhlí bylo a dosud je hlavním zdrojem energie pro kraj, přičemž největšími spotřebiteli jsou sektory energetiky a průmyslu. Z celkového vyrobeného tepla prodaného v Moravskoslezském kraji tvořilo teplo vyrobené z černého uhlí 56,6%. Z celkové vyrobené elektřiny brutto v kraji bylo a zřejmě dosud je to až 68%. Z toho je zřejmá velká závislost Moravskoslezského kraje na tomto palivu. ... Hnědé uhlí a lignit mají menšinové uplatnění v sektoru energetiky. Největším spotřebitelem jsou domácnosti, kde dochází ke spalování hnědého uhlí v lokálních topeništích. Jedná se o relativně levný, ale neekologický zdroj tepla v domácnostech, který se velkou mírou podílí na nepříznivé imisní situaci zejména v oblastech vesnic polského příhraničí. ...
- 6.4. (str. 55) ... Vzhledem k tomu, že černé uhlí bylo a dosud je rozšířeným palivem pro sektor energetiky, je zemní plyn, minoritním palivem. Jeho hlavní spotřeba je soustředěná do oblasti průmyslu, obchodu, služeb, vzdělávání a zdravotnictví. ... Dle provedeného dotazníkového šetření, prakticky celou spotřebu biomasy v průmyslu v kraji pokrývá spotřeba společnosti Lenzing Biocel Paskov, která je producentem viskózy. Tato společnost je zároveň i největším výrobcem elektrické energie z biomasy v ČR a prakticky veškerá vyrobená elektrická energie z biomasy uvedená v tabulce níže připadá na výrobu elektrické energie v této společnosti. V sektoru domácností je konečná spotřeba biomasy vyšší než součet spotřeba černého a hnědého uhlí, což je pravděpodobně způsobeno blízkostí vhodného zdroje biomasy – dřeva v lesích, které obklopují kraj. Spotřeba biomasy v energetice připadá na spoluspalování černého uhlí a biomasy v teplárnách. V Moravskoslezském kraji se také nacházejí čistě biomasové kotle dodávající teplo do soustav centralizovaného zásobování teplem v Kopřivnici, Frýdku-Místku a v Krnově.
- 6.5. (str. 56) ... Využívání bioplynu jako zdroje zejména elektrické energie je soustředěno do sektorů služeb a zemědělství. V sektoru služeb jsou to čističky odpadních vod (ČOV), kde je prakticky každé větší město v Moravskoslezském kraji opatřeno čističkou odpadních vod, které využívá bioplyn jako zdroj elektřiny (Krnov, Český Těšín, Třinec, Orlová, Havířov, Nový Jičín, Opava, Frýdek-Místek, Ostrava, Karviná). V zemědělství se jedná o bioplynové stanice využívající zbytkovou biomasu a kejdu ze zemědělské a živočišné produkce k výrobě elektrické energie a tepla, zejména pro vlastní spotřebu. ... Na území Moravskoslezského kraje se nachází jediné zařízení určené ke spalování odpadu. Je jím SUEZ Využití zdrojů a.s., provozovna Spalovna nebezpečných odpadů Ostrava, která byla spuštěna do provozu v roce 2000. ...
- 6.6. (str. 57) ... Významnými palivy, která jsou pro Moravskoslezský kraj specifická, jsou koksárenský a vysokopecní plyn. Producenty jsou OKK Koksovny, a.s., Liberty Ostrava (dříve ArcelorMittal Ostrava a.s.) a Třinecké železářny, a.s. Tato paliva jsou následně využívána pro výrobu tepla a elektřiny pro vlastní spotřebu nebo dodávku tepla do SCZT. Společnost OKK Koksovny, a.s. prodává koksárenský plyn společnosti Veolia, která jej následně využívá jako palivo ve svém zdroji v Ostravě Přívoze. ... Energetickou bilanci kraje doplňují

poslední tři skupiny paliv. Obnovitelné a alternativní zdroje včetně nepalivových jsou samostatně řešené v další kapitole. Kapalná paliva jsou v celkové bilanci naprosto minoritní a k využívání jiných pevných paliv na území kraje nedochází. ...

- 6.7.(3.1.1 Spotřeba elektřiny a nakoupeného tepla; str. 58 a násl.): Z pohledu spotřeby elektřiny a nakoupeného tepla je hlavním spotřebitelem průmysl následovaný domácnostmi sektorem obchodu, služeb, zdravotnictví a školství.

Tab. 1: Energetická bilance Moravskoslezského kraje – spotřební část – 2014

Sektor národního hospodářství	Spotřeba elektřiny [GWh]	Spotřeba tepla nakoupeného [GJ]
Energetika	648,416	2 411,000
Průmysl	3 698,839	6 827 931,710
Stavebnictví	31,108	22 973,000
Doprava	326,101	21 842,800
Zemědělství a lesnictví	31,879	5 298,550
Obchod, služby, zdravotnictví, školství	1 648,968	1 839 370,358
Domácnosti	1 241,473	7 244 525,401
Ostatní	3,801	157 041,410
Celkem	7 630,583	16 121 394,229

Zdroj: MPO (převzato z ÚEK MSK)

- 6.8. (Str. 59) ... Ve spotřebě elektřiny jasně dominuje průmysl, který spotřebovává 48% z veškeré elektřiny spotřebované v kraji. Domácnosti jsou až třetím největším spotřebitelem s pouhými 16%, což je nejnižší podíl ve spotřebě domácností ze všech krajů ČR. Průměr ČR činí 25%. Nízký podíl domácností na spotřebě elektřiny je samozřejmě dán velkou industrializací kraje. ... V oblasti nakupovaného tepla připadá 87% tepla na spotřebu v domácnostech a průmyslu. I když terciální sektor ukazuje velkou spotřebu elektrické energie, není tak velkým spotřebitelem nakoupeného tepla. Je zde zcela zřejmý potenciál rozšiřování soustav zásobování teplem směrem k dodávkám tepla do tohoto sektoru. Jak ukazuje výše uvedená energetická bilance kraje v oblasti spotřeb zemního plynu, je potřeba tepla pro tento sektor kryta zejména lokálním spalováním zemního plynu. Přitom objekty terciálního sektoru jsou často umístěny v městské zástavbě a nejsou zde technické důvody jejich nepřipojení na SCZT.

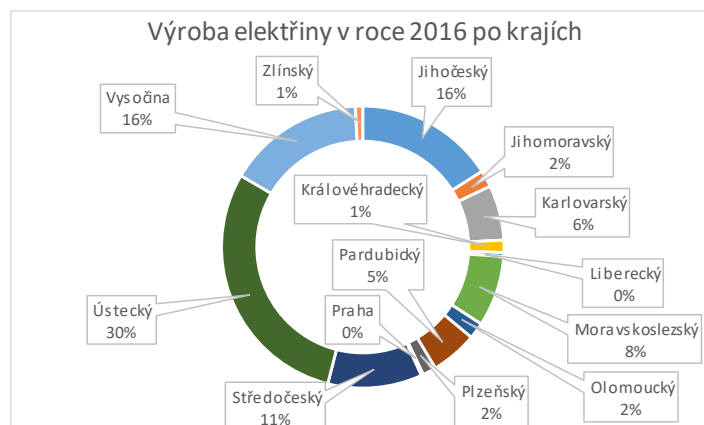
- 6.9.(3.2 Elektrická energie; 3.2.1 Výroba elektřiny; str. 59 a násl.) Zdroje v Moravskoslezském kraji vyrobily v roce 2016 celkem 6,8 TWh elektřiny. Moravskoslezský kraj se podílel v roce 2016 8,2 % na celkové hrubé výrobě elektřiny v České republice. Hlavním zdrojem energie pro výrobu elektrické energie je černé uhlí spalované v parních elektrárnách, které se, jak zobrazuje následující tabulka, podílejí téměř 91 % na celkové výrobě elektřiny v kraji.

Tab. 2: Bilance výroby elektřiny podle technologie elektrárny – 2016

Technologie elektrárny	Výroba 2016 [GWh]	Podíl na celkové výrobě elektřiny v roce 2016
Parní elektrárny (uhelné)	6139,31	90,8 %
Paroplynové elektrárny a elektrárny s plynovými turbínami	467,60	6,9%
Vodní elektrárny	46,24	0,7%
Větrné elektrárny	47,34	0,7%
Fotovoltaické elektrárny	58,95	0,9%
Celkem	6 759,45	100%

Zdroj: ERÚ (převzato z ÚEK MSK)

Obrázek 1: Rozdělení výroby elektřiny v roce 2016 do krajů



Zdroj: ERÚ (převzato z ÚEK MSK)

- 6.10. (str. 60) Z předchozího obrázku je patrné, že Moravskoslezský kraj má pátý nejvyšší podíl na výrobě elektřiny v ČR. Výroba elektřiny prakticky kryje spotřebu elektřiny v kraji. Z následujícího obrázku vidíme vysoký podíl Moravskoslezského kraje na výrobě elektřiny v parních elektrárnách.

Tato situace se bude v následujících letech měnit. Přesto by cílem v MSK mělo nadále být i to, že jistá míra soběstačnosti i v zásobování elektřinou bude dodržena (80 %?)

1.2.3 Souvislosti s Dopadovou studií Moravskoslezského energetického centra

Záměrem Dopadové studie odchodu od energetického spalování uhlí v MSK⁸ (dále Dopadová studie) bylo navrhnout řešení, jak zabezpečit dodávky tepelné energie obyvatelstvu, nebytovému sektoru a průmyslu na území Moravskoslezského kraje, v intervalu let 2020 až 2050, ve kterém má dojít k zastavení spalování uhlí pro získávání tepla.

1. Cílem Dopadové studie bylo „Prověřit technickou možnost náhrady technologií založených na energetickém spalování uhlí, technologiemi využívajícími nízkoemisní energetické zdroje k získávání tepla pro dodávky obyvatelstvu, a ostatním zákazníkům, včetně dodávek tepla pro technologické procesy v průmyslu, ke snížení emisí ze spalování uhlí.

⁸ Dopadová studie odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji z listopadu 2020, vypracovaná Moravskoslezským energetickým centrem, příspěvkovou organizací, Ostrava [4]

- 1.1. Přitom podmínkou nutnou bylo a je zachování stávajících SCZT, jejich rozvoj a podpora podmínek pro udržení ceny tepla na přijatelné úrovni v očekávaném budoucím období let 2020–2050.
2. Dopadové studie navrhla řešení období odchodu od spalování uhlí smysluplnou kombinací uplatnění energetických zdrojů s nižšími a nízkými emisemi sloučenin uhlíku využitím vhodných scénářů odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji v uvedeném období (plynového, jaderného a obnovitelných zdrojů). A to tak, aby v časovém intervalu přechodu od spalování uhlí, občané ani ostatní uživatelé tepla nestrádali kvůli jeho nedostatku anebo vysoké ceně.
3. Dopadová studie prokazuje, že takový cíl je dosažitelný. Mimo jiné také popisuje možná rizika při řešení a opatření, která napomohou dosažení cíle.
 - 3.1. Z Dopadové studie vyplývá, že potenciál nových nízkoe emisních technologií k získávání tepla bude dostatečný pro náhradu uhelných zdrojů v požadovaném čase.
4. Cesta náhrady využívání uhlí pro teplárenskou výrobu bude v daném období ovlivněna dvěma hlavními vlivy:
 - 4.1. Změnou příslušných zákonů v prostředí Evropské unie (tím může být odchod od uhlí zrychlován) a
 - 4.2. očekávaným růstem poplatků za vypouštění skleníkových plynů (tedy růst ceny za emisní povolenky, který může odchod od uhlí rovněž urychlit a do jisté míry také uvedenou změnu posunout do vyšší cenové hladiny za teplo).
5. Po celou dobu odchodu od uhlí bud mít nejvyšší a trvalou prioritu uplatnění obnovitelných zdrojů energie k získávání tepla a elektřiny.
6. Náhrada spalování uhlí bude realizována jako „Program náhrady energetického spalování uhlí“, zhruba v těchto krocích:
 - 6.1. Strategii ČR uvedenou v SEK v oblasti teplárenství a dále rozvinutou v Dopadové studii, je podpora obnovy, transformace a stabilizace SCZT, v ČR a zcela jistě i v Moravskoslezském kraji velmi dobře rozvinutých, které budou i v budoucnu založeny v rozhodující míře na domácích zdrojích (jádro, přechodně uhlí s limitovaným ukončením využití, OZE, DZE), doplněných zemním plynem.
 - 6.2. U zemního plynu se do budoucna předpokládá meziroční navyšování, především v malých a středních teplárenských systémech, s dlouhodobým výhledem i v případě plynu řízené substituce nízkoe emisními PEZ (jadernou energií, dalšími OZE) a v horizontu 10 až 20 let vodíkem.
 - 6.3. Dalším cílem uvedeným v SEK je podpora zajištění dodávek tepla prostřednictvím současných SCZT všude tam, kde je to ekonomicky výhodné za předpokladu, že environmentální dopady a další externality (uhlíková daň, povolenky, emise) jsou přiměřeně respektovány v cenách vstupů pro centrální i decentrální zdroje. SEK uvádí mj. cíl pokrytí minimálně 20 % na dodávkách tepelné energií z OZE (především biomasy) v rámci SCZT a pokles využití rozhodujícího tuzemského PEZ, a to uhlí.
 - 6.4. Přechodovým energetickým zdrojem by na určitou dobu měl být zemní plyn, s podporou využití obnovitelných zdrojů.

- 6.5. Cílovým energetickým mixem Moravskoslezského kraje, v roce 2050, by měla být vhodná kombinace flexibilních jaderných zdrojů, obnovitelných zdrojů a druhotných zdrojů energie.
- 6.6. Mezi související aktivity bude v rámci pokračování Dopadové studie patřit také zpracování analýzy pro dimenzování parametrů nových nízkoemisních zdrojů energie s využitím jejich provozní flexibility (např. pro výrobu vodíku jako prvku akumulace energie, poskytování služeb výkonové rovnováhy v elektrizační soustavě ČR, apod.).

1.2.4 Souvislosti s vybranými informacemi, tezemi a údaji z relevantních textů

Období první třetiny 21. století, se vyznačuje a bude se nadále vyznačovat turbulentními změnami sektoru energetiky ve světě, v Evropě a tedy i v ČR a v MSK. Tyto změny vyplývají zejména ze závazků ČR v rámci EU a ze stavu životního prostředí, povedou pravděpodobně ke zpřísnění/zkrácení odchodu od uhlí. Určení data odchodu od uhlí se sice v ČR blíží k rozuzlení. Nyní se zdá, že Vláda ČR rozhodne v kontextu doporučení uhelné komise (viz část 1.3. C Studie níže).

Přesto budou pro další postup řešení Studie a také případně navazujících kroků, brány v potaz další doprovodné informace, v rychle se měnícím prostředí ve světě, EU, ČR. A to jak s přímým, tak i nepřímým vlivem na budoucí rozhodnutí v MSK, pokud se týká uplatnění vodíku v energetickém využití a také v dopravě i v průmyslu.

V následujících odrážkách uvádím důležité informace, teze a údaje, které by mohly být vzaty v úvahu při řešení dalších kroků v rámci této Studie:

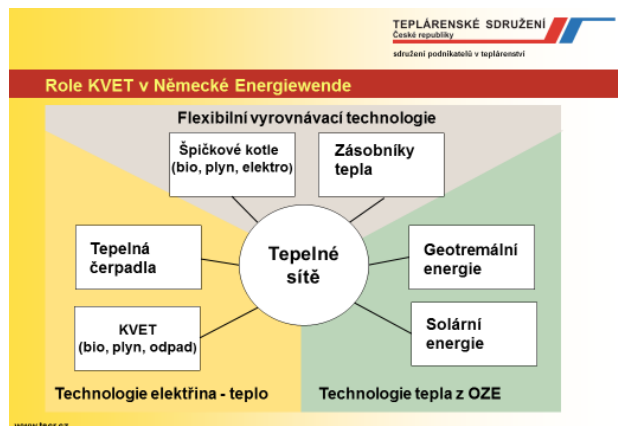
1. Informace – náměty, jako citace z prezentace od „Teplárenského sdružení“, ze dne 4. 10. 2017, na téma: „Teplárenství – současné a budoucí problémy a řešení“ [5], o diskriminaci, která může hrozit nadále pro teplárny s větším a velkým výkonem ($\geq 1 \times 100$ MWt) využívající zemní plyn (přecházející na zemní plyn), ve srovnání s lokálními zdroji menších výkonů viz Obrázek 2 a Obrázek 3 (níže) jako jednu z možností, jak z takového problému ven, například také s využitím tepla z vodíku (plynu) do mixu řešení dodávek do tepelných sítí:

Obrázek 2 Ekonomická diskriminace velkých zdrojů na zemní plyn

TEPLÁRENSKÉ SDRUŽENÍ České republiky sdružení podnikatelů v teplárenství		
Ekonomická diskriminace velkých zdrojů		
Výroba tepla ze zemního plynu	1x 100 MW dálkové teplo	10 000 x 10 kW lokální vytápění
Výška komínu	130 m	13 m
Emisní limity (nejlepší dostupné technologie)	ANO	NE
Monitoring emisí	ANO	NE
Ekologická daň (zákon č. 261/2007 Sb.)	ANO	NE
Poplatky za emise (zákon č. 201/2012 Sb.)	ANO	NE
Nákup povolenek (zákon č. 383/2012 Sb.)	ANO	NE

www.tbscr.cz

Obrázek 3 Možnost využití energie vodíku v rámci KVET pro SCZT



2. Informace, teze a údaje z konference pořádané EGÚ Brno, na téma (energie): „Dovážet nebo vyrábět?“, 09/2020:

2.1. Parafráze zkušeností přenesené z prezentace EPH „Je to bezpečné?“ [6]:

- „V případě krize členské státy jednoznačně upřednostnily své národní zájmy a zásada solidarity byla potlačena. EK není dostatečně aktivní, operativní, aby byla schopna převzít iniciativu a koordinovat se.“

2.2. Parafráze zkušeností přenesené z prezentace ČEZ „Energetická soběstačnost efektivně“ [7]

- „EU výrazně zpříšňuje dekarbonizační cíle v energetice i celém energetickém hospodářství“
- „EU poskytne pro transformaci energetiky velké množství finančních prostředků, mnoho peněz je však s jistotou k dispozici jen pro nejbližší 4 roky“; tedy pro roky 2021 až 2025.
- Minimálně 30% z těchto prostředků musí jít na projekty spojené s klimatem, žádné výdaje nebudou v rozporu s cíli Green Deal.
- V EU SE VYTVÁŘÍ OHROMNÝ POTENCIÁL PRO ZELENÉ INVESTICE V SOULADU SE STRATEGIÍ GREEN DEAL: Naprostá většina post-covid stimulu (672,5 mld. EUR) pro národní státy na základě „Plánu obnovy a odolnosti v letech 2021-2023“.
- Soběstačnost už není a nebude o objemu energie, ale o dostupném výkonu.
- Dosud není dotaženo/chybí: Příprava legislativy umožňující budoucí využití vodíku v energetice.

2.3. Parafráze zkušeností přenesené z prezentace ČEPS „Vyvážen nebo dovážet – odkud?“ [8]

- Přihlédnout k důsledkům importní závislosti bilance ČR, zejména v napjatých obdobích ročního maxima ES ČR (zimní maximum - sezónnost).
- Zajistit dostupnost PpS s ohledem na riziko dřívějšího odstavení konvenčních zdrojů.

2.4. Parafráze zkušeností přenesené z prezentace MŽP „Role plynu v přechodu ke klimatické neutralitě do roku 2050“ [9]

- Budoucí vývoj plynárenství nastíněn ve Sděleních „Čistá planeta pro všechny“, „Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu“ a „Zelená dohoda pro Evropu“
- Klimaticky neutrální plyny podle MŽP:
 - Bioplyn
 - Biometan získaný čištěním bioplynu (čistota alespoň) 95 %
 - E-gas Převážně biometan vzniklý reakcí vodíku a CO₂ získaný pomocí využití přebytků elektřiny z OZE
 - **Zelený vodík**, získaný elektrolýzou z přebytků elektřiny z OZE
 - **Modrý vodík**, neboli získaný způsobem s nízkými emisemi uhlíku: z tepla z jaderného reaktoru (někdy bývá označen jako fialový vodík), případně z fosilních paliv se zachycováním CO₂ při využití CCS / CCU (pozn.: pokud by nebyly uplatněny metody jako CCS/CCU, pak by šlo o tzv. šedý vodík)
 - Role vodíku v dekarbonizaci:
 - Propojení sektorů: (elektřina-plyn, včetně substituce vodíkem-teplo-doprava-průmysl-akumulace energie)
 - Podpůrné služby a akumulace energie v elektroenergetice
 - Využití v průmyslových procesech (hutních a chemických)
 - Výhled rozvoje využití vodíku respektovaný MŽP, v kontextu „Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu“
 - Aktuální vývoj a výhled v kontextu klimaticky neutrální Evropy:
 - Cena emisní povolenky se v 07/2020 dostala na 14-leté maximum: 30,13 EUR, v 09/2020 byla na hodnotě 28 až 30 EUR (v 03/2020 byla 14 EUR a asi od roku 2045 je předpokládána konstantní hodnota kolem 70 EUR (*k datu odevzdání Studie byla 33,09 EUR*).

3. Teze z článku „**Zelený vodík se stane konkurenceschopným, až náklady na výrobu klesnou o více než polovinu**“ [\[10\]](#)

- 3.1. Zásadní je podmínka, aby se **zelený vodík** stal konkurenceschopný vůči konvenčním palivům. Proto musí náklady na jeho získávání klesnout o více než 50 % na 2,0 až 2,5 \$/kg (44 až 56 Kč/kg) a to nejpozději do roku 2030. Tak radikálního snížení nákladů lze dosáhnout při nákladech na elektřinu ze solárních nebo větrných elektráren ve výši 20 až 30 \$/MWh (445 až 667 Kč/MWh). Dále musí poklesnout náklady na elektrolyzéry o 30 až 50 %. To uvádí nová zpráva [How Hydrogen Can Fuel the Energy Transition](#) od S&P Global Ratings.
- 3.2. S vyrovnanými náklady na obnovitelnou energii, které představují až 60 % nákladů na zelený vodík, by pokles ceny o 10 dolarů/MWh (222 Kč/MWh) snížil náklady na zelený vodík o 0,4 až 0,5 dolarů/kg (9 až 11 Kč/kg). Pokles nákladů na elektrolyzér o 250 dolarů/kW (5558 Kč/kW) by snížil náklady na zelený vodík o dalších 0,3 až 0,4 \$/kg (7 až 9 Kč/kg). A konečným faktorem je zvýšení využití elektrolyzérů ze 40 % na 50 %. To by vedlo ke snížení nákladů o dalších 0,2 až 0,3 \$/kg (5 až 7 Kč/kg).
- 3.3. Modrý versus zelený vodík: Současná podpora pro [zachycování a skladování uhlíku \(CCS\)](#) by mohla pomoci vyrábět modrý vodík. Modrý vodík se získává parním reformováním fosilních paliv za současného zachycení vypouštěného oxidu uhličitého technologií CCS. Modrý vodík je v současné době levnější než zelený vodík. Za předpokladu dostupnosti ropných a plynových ložisek nebo solných jeskyní pro skladování oxidu uhličitého je tato metoda schopna v

krátkodobém až střednědobém horizontu dodávat větší objemy. Podobné zvýšení objemu zeleného vodíku je omezeno skutečností, že většina výrobní kapacity obnovitelné energie v příštím desetiletí bude zapotřebí k nahrazení konvenční výroby nebo k pokrytí rostoucí spotřeby elektrické energie

1.3 Vstupy ke zpracování Studie na bázi protiplnění od Objednatele

Pro vypracování předmětu plnění nabídky, uplatnil Dodavatel Studie požadavky na předání následujících informací, resp. dokumentů od jejího Objednatele jako doplnění objednávky. (Pozn.: Kurzívou jsou uvedeny informace o předaném protiplnění Dodavateli Studie od jejího Objednatele.)

1. Požadavek ke zpřesnění podkladu k předmětu plnění Projektu TK02010187. S cílem zjištění, zda existují nějaké informace o záměrech firem zejména v Ostravě a o jejich představě využití vodíku – zejména v případě Třineckých železáren (TŽ), a také jiných s potenciálem trvale větší poptávky po vodíku – např.: Dopravní podnik.
 - 1.1. *Objednatel předal Dodavateli podklad k Projektu TK02010187 předal v PDF formátu: Předané údaje jsou shodné s dříve předanou přihláškou Projektu TK02010187 (Pozn.: Předpokládané analytické výstupy fáze 1, Projektu (viz ad. 1.1 výše) nejsou podle informací od Objednatele dostupné.*
2. Požadavek k informacím o Analýze potenciálu průmyslových firem v MSK při přechodu na vodíkové technologie. S cílem zjištění, zda existují nějaké informace o záměrech firem zejména v Ostravě a o jejich představě využití vodíku – zejména v případě TŽ, a také jiných např.: Dopravní podnik, apod.:
 - 2.1. *Objednatel sdělil Dodavateli, že: Informace o potenciálu průmyslových firem v MSK byla předána při video pracovním jednání ústním sdělením ve smyslu, že potenciál výroby vodíku je v podnicích MSK vyčerpán (existuje pouze výroba pro vlastní potřebu nebo jako vedlejší produkt v technologických procesech některých podniků v MSK). Pro komerční účely jsou dostupné informace nepoužitelné.*
 - 2.2. *Objednatel v tomto smyslu sdělil Dodavateli, že: Tato skutečnost byl jeden z důvodů zadání této externí Studie.*
3. Požadavek na související Výstupy Uhelné komise (dále UK) ze dne 4. 12. 2020. S cílem získat případný platný zápis z jednání.
 - 3.1. *Objednatel předal Dodavateli Studie návrh Usnesení ze 7. zasedání (uskutečněno 4. 12. 2020). Z tohoto elektronicky předaného dokumentu je zřejmé, že Uhelná komise doporučila Vládě ČR následující návrhy k odchodu ČR od využití uhlí:*
 - *Rok 2038 navrhla UK, jako realistický rok útlumu využití uhlí pro účely výroby elektřiny a tepla v ČR.*
 - *UK v souvislosti termínem útlumu užití uhlí zdůraznila podmínky spojené s doporučeným útlumem. Podle UK se jedná zejména o včasnou náhradu utlumovaných uhelných zdrojů jinými výrobními zdroji a zajištění energetické bezpečnosti ČR. UK v této souvislosti zdůraznila:*
 - *Jako explicitní podmínku výstavbu nových jaderných zdrojů (náhrada za elektrárnu Dukovany, která podle mínění UK musí být realizována v*

připravovaném rozsahu a v rámci stávajícího harmonogramu (předpokládaného také v SEK).

- Jako další podmínku zdůraznila úspěšnou transformaci teplárenství umožňující kontrolovaný odchod od využití uhlí při výrobě tepla.
- Doporučení provádění periodického přezkumu rozhodnutí útlumu uhlí v závislosti na externích faktorech; tento přezkum by měl být prováděn minimálně každých pět let od schválení útlumu vládou ČR.
- UK doporučuje vládě ČR, aby činnost Uhelné komise pokračovala, zejména s ohledem na zpracování podrobnějšího harmonogramu útlumu, regulatorně legislativních nástrojů a detailního hodnocení ekonomických a sociálních dopadů útlumu těžby.
- Doporučuje vládě ČR, zachovat územní určení Fondu spravedlivé transformace pro uhelné kraje (Moravskoslezský, Karlovarský a Ústecký), kde je alokováno přibližně 42 mld. Kč. Současně doporučuje UK, aby došlo ke zvýhodnění pro uhelné kraje v rámci Modernizačního fondu, kde je alokace více než 120 mld. Kč. Při související podmínce, aby investice do veřejné infrastruktury z IROP, RRF a podpory podnikání činily, na území uhelných krajů, minimálně 40 mld. Kč.

3.2. UK dále pověřila předsedy Uhelné komise, aby o výše uvedeném usnesení informovali vládu ČR a předložili daná doporučení k projednání na úrovni vlády ČR.

4. Požadavek na potvrzení stavu aktuálně platné ÚEK:

4.1. Objednatel sdělil Dodavateli, že: aktuální verzi platné ÚEK nalezne na portálu informačního systému SEA CENIA (odkaz níže), dříve předaná verze, se neliší od https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/SEA_MSK027K

5. Požadavek na další podklady související s rozvojem platné ÚEK, pokud existují:

5.1. Objednatel sdělil Dodavateli Studie, že: Žádné další podklady pro zpřesnění specifikace nejsou k dispozici.

6. Požadavek na specifikace účelu využití vodíku a předpokládané množství za rok (pokud existují). Zejména se to týká TŽ, případně jiných podniků v Ostravě, pokud jsou k dispozici. Jde o účel využití vodíku, požadované parametry, které by mělo jeho použití nastavit, zejména pak teplota a také předpoklady o množství spotřeby, pokud existují.

6.1. Objednatel sdělil Dodavateli, že:

- Pro účely využití vodíku v dopravě jsou k dispozici tyto kvalifikované odhady:
 - osobní vozidlo s palivovým článkem má spotřebu vodíku cca 1 kg/100 km (výrobci uvádějí trochu méně, např.: Hyundai Nexo 0,95 kg/100 km). Předpokládaný nájezd je subjektivní, ale běžně se udává např.: 15 až 20 tisíc kilometrů ročně u běžného uživatele (uvažujeme 50 – 75 osobních automobilů v roce 2023)
 - Autobusy s palivovým článkem mají spotřebu cca 8 až 10 kg/100 km, nájezd podle poslední ročenky o dopravě v Ostravě 2019 je mezi 50 – 250 km na linku příměstské dopravy (uvažujeme 5 – 10 autobusů na vodík v roce 2023)

- <https://www.ostrava.cz/cs/urad/magistrat/odbory-magistratu/odbor-dopravy/oddeleni-silnic-mostu-rozvoje-a-organizace-dopravy/informace-o-doprave/okroenka2019web.pdf>
- *Dále je třeba počítat s různými plnicími tlaky pro osobní auto a autobus-plnicí stanice by měla být schopna pomocí kompresoru stlačit vodík tak, aby zvládla naplnit (min. 700 bar u osobního auta, 350 bar u autobusu).*

6.2. *Ještě doplňuji zajímavý odkaz z dubna 2020, který pojednává o ceně vodíku v Evropě a Americe <https://oenergetice.cz/komoditni-trhy/platts-vodik-se-nyni-japonsku-vyrabi-za-49-eur-mwh-nizozemsku-za-polovinu>*

7. Požadavek na odhad diagramu průběhu poptávky po vodíku a specifikaci účelu jeho použití, parametrů tepla pro technologické účely (pokud existuje). Jedná zejména o případ TŽ. Pokud by existoval např.: nějaký popis technologického procesu, ve kterém se užívá teplo určitých parametrů – teplota, doba trvání udržení potřebné úrovně teploty, a jak se to dělá dosud – zřejmě uplatněním elektřiny – obloukových nebo indukčních pecí.

7.1. Objednatel sdělil Dodavateli následující informace: *Tady je informací málo. Připojuji odkaz na proklamaci TŽ k uhlíkové neutralitě <https://www.trz.cz/clanky/147/uhlikova-neutralita>*

7.2. *Přikládám Výroční zprávu TŽ, kde lze dohledat základní informace pro potřebu zpracování Studie.*

1.4 Vliv vstupů a protiplnění na zpracování Studie

Protiplnění od Objednatele bylo předáno, tak jak je popsáno v části 1.3. To znamená, že Dodavatel nemá k dispozici podrobnější analytické protiplnění Objednatele diskutované při zpracování Nabídky. (kromě výše zmíněných položek – viz 1.3) Pro další zpracování Dodavatel nahradí požadované informace a fakta dostupnými rešeršemi, nebo analogiemi, resp. provede odhady potřebných údajů bez analytických vstupů a dokončí řešení podle vlastního uvážení. To znamená, formou Ideového variantního návrhu uplatnění vodíku v energetice regionu, v kontextu s Rámcem Studie jako Ideového variantního návrhu struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provazeb MSK. Položky následujících přípravných částí Studie (části 1.2, 1.3, a 1.4) a vlastního ideového návrhu (kapitoly 2., 3., 4., 5., 6., a 7.) navrhnou řešení v mezích ideového návrhu s vyústěním do následného podrobnějšího rozpracování zevrubné Studie aplikace vodíku v MSK jako nosič energie k využití k odloženému energetickému využití v sektorech průmyslu, teplárenství a také jako formu zmíněného odložení energetického využití.

2. Možnosti užití vodíku

V této kapitole Studie jsou stručně popsány potřebné informace pro další rozvinutí kroků a opatření vycházejících z Dopadové studie [4].

2.1 Vodík a jeho vlastnosti

Vodík – je nejjednodušší a nejjednodušší plynný chemický prvek, tvořící převážnou část hmoty ve vesmíru. Pozn.: Vodík objevil roku 1766 Henry Cavendish.

Vodík má široké praktické využití jako:

- nosič energie (umožňující akumulovat energii v daném časovém intervalu, kdy je přebytek energie v soustavě s intermitentními zdroji a následně ji v jiném časovém okamžiku využitím vodíku uplatnit, například v palivovém článku anebo v modifikovaném spalovacím motoru, apod.),
- redukční činidlo při chemické syntéze a v metalurgii, nebo (dříve také)
- jako náplň balonů a vzducholodí.

Výše uvedené informace viz <https://www.aldebaran.cz/glossary/print.php?id=986>

2.1.1 Další informace o vodíku

- hydrogenium, značka H – chemický prvek;
- [protonové číslo](#) 1,
- [relativní atomová hmotnost](#) 1,0079,
- teplota tání: – 259,2 °C,
- teplota varu: – 240 °C,
- hustota $0,090 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Bezbarvý plyn s velmi malou hustotou, bez chuti a zápachu; objeven v roce 1776.
- V přírodě s vodík vyskytuje jako směs [izotopů](#) ^1H – prociem, ^2H (D) – deuterium, ^3H (T) – tritium. Jako volný se vyskytuje jen v horních vrstvách [atmosféry](#), ve sloučeninách je ve vodě, uhlovodících aj.
- Průmyslově se vyrábí buď redukcí vodní páry rozžhaveným [koksem](#), reakcí [metanu](#) s [vodní párou](#), nebo z vody [elektrolyticky](#).
- Používá se k výrobě [amoniaku](#), [chlorovodíku](#), k [hydrogenacím](#) a výrobě mnoha organických sloučenin, jako [redukční činidlo](#) v [metalurgii](#), při svařování a tavení kovů aj.
- Ve sloučeninách má oxidační číslo – 1 a 1. Viz též [hydridy](#).

Viz <https://leporelo.info/vodik>

Doplňující informace článku Vodíkové hospodářství o vlastnostech vodíku:

Vodík (Hydrogenium - H) je třetím nejhojnějším prvkem na Zemi. Volný vodík se nachází například v obalu hvězd, v pozemských zdrojích je zastoupen téměř výhradně ve formě sloučenin (voda, uhlovodíky, atd.). Vodík je nejjednodušší chemický prvek. Většina vodíkových jader je tvořena pouze z jednoho protonu - prociem, existují však další izotopy vodíku - deuterium, v jehož jádru je navíc jeden neutron a tritium, v jehož jádru jsou neutrony dva. Tritium je nestabilní s poločasem rozpadu 12,4 roku. Vodík

jako prvek je velmi reaktivní a proto se jeho atomy navzájem spojují a vytvářejí molekuly o dvou atomech. Oproti atomovému vodíku je molekulový vodík poměrně stabilní a díky vysoké energii vazeb také relativně málo reaktivní.

Přesto je známo, že vodík má velmi nízkou zápalnou energii (viz 2.2, třetí odrážka shora).

2.2 Bezpečnost užití vodíku a vodíkových aplikací

Parafrázovaný text ze statě Bezpečnost www.hytep.cz [15]

Téměř všechna paliva jsou nějakým způsobem nebezpečná. Dalo by se s nadsázkou říct, že to je právě ta vlastnost, pro kterou se využívají. Vysoká hustota energie, hořlavost a výbušnost jsou vlastnosti, které jsou společné všem druhům paliv. Skladování takových paliv v prostoru vozidla představuje riziko vznícení případně výbuchu paliva vně spalovací komory tepelného motoru nebo palivového článku. Vodík není v tomto ohledu výjimkou, přesto je jeho chování v mnoha ohledech velmi odlišné od stávajících fosilních paliv.

- Vodík tvoří spolu se vzduchem hořlavou a výbušnou směs v širokém rozsahu koncentrací (4 - 75 % objemu pro hořlavou směs a 19 - 59 % objemu pro výbušnou směs).
- Při rychlé expanzi původně stlačeného vodíku, může dojít k samovznícení.
- Vodík má velmi nízkou zápalnou energii, již velmi malý elektrostatický náboj (0,02 J) může iniciovat vzplanutí vodíku jako paliva.
- Nízká viskozita a malá velikost vodíkové molekuly kladou zvýšené nároky na utěsnění palivové soustavy.
- Únik vodíku není možné rozpoznat lidskými smysly.
- Velmi nízká hustota plynu napomáhá rychlému rozptylu do okolí a tedy k rychlému snížení koncentrace pod zápalnou mez.
- Nebyly zjištěny toxické účinky vodíku na člověka, při hoření vodíku nevznikají toxické zplodiny.
- Za denního světla není vodíkový plamen téměř viditelný.

Přestože většina výše uvedených parametrů je z hlediska bezpečnosti oproti běžným palivům méně příznivých, mnoho praktických zkoušek prokázalo menší destrukční účinky vzplanutí vodíkové nádrže na vozidlo i menší riziko pro posádku. Na následujícím obrázku je test úniku a následného vznícení vodík versus benzin.

Obrázek 4 Test vznícení vodík versus benzin



Z Obrázku 4 je patrné, že při destrukci nádrže stoupá vodík díky své nízké hustotě velmi rychle vzhůru a případný požár vzniká ve větší míře vně vozidla. K zvýšení

bezpečnosti paradoxně přispívá i menší množství paliva skladovaného ve vozidlech. Bezpečnost se dá dále zvýšit vhodným umístěním skladovací nádrže (například na střechu).

U konvenčních skladovacích systémů je vodík skladován v nádobách za velmi nízkých teplot případně za vysokých tlaků. Takovéto systémy jsou velmi náchylné na porušení pláště skladovací nádoby. Při mechanickém poškození nádoby může dojít ve velmi krátké době k úniku celého obsahu nádrže a k případnému vzplanutí nebo výbuchu.

Při skladování vodíku v kryogenní nádrži dochází vlivem přestupu tepla k pozvolnému odparu. V případě, kdy je odpařený vodík jednoduše vypouštěn do atmosféry je nutné dodržet zvýšená bezpečnostní opatření, aby se zabránilo hromadění vodíku v uzavřených prostorách.

Znova je třeba mít na paměti, že vodík má velmi nízkou zápalnou energii a již velmi malý elektrostatický náboj (0,02 J) může iniciovat vzplanutí vodíku (případně, za určitých okolností i výbuch), pokud se nahromadí v uzavřených prostorách.

Velmi nízká teplota skladovaného vodíku představuje pro člověka vážné zdravotní riziko. Při kontaktu s pokožkou může dojít ke kryogenním popáleninám, omrzlinám a podchlazením; při vdechnutí studených par potom k vážnému poškození plic. Nebezpečné mohou být i vysoce podchlazené kovové části palivového systému, při manipulaci s takovými částmi systému je nezbytné používat ochranné rukavice.

U alternativních systémů skladování vodíku je vodík vázán ve struktuře materiálu; při poruše pláště nádrže tedy nedochází k rychlému úniku mimo nádrž vozidla.

Na závěr je třeba připomenout, že využívání vodíku není novinka posledních let. Ve velkém množství je spotřebováván například v ropných rafinériích při výrobě benzínů nebo v potravinářství při ztužování tuků. Relativně nové je pouze jeho používání jako energetického nosiče. Velké množství dopravních prostředků v rámci demonstračních projektů na celém světě (Cute, HyFleet:Cute, ...) denně prokazuje, že je vodík pro tyto účely dostatečně spolehlivý a bezpečný palivo.

2.3 Využití vodíku popsané v Dopadové studii

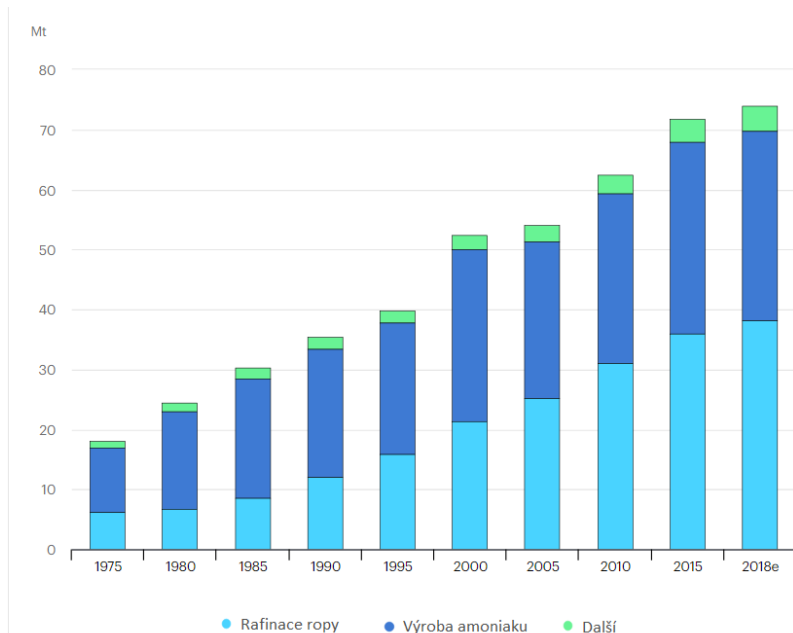
Dopadová studie [4] uvádí také, že vodík má široké využití v průmyslu, zejména při výrobě amoniaku, metanolu, v rafinériích, nebo jako redukční činidlo v metalurgii. V poslední době roste i jeho význam jako univerzálního nosiče energie, a tedy i potenciál jeho využití zejména v energetice, dopravě, při výrobě a zpracování ocelí a železa, nebo metanizaci.

Současně začíná nabývat význam i využití vodíku jako prostředku pro transport a skladování energie. Zejména v těchto odvětvích se předpokládá značný podíl vodíku na jejich dekarbonizaci.

Spolu s rostoucím významem využití vodíku roste celosvětová poptávka po něm. Ta se za posledních 45 let téměř ztrojnásobila. Odhad vývoje spotřeby vodíku jako analogie spotřeby vodíku mezi lety 1975–2018 pro dvě hlavní průmyslové aplikace, tj. pro rafinaci ropy a výrobu amoniaku, je uveden na Obrázku 5. Z predikcí budoucího vývoje poptávky po vodíku plyne, že do roku 2050 by se měla poptávka zvýšit ze stávajících 10 EJ/rok na 78 EJ/rok. Podle cílů Národního akčního plánu ČR pro čistou mobilitu by mělo být do roku 2030 v provozu přibližně 40 000–50 000 automobilů s

vodíkovým pohonem a přibližně 870 autobusů a mělo by být dosaženo výrazného snížení produkce emisí zavedením vodíku do dálkové dopravy (zejména pro kamiony).

Obrázek 5 Odhad poptávky po čistém vodíku na základě produkce mezi lety 1975-2018



(Zdroj Dopadová studie – jaderný scénář Obr. 5.4)

Aby bylo možné použít vodík v průmyslu, dopravě a dalších odvětvích, je potřeba jej při jeho výrobě jímát a skladovat. Existuje několik metod pro akumulaci energie ve formě vodíku, například pomocí jeho stlačení. K akumulaci energie pomocí stlačeného vodíku je možné využít řadu různých zařízení jako je např. zásobník vodíku pro uskladnění, palivový článek pro přímou konverzi vodíku na elektrickou energii, vodíková plnicí stanice sloužící pro plnění tlakových nádrží mobilních zařízení stlačeným vodíkem, pojízdné zásobníky vodíku pro jeho přepravu. Také se může uplatnit metanizace vodíku, to znamená výroba syntetického metanu a jeho přidávání do rozvodu zemního plynu k jeho energetickému využití.

2.4 Diskuse užití vodíku dle zadání Studie

V textu kapitol 4 a 6, je rozvinut příběh užití vodíku v MSK dle zadání Studie. Cílem je nalézt možné varianty řešení rozvinutí výroby, transportu a skladování vodíku v přechodovém období let druhé dekády 21. století (2020 až 2030). Přesněji řečeno, až do doby nežli bude plně rozvinuta strategie využití vodíku v MSK:

- jako příměsi do zemního plynu v rámci KVET,
- nosiče energie pro časové odložení její spotřeby,
- jako paliva v rámci pohonu autobusů MHD, resp. nákladních vozidel technické správy města Ostravy
- redukčního činidla a paliva v rámci výroby surového železa.

3. Způsoby získávání vodíku obecně

Přehled dostupných metod a jejich hodnocení vzhledem k účelu využití vodíku v MSK.

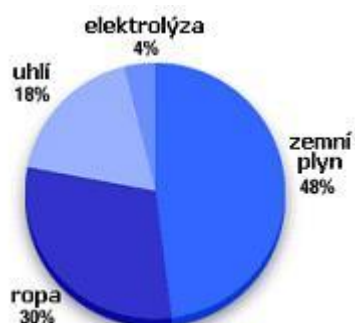
3.1 Vybrané informace o způsobech získávání vodíku

V odkazu: <https://www.hytep.cz/cs/vodik/informace-o-vodiku/vyroba-vodiku/664-vyroba-vodiku>, který je z roku 2007, můžeme zjistit následující informace:

3.1.1 Primární energetické zdroje k výrobě vodíku

Vodík může být vyráběn mnoha způsoby z širokého spektra vstupních zdrojů. V celosvětové produkci vodíku dominovala v roce 2007, a totéž platí i v současné době, výroba z fosilních paliv. Podrobněji viz následující Obrázek:

Obrázek 6 Dominantní postavení fosilních paliv pro výrobu vodíku.



(parní reforming zemního plynu, parciální oxidace ropných frakcí a zplyňování uhlí)

I podle informací z IEA, z června 2018, viz <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>, se dá zjistit, že se situace proporcí získávání vodíku dosud nijak nezměnila, Využívání takto vyrobeného vodíku může sice pomoci lokálně snížit imise některých zdraví poškozujících látek, globálně by to však vedlo pouze k méně hospodárnému využívání primární energie fosilních zdrojů a s tím souvisejícímu nárůstu produkce oxidu uhličitého.

Další možností je výroba vodíku z obnovitelných zdrojů. Z nich se vodík získává pomocí elektrolýzy vody, vysokoteplotního rozkladu vody anebo zplyňováním či pyrolýzou biomasy.

Pro výrobu vodíku přímo z vody se jeví vhodné také některé vyvíjené jaderné reaktory čtvrté generace. Vysoká teplota chladiva na výstupu z reaktoru je postačující pro některé perspektivní chemické cykly i vysokoteplotní elektrolýzu.

Hlavním „motorem“ rozvoje vodíkového hospodářství je možnost využití alternativního nosiče energie vůči využívání fosilních paliv (ropných a plyných produktů) a to především v dopravním sektoru. Výroba vodíku pro tyto účely z fosilních paliv ve velkém měřítku by proto byla z výše uvedených důvodů neobhajitelná.

Každý den, bylo v roce 2007 (údaj z 9. května 2007) na světě vyprodukováno přibližně 1,4 mld. Nm³, neboli 127 tis. tun vodíku. Tento údaj je potvrzován i. výše uvedeným Obrázkem 5 z Dopadové studie (původně graf 5.4), viz výše.

3.1.2 Stručný přehled výrobních technologií k získávání vodíku

Pro potřeby této Studie zde uvádím pouze některé, nejrozšířenější, případně v současné době nejperspektivnější technologie výroby vodíku:

1) *Parní reforming zemního plynu*

Tato technologie je v současnosti nejlevnějším a nejrozšířenějším způsobem výroby vodíku. Teplo pro reformní reakci i následnou konverzi oxidu uhelnatého je dodáváno z přímého spalování části zemního plynu.

Obrázek 7 Ilustrační foto reformingové jednotky



Proces má dvě fáze; v první se za přítomnosti katalyzátoru do vodní páry (500 - 950° C, 0,3 - 2,5 MPa) přivádí metan (dominantní část zemního plynu). Směs metanu a páry reaguje za vzniku vodíku a oxidu uhelnatého a menšího podílu oxidu uhličitého. Reakce probíhá za výše zmíněných teplot a tlaků v reforméru. Poté následuje navyšování množství produkovaného vodíku konverzí CO z reforméru s další přidanou párou. Reakce probíhá již za nižších teplot.

1. reformní reakce: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$
2. konverze CO: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

Účinnost produkce vodíku je závislá na poměru páry a uhlíku ve směsi; pohybuje se okolo 80 %. Značnou nevýhodou je produkce vysokého množství oxidu uhličitého - na 1 kg vodíku se vyprodukuje 7,05 kg CO₂.

2) *Elektrolýza* (také se používá slovní vazba konvenční anebo nízkoteplotní elektrolýza) je proces, při kterém stejnosměrný proud při průchodu vodným roztokem štěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem:

1. $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

H⁺ poté reaguje na katodě za vzniku plynu, který je jímán a následně skladován. Proces elektrolyzy probíhá za pokojových teplot a pro jeho chod je nutná pouze elektrická energie. Tímto způsobem jsou vyrobeny asi 4 % z celkové světové produkce vodíku.

Obrázek 8 Ilustrační obrázek nízkoteplotní elektrolytické jednotky



Ideální (reverzibilní) napětí dekompozice je 1,229 V, ale reálné napětí se pohybuje v rozmezí 1,85 - 2,05 V (kvůli ireverzibilitě v reakčním mechanismu a nutnosti dodání části tepla ve formě elektrické energie). Účinnost procesu se potom pohybuje v rozmezí 80 - 92 %. Výstupem elektrolyzy je kyslík a vysoce čistý vodíkový plyn, pro většinu aplikací bez nutnosti dodatečného dočišťování.

Konvenční elektrolyza je výhodná zejména tam, kde je levná elektřina a dostatek vody. Příkladem může být Island s jeho geotermální energií. Elektrolytické zařízení je modulární, může být navrženo jako velká centrální jednotka či jako malé zařízení pro lokální použití se stejnou účinností. K výhodám konvenční elektrolyzy, patří možnost použití různých zdrojů vstupní energie a vysoká čistota elektrolytického vodíku. Nevýhodou jsou vysoké náklady na membránu v elektrolyzátoru a vysoké ceny elektřiny.

Na celkové účinnosti elektrolytické výroby vodíku se podílí především účinnost výroby elektrické energie (30 - 40 % pro konvenční zdroje). Celková účinnost konvenční elektrolyzy se tedy pohybuje přibližně v rozmezí 25 - 35 %.

3) Vysokoteplotní elektrolyza

Pro vysokoteplotní elektrolyzu, (nazývanou též někdy parní elektrolyza), je charakteristické, že část dodávané energie tvoří elektrická energie a část je přivedena ve formě tepla. Reakce probíhající ve vysokoteplotním elektrolyzátoru je reverzní k reakci probíhající v palivových článcích s pevnými oxidy. Do elektrolyzátoru vstupuje pára a vodík. Vystupuje z něho obohacená směs obsahující 75 % hmotnostních vodíku a 25 % hmotnostních páry. Z páry je na anodě oddělen iont kyslíku, který prochází skrze membránu. Vodík je pak z páry oddělen v kondenzační jednotce.

Výhodou je zvýšení účinnosti procesu díky snížené spotřebě elektrické energie a snadnějšímu překonání aktivační bariéry na povrchu elektrody. Při růstu teploty vstupní páry klesá spotřeba elektrické energie. Celková energie mírně roste, což je způsobeno právě nutným ohřevem páry. Další výhodou spočívá v cirkulaci samotných molekul H₂O, a iontů H₂ a O₂ bez jiných chemických látek, což odstraňuje problémy s korozí. Celková účinnost vysokoteplotní elektrolyzy může dosahovat až 45 %.

4) Termochemické cykly

Termochemické cykly jsou známy již více jak 35 let; intenzivně byly studovány na přelomu 70. a 80. let 20. století (v době ropné krize, tedy v době hledání ekonomické výroby alternativních paliv).

Při termochemickém štěpení vody je voda rozdělena na kyslík a vodík pomocí série chemických reakcí, které jsou iniciované teplem nebo v případě hybridních cyklů teplem a elektrickou energií. Cykly popisované níže jsou cykly uzavřené, tj. použité chemické látky jsou v průběhu reakcí recyklovány a znovu vstupují do procesu. Doplněnou vstupní surovinou je tedy pouze voda a výsledným produktem vodík a kyslík.

S-I cyklus

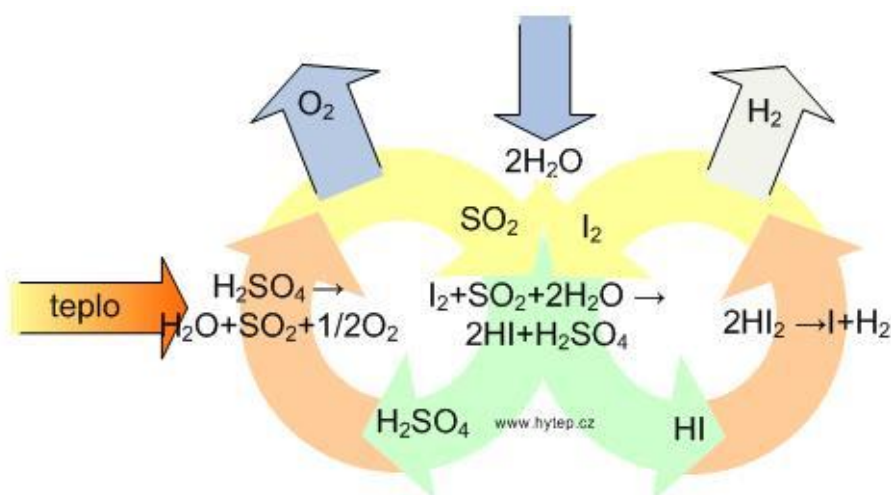
Siřičito-jódový termochemický cyklus byl vyvinut v General Atomics (San Diego, USA) v polovině 70. let 20. století. **Je předním kandidátem levné a účinné výroby vodíku pomocí jaderné energie.**

Vstupní surovinou je pouze voda a vysoko-potenciální teplo; výstupními surovinami jsou kyslík s vodíkem a nízko-potenciální teplo. Všechny vstupní suroviny jsou tekuté. Jód a oxid siřičitý se recyklují a opětně používají, teoreticky se tedy neprodukuje žádný odpad (ve skutečnosti samozřejmě k určitým ztrátám dochází a je nezbytné tyto ztráty kompenzovat doplňováním chemických látek). Při produkci vodíku probíhají tyto termochemické reakce:

1. $I_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2HI + H_2SO_4$ (120 °C)
2. $H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O + 1/2O_2$ (800 - 1000 °C)
3. $2HI \rightarrow I_2 + H_2$ (300 - 450 °C)

V prvním kroku, který je znám jako Bunsenova reakce, reaguje vstupující voda s jódem a oxidem siřičitým za vzniku kyseliny sírové a jodovodíkové. Jedná se o exotermickou reakci, kdy se z reakce odvádí teplo o teplotě 120 °C. Nejvíce tepla (a o nejvyšší teplotě, 800 - 1000 °C) vyžaduje endotermický rozklad kyseliny sírové. Rozklad kyseliny jodovodíkové a současná produkce vodíku vyžaduje teploty nižší (300 - 450 °C).

Obrázek 9 Schéma Siřičito-jódového termochemického cyklu



Účinnost takto komplexního cyklu není jednoduché stanovit. Účinnost celého výrobního cyklu vodíku se pohybuje v rozmezí 40 - 52 % (50 % při 950 °C). S nárůstem teplot roste i účinnost cyklu.

Oproti elektrolýze má tento cyklus vyšší účinnost, protože nedochází ke ztrátám při výrobě elektrické energie.

Nevýhoda tohoto cyklu je požadavek vysokých vstupních teplot a agresivita kyseliny sírové a jodovodíkové, což vede k vysokým nárokům na chemickou odolnost použitých materiálů. Problematická bude kontrola podmínek reakcí v průmyslovém měřítku (v laboratorních podmínkách byla tato otázka již zvládnuta).

Více informací: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sulfur-iodine-cycle>.

Jsou zde uvedeny technologické údaje, bezpečnostní údaje a také výhody a nevýhody, včetně technologických schémat. Zapojení a souvislosti chemických smyček a vysokoteplotního reaktoru, atd.

5) Hybridní termochemické cykly

Hybridní termochemický proces kombinuje termochemický cyklus a elektrolytické štěpení vody. Obecně se mohou hybridní cykly jevit jako nekonkurenceschopné kvůli potřebě elektrické energie a vysokým investičním nákladům na elektrolyzátor. Na druhou stranu s využitím elektřiny umožňuje hybridní cyklus chod nízkoteplotních reakcí a snižuje se počet chemických kroků (ty mohou zanechávat nečistoty ve vyrobeném vodíku a zvyšovat tak náklady na dodatečné čištění).

Westinghouse proces

Westinghouse proces, nebo také hybridní cyklus kyseliny sírové, byl vyvinut společností Westinghouse v roce 1975; další výzkum probíhá v Research Center Jülich ve spolupráci s JRC Ispra.

Do reakce vstupuje voda a oxid siřičitý a za přispění elektrické energie vzniká vodík a kyselina sírová, která se dalšími reakcemi rozpadá na vstupní suroviny a kyslík. Westinghouse proces se tedy skládá z těchto chemických reakcí:

1. $2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$ (80 °C, elektřina)
2. $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$ (450 °C)
3. $\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2$ (800 °C)

Účinnost tohoto procesu je okolo 40 %. Výhodou cyklu je 3 - 4x nižší potřeba elektrické energie než při elektrolytickém štěpení vody. Jedná se o nejjednodušší ze skupiny sírových procesů (ne nutně nejúčinnější). Mezi nevýhody se řadí velké korozní problémy působené kyselinou sírovou.

3.1.3 Závěr k získávání vodíku

Existuje mnoho cest jak vyrábět vodík. Preference jedné vyplyne z lokálních podmínek výroby, poptávky a především z investičních a provozních nákladů více než z celkové účinnosti procesu. Pro masivní udržitelnou výrobu se jeví perspektivní výroba vodíku chemickými cykly nebo vysokoteplotní elektrolýza v kombinaci s vysoko-potenciálním zdrojem tepla - vybrané reaktory Gen IV. Konvenční elektrolýza najde pravděpodobně uplatnění v menších lokálních zdrojích vodíku. Elektrická energie z obnovitelných zdrojů může být s výhodou využita právě pro lokální výrobu vodíku, odstraňuje komplikace s regulací energetické přenosové soustavy. Bioplyn a ostatní obnovitelná

biologická paliva bude pravděpodobně výhodnější spalovat přímo ve spalovacích motorech či v menších zdrojích elektrické energie. Výroba vodíku se také může stát perspektivní alternativou regulace spotřeby elektrické energie.

3.2 Diskuse k využití elektrolýzy / termolýzy k výrobě vodíku

Diskuse je postavena na tezech informací a údajů ze stati portálu a periodika Průmyslová ekologie k využití elektrolýzy k dekarbonizaci [\[12\]](#)

Diskuse bude dále organizována tak, že bude uvedena část článku normálně a případná odezva / názor / doporučení autora Studie, uvedená kurzivou, jako zbytek této věty. To platí až do 3.2.4. Před tímto bodem diskuse končí.

Podrobnosti viz: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/cina-vyrabi-nejlevnejsi-elektrolyzery-eu-se-soustredi-na-zarizeni-ktera-jsou-vyhodna-pro-dekarbonizaci>

Záměr stati, je ukázat, postavení strategie EU v nadcházející éře růstu užití vodíku k řadě aktivit spojených s dekarbonizací energetiky, dopravy a některých odvětví průmyslu a také dodávek tepla pro obyvatelstvo ve vzdálenější budoucnosti.

Ve stati je tvrzení, že: Čína v současnosti vyrábí nejlevnější elektrolýzery na světě. To je zajisté možné a neplatí to jen o těchto produktech, ale o celé řadě dalších. Otázkou bude jejich kvalita výkonnost a odpověď na řadu dalších otázek.

Do Vodíkové strategie zveřejněné v červenci 2020 Evropská komise zahrnuje plán instalovat 40 GW elektrolýzérů v EU a vyrábět až 10 milionů tun obnovitelného vodíku. V tomto případě by se jednalo o tzv. zelený vodík, tedy vodík vyrobený pomocí elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

42

3.2.1 EU různým projektům otevřeně vyjadřuje podporu

Jedním z významných projektů, které jsou v současnosti na půdě EU budovány, je i německý projekt Refhyne. [Refhyne](#) je 10MW elektrolýzér, který má být uveden do provozu na začátku roku 2021 a má vyrábět přibližně 4 tuny čistého vodíku denně, respektive přibližně 1 300 tun vodíku ročně.

Dále v textu kapitoly 3 uvádím, že v dnešní době je celosvětová produkce vodíku asi 1,4 miliardy Nm³ vodíku za den. Zatímco tento údaj je skutečný údaj, tak z odstavce výše je možné analogicky odhadnout, jak velké množství elektrolýzérů bude potřeba v budoucnu, i když elektrolýza není jediný způsob získávání.

„Projekty jako Refhyne jsou to, co potřebujeme, abychom dosáhli rozšíření výroby čistého vodíku v Evropě – inovativní, založený na obnovitelných zdrojích a spojující soukromý a veřejný sektor s cílem zajistit globální technologické vedení EU,“ říká Kadri Simson, EU komisařka pro energetiku.

3.2.2 Čína a EU jsou významnými hráči v oblasti elektrolýzy

EU se díky podobným iniciativám snaží zachovat a posílit svou pozici v oblasti výroby elektrolýzérů.

Nejlevnější elektrolýzéry prý nabízí Čína.

V současnosti jsou známy tři hlavní typy elektrolýzérů založené na technologii: PEM elektrolýza (využívající proton-výměnné membrány), alkalická elektrolýza a vysokoteplotní elektrolýza probíhající v palivových článcích s pevnými oxidy. Nejlevnější a nejvíce zaběhlou technologií je alkalická elektrolýza.

Podle odhadů Bloomberg NEF čínští výrobci prodávají alkalické elektrolýzéry za 200 USD/kW, tedy zhruba o 80 % levnější než evropské elektrolýzéry stejného typu „Protože čínský trh je tak velký, jejich producenti mohou profitovat z úspor z rozsahu, automatizace apod., mnohem více než výrobci z EU nebo z USA,“ říká Michela Bortolotti, mluvčí Hydrogen Europe.

Doporučuji se v dalším přípravném období rozvoje užití vodíku v MSK nevěnovat čínským produktům přímo. Je dobré o nich vědět, ale ČR je nyní teprve na okraji budoucího masivního využití vodíku jako nosiče energie. K této informaci se vrátím až na konci Studie při formulaci závěrů. Pokud to bude nezbytně nutné.

Evropští výrobci se ovšem soustřeďují na „inovativní technologie“, jako je například PEM elektrolýza, kde momentálně vedou. PEM [elektrolýzéry](#) jsou vhodnější k provozu při využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů. Jejich spuštění a zastavení je rychlejší než v případě alkalických elektrolýzérů. Hlavním důvodem je flexibilita provozních teplot PEM elektrolýzérů, které se pohybují kolem 100 °C. Alkalické elektrolýzéry vyžadují teplotu 600 °C a elektrolýzéry s články s pevnými oxidy, 900 °C.

V případě přerušované a nestabilní výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je toto zásadní výhodou. EU chce totiž elektrolýzéry využít primárně při nízkých až nulových, či negativních cenách elektřiny a vyrábět tak vodík s nízkými provozními náklady. Podle Mirely Atanasiu, ředitelky útvaru v Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, se totiž očekává, že další snižování [nákladů elektrolýzérů](#) bude omezené. Proto jsou nízké ceny elektřiny klíčové.

3.2.3 Možností bude importovat vodík například z Ukrajiny

Objem vyrobeného zeleného vodíku z EU se ovšem vždy bude odvíjet od množství dostupné obnovitelné elektřiny. Dnes je v EU přibližně 32 % elektřiny vyrobeno z obnovitelných zdrojů. Objevuje se tedy otázka, zda by se zelený vodík měl do EU importovat ze zemí, které mají vynikající podmínky pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Proto asociace Hydrogen Europe plánuje vybudovat [dalších 40 GW](#) elektrolýzérů v sousedských regionech, například na Ukrajině, či v severní Africe.

Otázka zní: jak se bude importovat, a odkud, jak se bude transportovat, jak se bude překládat z transportních systémů, jak se bude ukládat atd. Je to dobré mít již od počátku na paměti. Nehledě na to, že si nejsem jist, že Ukrajina bude mít přebytek výkonu a ještě k tomu z OZE; s tímto názorem autorky této statě nesouhlasím. To ovšem ukáží již nejbližší roky, této dekády 21. století.

3.2.4 Shrnutí informací o výrobě, skladování a transportu vodíku

1. Dle Dopadové studie – Jaderného scénáře: Výroba vodíku může být významným faktorem pro zlepšení ekonomie provozu SMR.

1.1. Aby bylo možné použít vodík v průmyslu, dopravě a dalších odvětvích, je potřeba jej při jeho výrobě jímát a skladovat. Existuje několik metod pro akumulaci energie ve formě vodíku, například pomocí jeho stlačení nebo transformací vodíku na metan pomocí metanizace. K akumulaci energie pomocí stlačeného vodíku je možné využít řadu různých zařízení jako je např. zásobník vodíku pro uskladnění, palivový článek pro přímou konverzi vodíku na elektrickou energii, vodíková plnicí stanice sloužící pro plnění tlakových nádrží mobilních zařízení stlačeným vodíkem, pojízdné zásobníky vodíku pro jeho přepravu. Metanizace vodíku znamená výrobu syntetického metanu a jeho přidávání do rozvodu zemního plynu k jeho energetickému využití.

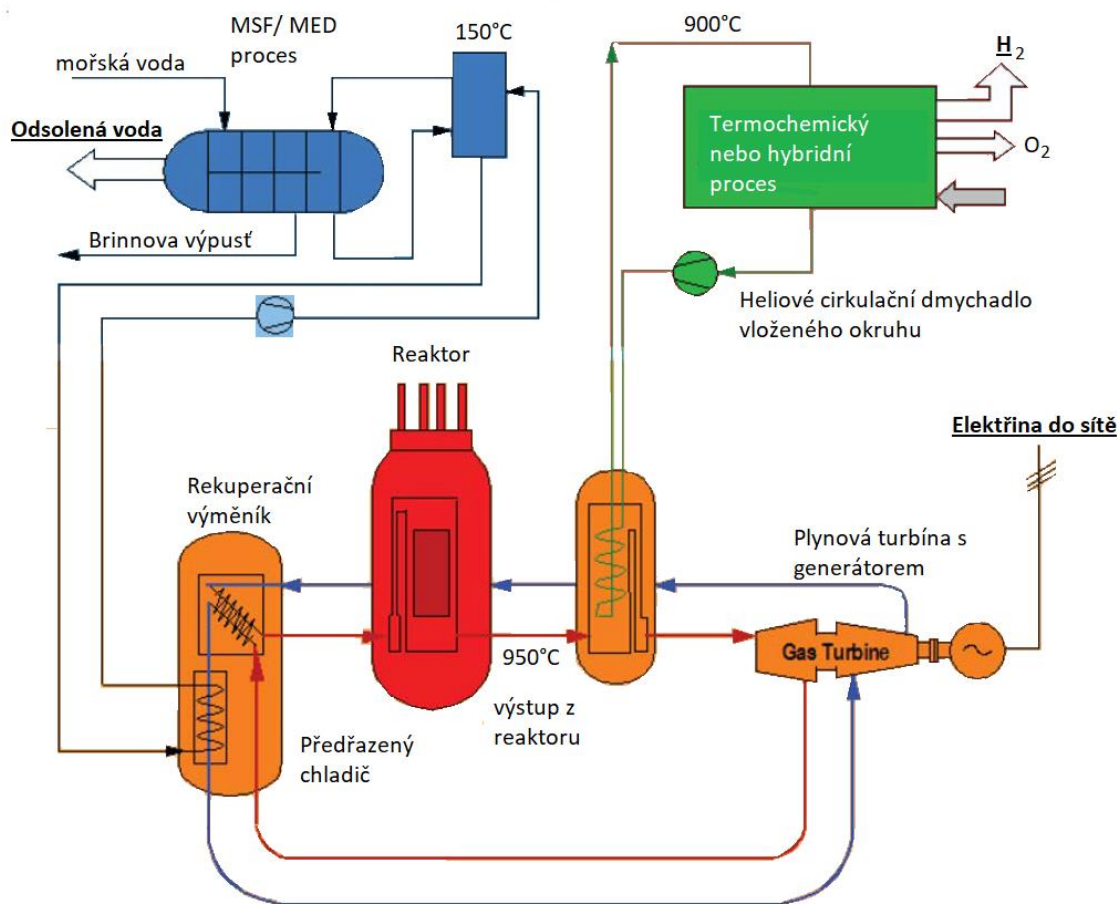
1.2. Současnou poptávku po vodíku pokrývá jeho výroba zejména z fosilních paliv. Hlavním fosilním zdrojem vodíku je výroba ze zemního plynu, jehož 6 % celosvětové produkce jde právě do výroby vodíku, a z uhlí, jehož 2 % světové produkce jsou zdrojem pro výrobu vodíku. Pouze velmi malé procento vodíku je produkováno pomocí obnovitelných zdrojů.

1.3. Pro produkci vodíku pomocí obnovitelných a jaderných zdrojů je možné použít několik metod. Mezi nejrozšířenější patří nízkoteplotní (jinými slovy konvenční) a vysokoteplotní elektrolýza vody, vysokoteplotní rozklad vody (termolýza), nebo zplyňování či pyrolýza biomasy.

- Konvenční elektrolýza je vhodná pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů, nebo ze zdrojů nízko-potenciálního jaderného tepla (např. z PWR), při které se průchodem elektrického proudu voda štěpí na ionty $2H^+$ a O^- . Emise skleníkových plynů při této metodě jsou dané pouze množstvím emisí uvolněných při výrobě použité elektrické energie, tedy v případě elektrické energie z obnovitelných zdrojů i z jaderné energie jde o nízkoemisní nebo bezemisní výrobu vodíku. Tato technologie je technicky zvládnutá a komerčně dostupná. Ekonomika vyrobeného vodíku (i jeho cena) je silně závislá na ceně elektrické energie a celkové roční době provozu elektrolyzátoru (při roční době provozu nižší než 2 000 hod., investiční náklady výrazně převyšují provozní náklady). Cena vodíku vyrobeného elektrolýzou za použití elektrické energie produkované jaderným zdrojem se pohybuje v rozmezí 4,15–7,00 \$/kg, u solárních elektráren je cena vodíku 5,10–10,49 \$/kg.
- Podobnou metodou je parní elektrolýza prováděná při vysoké teplotě (750–950 °C). Tato metoda má zvýšenou účinnost v důsledku dodané tepelné energie, která napomáhá ke štěpení molekul vody. Oproti nízkoteplotní elektrolýze spotřebovává o 35 % méně elektrické energie na vyprodukování stejného množství vodíku.
- Jiná možnost výroby vodíku z jaderných zdrojů je použití termochemických cyklů. Tato metoda je založená na sérii chemických reakcí iniciovaných teplem (500–2 000 °C), které tvoří uzavřený cyklus. V rámci cyklu dochází k recyklaci a znovupoužití chemických látek potřebných pro uskutečnění reakce, do níž vstupuje pouze voda a výstupními produkty jsou vodík a

- kyslík. Cena vyrobeného vodíku termochemickými metodami teplem produkovaným v jaderném reaktoru se pohybuje v rozmezí 2,17–2,63 \$/kg.
- Pro možnou termochemickou výrobu vodíku byly zkoumány různé chemické látky, základními příklady jsou přímá výroba vodíku pomocí siřičito-jódového termochemického cyklu a nepřímá hybridní metoda. Účinnost celého siřičito-jódového cyklu se pohybuje v rozmezí od 40 % do 52 % (při teplotě 950 °C), ale vzhledem k použití kyseliny sírové a kyseliny jodovodíkové jsou zvýšené nároky na odolnost použitých materiálů.
 - Při hodnocení vhodnosti použití jednotlivých technologií jaderných reaktorů, nejen pro výrobu vodíku, ale i pro jejich použití při kogeneraci obecně, je hlavním parametrem teplota chladiva na výstupu z aktivní zóny. Ze schématu na Obr. 5.3 vyplývá, že pro výrobu vodíku termochemickou metodou jsou vhodné takové SMR, jejichž teplota chladiva na výstupu z aktivní zóny přesahuje potřebných 400 °C. Vodík je také možné vyrábět elektrolytickou metodou u ostatních typů reaktorů, jako jsou například PWR nebo BWR, případně v kombinaci s dodatečným přehříváním elektřinou nebo jiným např. plynovým zdrojem. Nicméně výroba termochemickými metodami je levnější než výroba nízkoteplotní elektrolytickou metodou (vhodnou např. pro využití u PWR technologie).
 - Výběr technologie vhodné pro zapojení termochemické výroby vodíku je možné uplatnit i pro SMR. V současné době je prezentována možnost výroby vodíku u některých projektů SMR typu HTGR, MSR, FR a i u některých projektů PWR.
 - Například v SMR GTHTR-300 je pro výrobu vodíku projektováno helium ohříváné v tzv. primárním He/He výměníku tepla, do kterého vstupuje chladivo z reaktoru o teplotě 950 °C, odkud jde chladivo na plynovou turbínu a následně do rekuperačního výměníku, odkud může být odváděno teplo například pro odsolování vody nebo vytápění bytového sektoru. Schématické znázornění zapojení SMR GTHTR–300 (schéma je staršího data, zde použito jenom pro ilustraci možnosti), odsolovací jednotky a jednotky na výrobu vodíku, je uvedeno na Obr. 10.

Obrázek 10 Ilustrační schéma zapojení SMR GTHTR–300, jednotky pro výrobu vodíku



Zdroj Dopadová studie (Jaderný scénář)

4. Výběr vhodné metody získávání vodíku.

Výběr vhodné metody získávání vodíku z hlediska záměrů uplatnění vodíku v Moravskoslezském kraji.

4.1 Přístupy k sestavení strategií uplatnění vodíku

Výchozím dokumentem pro tuto část Studie je analyticko strategický dokument „Jak může vodík podporovat přechod energie na bezemisní formu“ [13]

1. Primary Credit Analysts: Massimo Schiavo, Karl Nietvelt
2. Sector [Utilities & Power](#) Oil & Gas Infrastructure & Utilities Utilities & Power
3. Tags [Americas](#) [Latin America](#) [APAC](#) [EMEA](#)
4. Topic [Energy In Transition](#)

(Poznámka editora: Roman Kramarchuk, vedoucí energetických scénářů, Koncepční & Technologičtí Analytici ve společnosti S&P servery Global Platts a Zane McDonald, Hlavní Analytika, Koncepční & Technologická Analytika společnosti S&P na serveru Global Platts, poskytli pro tuto zprávu neocenitelné postřehy a data.)

Klíče přechodu na bezemisní formu:

1. Vodík dosud vyplňoval mezeru v odvětví rafinace, chemikálií a čpavkových hnojiv, protože je dražší než konvenční paliva. Na energetickém ekvivalentu se 2 \$ za kilogram (/ kg) vodíku rovná ceně plynu 17,6 \$ na milion BTU (British Thermal Unit)⁹.
2. Politiky vlád v oblasti dekarbonizace a dlouhodobé cíle v oblasti emisí posilují argumenty pro nízkouhlíkový vodík, ale náklady na jeho výrobu z obnovitelných zdrojů musí do roku 2030 klesnout o více než 50% na 2,0 \$/kg - 2,5 \$ kg, aby se vodík stal schůdnou alternativou.
3. Toho lze dosáhnout při výrobních nákladech na solární nebo větrnou energii od 20 \$ za megawatthodinu (/MWh) do 30 \$/MWh nebo nižších, pokud investice do elektrolyzérů poklesnou také o 30% - 50%, protože elektrárny jsou postaveny v průmyslovém měřítku.
4. Dostatečná dostupnost konkurenceschopných obnovitelných zdrojů a současná podpora modrého vodíku (se zachycováním a ukládáním CO₂)¹⁰ jsou proto předpokladem pro to, aby vodík zaujal významnější postavení v energetickém přechodu.

V dalším textu jsou opět vkládány komentáře a doporučení Dodavatele Studie, které budou posléze použity k formulaci závěrů Studie. Jsou provedeny jako odstupňované odstavce kurzívou.

Celkové hodnocení od S&P věří, že vodík může posunout energetický přechod vpřed, ale to bude vyžadovat koordinovanou politiku, nižší náklady na výrobu vodíku a masivní růst obnovitelných zdrojů.

Anebo také možnost uplatnění tepla z koncentrované jaderné energie.

Přechody energie obvykle trvají desítky let.

A někdy i více let. Jako například éra uhlí (nyní blízko útlumu?) anebo éra ropy (nyní kolem vrcholu?), anebo éra zemního plynu (poptávka ještě stále roste, ale co bude za 25 let?).

Tuto skutečnost názorně ilustruje následující Obrázek 11 (níže):

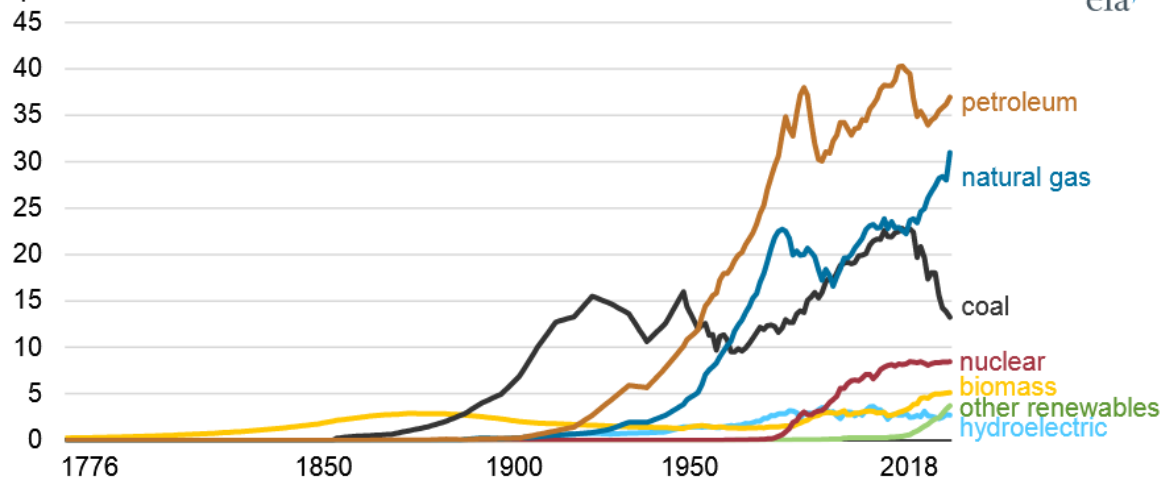
⁹ Vztah Joule a BTU viz Převodní tabulka práce (energie) [16]

¹⁰ Pozn.: Autor Studie navrhuje doplnění modrého vodíku o využití tepelné, resp. elektrické energie na bázi jaderné energie k získávání vodíku.

Obrázek 11 Spotřeba energie v USA (1776-2018)

Energy consumption in the United States (1776-2018)

quadrillion British thermal units

Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*

Today in Energy would like to wish you a happy Fourth of July. New articles will resume on Monday, July 8.

Fossil fuels—petroleum, natural gas, and coal—have accounted for at least 80% of energy consumption in the United States for well over a century. Overall energy consumption in the United States reached a record high in 2018 at 101 quadrillion British thermal units (Btu), of which more than 81 quadrillion Btu were from fossil fuels. Despite the increase, the fossil fuel share of total U.S. energy consumption in 2018 increased only slightly from 2017 and was the second-lowest share since 1902.

Zpráva Rady pro vodík naznačuje, že vodík by mohl do roku 2050 představovat 15% celosvětových dodávek primární energie. Obrovské náklady na jeho výrobu jsou však potenciálním kamenem úrazu. Je pravděpodobnější, že vývoj vodíku v tomto desetiletí bude zaměřen na výrobu užitkových dopravních vozidel za předpokladu poklesu nákladů na palivové články

Doporučuji také prozkoumat použití běžných mírně upravených spalovacích motorů, které mohou spalovat také vodík. Viz stať níže.

Skutečně vodíková ekonomika, ve které se například k vytápění budov a poskytování systémových služeb k vyrovnávání energetické sítě používá vodík, nikoli zemní plyn, se tedy prozatím zdá být mimo dosah, a to alespoň před rokem 2030.

Vyžadovalo by to koncepce s nulovými emisemi uhlíku a obnovitelné zdroje energie, které by zaujímaly nejméně 70% - 80% energetického mixu zdrojů. Vzhledem k tomu, že nákladově nejefektivnějším způsobem dekarbonizace, je nahrazení energetiky spalující uhlí a plyn, obnovitelnými zdroji.

Zbývá podrobněji vysvětlit pojmy co je modrý, zelený a šedý vodík a proč na tom záleží?

Vodíkový základ

Z dnešní roční spotřeby, téměř 73 milionů tun čistého vodíku (H₂), se využívá přibližně polovina v rafinérském průmyslu a dalších 40% při výrobě čpavkových hnojiv. Výroba vodíku je extrémně náročná na uhlík, protože získání 1 kg H₂ způsobuje 11 tun emisí oxidu uhličitého (CO₂). Téměř veškerá výroba vodíku pochází v současné době z fosilních surovin (asi tři čtvrtiny z metanu a jedna čtvrtina z uhlí, zejména v Číně). Tento produkt se nazývá „šedý“ vodík.

Proto i přes to, že jde o mezeru na trhu, představuje vodík 830 milionů tun CO₂, což odpovídá téměř 3% z přibližně 33 Giga-tun celosvětových emisí souvisejících s energií vyprodukovaných v roce 2019.

Obrázek 12 Rozlišení vodíku podle způsobu jeho získání

	ŠEDÝ	MODRÝ	ZELENÝ
Výchozí produkt	Parní přeměna zemního plynu (nebo uhlí, zejména v Číně) na vodík a CO ₂	Parní přeměna zemního plynu (nebo uhlí) na vodík a CO ₂	Rozdělení vody na vodík a kyslík poháněné elektřinou z obnovitelných zdrojů
Emise CO ₂	CO ₂ vypouštěný do atmosféry (uhelné emise vyprodukují 20krát více než reformace metanu parou)	CO ₂ uložený pomocí CCS nebo znovu použitý	Žádné emise CO ₂

Zdroj S&P Global Ratings

Copyright © 2020 Standard & Poor's Financial Services LLC All Rights reserved.

Nízkoemisní, nebo „zelený“ vodík, se vyrábí elektrolýzou z obnovitelných zdrojů a v současné době představuje malý zlomek celosvětové „vodíkové energie“. „Modrý“ vodík je výsledkem vazby výroby fosilního vodíku na zachycování a skladování uhlíku (CCS).

*Pozn.: „Tyrkysový“ vodík pochází z méně obvyklého procesu štěpení metanu pyrolýzou na vodík a **pevný uhlík**.*

Přičemž výroba tyrkysového vodíku je nákladnější než u jiných typů, takže se na ni v této zprávě nezaměřujeme, přestože tato cesta má klíčovou výhodu v tom, že se vyrábí v blízkosti koncového uživatele, čímž se využívá stávající plynové sítě.

Proveditelnost: **Modrý vodík** vyžaduje dostupnost ropných a plynových ložisek nebo solných jeskyní pro skladování CO₂. Zvýšená výroba **zeleného vodíku** bude vyžadovat přístup k levné obnovitelné energii a výrazný pokles nákladů na elektrolyzéry, zejména v důsledku účinků rozsahu.

V případě modrého vodíku je možné najít i jinou cestu, např. fixace CO₂. To však může být problém při zpracovávání větších objemů. Vytvořit potřebná množství CaO je náročné a drahé.

Uhlíková stopa: Nedávná studie společnosti CE Delft ukazuje, že stopa CO₂ u modrého vodíku (0,82 kg - 1,12 kg ekvivalentu CO₂ na kg H₂) je dokonce až do roku 2030 srovnatelná s vodíkem vyráběným elektrolýzou pomocí obnovitelných zdrojů energie (0,92 kg - 1,13 kg ekvivalentu CO₂ na kg H₂).

Náklady: Náklady na vodík se velmi liší a jsou silně ovlivněny náklady na plyn a obnovitelnou energii. Podle odhadů cen vodíku (dle serveru *Global Platts*) byly ceny šedého vodíku v říjnu 2020 v průměru kolem 1,25 \$ / kg na pobřeží Mexického zálivu oproti 2 \$ / kg v Kalifornii; při použití spotových cen energie, jako vstupu, by referenční hodnoty cen vodíku, založené na elektrolýze protonové membrány (PEM) byly 2,8 \$/kg a více než 4 \$/kg. V Nizozemsku byly srovnatelné ceny **šedého vodíku** přibližně o 1,7 \$ / kg (přibližně o 0,2 \$ / kg vyšší u modrého vodíku včetně CCS); Ceny vodíku založené na PEM-elektrolýze se rovnají 4,3 \$/kg při použití převládajících spotových cen energie. V Japonsku byly ceny šedého vodíku v průměru 2,7 \$ / kg, zatímco ukazatel cen vodíku PEM-elektrolýzou v průměru 5,3 \$/kg na základě spotových cen elektřiny.

Vodíková agenda čelí mnoha překážkám

Zvyšující se podpora v koncepcích, vyvolala obnovený zájem o zdroje vodíkové energie. Vlády oznámily dlouhodobé cíle čistých nulových emisí a hledají další možnosti, jak najít způsoby, jak dekarbonizovat „těžko řešitelná“ průmyslová odvětví, kde vysoké náklady na snižování emisí CO₂ zpomalují přechod. Vodík může poskytnout konkurenceschopné nízkouhlíkové řešení pro průmyslová odvětví, jako je rafinace, amoniaková hnojiva a palivo pro těžká nákladní vozidla. Z dlouhodobého hlediska se může dokonce stát alternativou pro plynové vytápění a výrobu energie, nebo dokonce pro přepravu nebo výrobu oceli.




Přechod na vodíkovou energii je však dosud nákladný a vyžaduje budoucí politická rozhodnutí, která urychlí přechod a cenovou dostupnost. I kdyby se náklady na **zelený vodík** do roku 2030 snížily o více než polovinu na 2 \$ / kg, stále by se to rovnalo energetické ceně zemního plynu ve výši 17,6 \$ na milion BTU. Pokud by byl vodík použit k vyvážení budoucího energetického systému založeného na obnovitelných zdrojích, tak by cena 2 \$/kg znamenala cenu základního zatížení 100 \$/MWh; resp. 200 \$/MWh pro turbínu s otevřeným cyklem) podle Vodíkové Studie Rady. **Šedý vodík** podle našeho názoru zůstane podstatně dražší než konvenční paliva, a to kvůli energeticky náročným procesům jeho výroby z metanu nebo neúčinnosti zpětného toku pomocí kroku elektrolýzy (viz Obrázek-Schéma 13).

Kromě své bez-uhlíkové výhody může vodík nabídnout řešení pro dlouhodobé skladování, které by řešilo sezónnost a přerušovanou dostupnost obnovitelné energie. Již existují flexibilní technologie pro krátkodobé skladování (v minutách, dnech a týdnech), které řeší sporadické dodávky: Baterie se již používají jako rychlá reakce na krátkodobé špičkové energetické potřeby nebo pro posun poptávky o čtyři až šest hodin. Při dlouhodobém skladování může přečerpaná vodní energie akumulovat podstatně více energie a poskytovat 24hodinovou dodávku elektřiny, nebo až týdenní energii, s některými sezónními výhodami. Některé země však mohou mít podstatně větší potenciál pro ukládání vodíku v podzemních solných jeskyních nebo vyčerpaných zásobnících ropy a zemního plynu¹¹. Protože bude trvat desetiletí, než energetický přechod pokročí, mohlo by se skladování a výroba vodíku stát důležitým po roce 2030 na trzích, kde podíl výroby obnovitelných zdrojů přesahuje 70%, pokud je cílem nahradit zbývající řízenou výrobu energie spalováním zemního plynu a plně dekarbonizovat energetickou síť (Power Grid).

¹¹ V budoucnu se může ukázat jako předmětná potřeba vyjasnit také možnost ukládání vodíku do vytěžených a speciálně upravených důlních děl po těžbě černého uhlí.

Obrázek 13 Integrace OZE klíč k energetické účinnosti pro konkurence-schopnost

Integrating Renewables Requires More Storage, With Energy Efficiency Key For Competitiveness

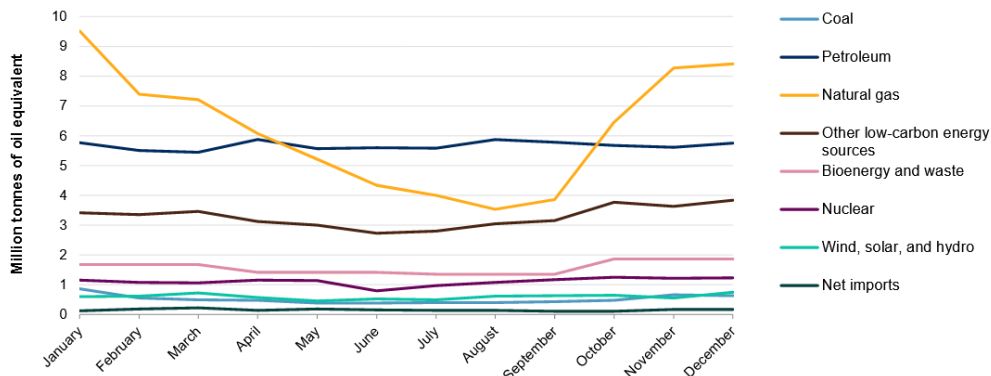
Storage technologies		Cycles/year Efficiency	Cost comparison (€/MWh)	
			2019	2050
Batteries	<ul style="list-style-type: none"> - Self-healing - Cell level sensors - Solid electrolyte - Silicon anodes 	365 90%	~100	~45
Pumped hydro		40-80 80%	30-50	30-50
Power to hydrogen to power		365 35%	>200	>100

MWh--Megawatt hour. Source: Iberdrola SA.
Copyright © 2020 by Standard & Poor's Financial Services LLC. All rights reserved.

V dlouhodobém horizontu by užití vodíku mohlo vyřešit i mnohem větší problémy s kolísáním dodávek primární energie a transportu energie na velké vzdálenosti. Například ve Velké Británii jsou sezónní změny primární energie získávané ze zemního plynu mnohem vyšší, než u zbytku energetické sítě. Kromě toho, vzhledem k obrovské potřebě obnovitelné energie, může být nutné část energie OZE dovážet a přepravovat na velké vzdálenosti, kde jsou plynovody nákladově konkurence-schopnější než vysokonapěťové přenosové vodiče. Takové faktory by například mohly podpořit politická rozhodnutí o podpoře vodíkových kotlů nad elektrickými tepelnými čerpadly.

Obrázek 14 Poptávka po primární energii ve Velké Británii dle palivových zdrojů

U.K. Primary Energy Demand By Fuel Sources (2019)



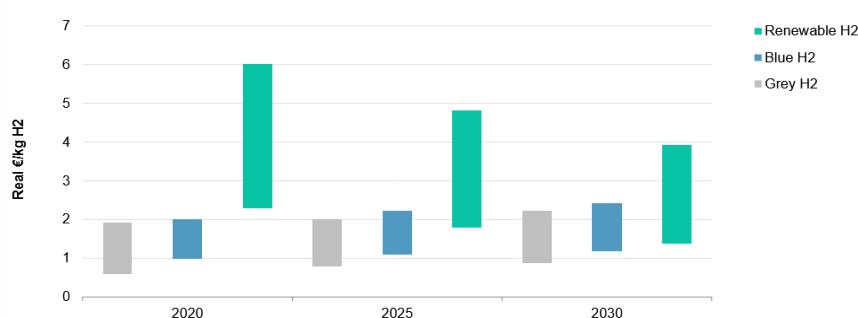
Note: Other low-carbon energy solutions are nuclear power, renewable power, and bioenergy. Source: S&P Global Platts.
Copyright © 2020 by Standard & Poor's Financial Services LLC. All rights reserved.

Dodání nákladově konkurenceschopného zeleného vodíku nebude snadné

Tržní projekce naznačují, že náklady na **zelený vodík** do roku 2030 poklesnou o více než 50%, zhruba na 2 \$/kg - 3 \$/kg z dnešních 3 \$/kg - 6 \$/kg. To znamená, že cena se přiblíží ceně **modrého vodíku** 2 \$/kg nebo bude nižší. Dosažení snížení nákladů na výrobu **zeleného vodíku** na 2 \$/kg vyžaduje nízkonákladovou obnovitelnou energii 25 \$/MWh, a provoz elektrolyzérů na 50% kapacity s náklady na skladování nepřesahující 0,3 \$/kg. Přesto se projekce značně liší (viz Obrázek-Schéma 13), přičemž nejlevnější **zelený vodík** pravděpodobně pochází z regionů bohatých na zdroje, jako je Chile, Austrálie nebo Saúdská Arábie, kde průměrné čisté současné náklady na solární energii z obnovitelných zdrojů (srovnatelné náklady na elektřinu); LCOE) by mohly do roku 2030 klesnout pod 20 \$/MWh.

Obrázek 15 Vývoj nákladů na vodík pro různé vodíkové technologie

Hydrogen Cost Development For Different H2 Technologies



H2-Hydrogen. Sources: Hydrogen Council; IHS; IEA.
Copyright © 2020 by Standard & Poor's Financial Services LLC. All rights reserved.

Myslíme si, že do roku 2030 je možný prudký pokles nákladů na zelený vodík, přičemž snížení bude výsledkem tří faktorů. Tři hlavní cesty ke snížení nákladů na výrobu zeleného vodíku jsou:

- (1) LCOE pro obnovitelnou energii (odhaduje se, že představuje 50% - 60% celkových nákladů),
- (2) investiční náklady elektrárenských zařízení (30% - 40% celkových nákladů) a
- (3) kapacitní faktory.

Ve skutečnosti to však nebude tak jednoduché. Toto celé platí za předpokladu, že technologie výroby vodíku bude plynule fungovat v souladu s přerušovanou a v čase roztroušenou dodávkou elektřiny/energie z OZE. A to nemusí být tak jednoduché a samozřejmé. Např. ukazatel LCOE jen říká, kolik stojí elektřina, když celý ten systém právě funguje! Klasicky použité LCOE je čistě pohled vlastníka zdroje. Přitom je v tomto případě zřejmé, že elektrolyzér u jaderné elektrárny může být jiný/levnější/efektivnější, protože mu každou chvíli nevypne obnovitelný energetický zdroj.

Na základě analýzy citlivosti Platts Analytics a McKinsey bylo odhadnuto, že:

1. Snížení nákladů na vodík o 0,4 USD/kg - 0,5 USD/kg snižuje ceny energie o 10 USD/MWh, z čehož vyplývá, že největší dopad může mít LCOE.
2. Pokles kapitálových výdajů elektrolyzérů o 250 \$ / kW by snížil náklady na vodík o 0,3 \$/kg - 0,4 \$/kg. Předpokládáme výrazný pokles nákladů elektrárenských

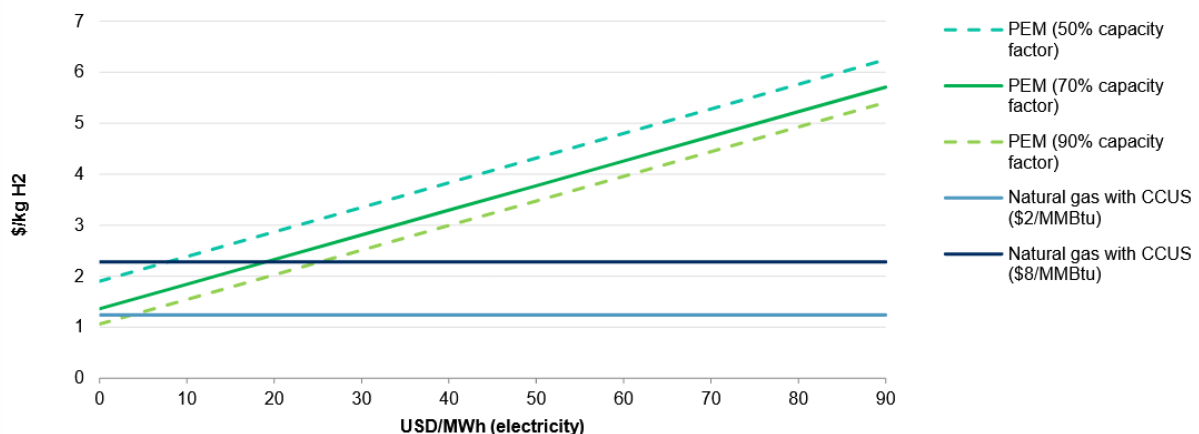
zařízení na 400 \$/kW - 500 \$/kW z dnešních více než 1 000 \$/kW, protože se uvažuje o průmyslových provozech schopných produkovat více než 100 MW, v porovnání s běžnými 2MW - 3MW.

3. Zvýšení faktorů využití kapacity na 50% z 40% by snížilo náklady na vodík o 0,2 \$/kg - 0,3 \$/kg. Elektrolytická zařízení nemusí být ekonomická, pokud se spoléhají pouze na období přebytku obnovitelné energie, ale mohou být, pokud využívají obnovitelnou energii s vysokými kapacitními faktory. Rozsah, v jakém může jaderná energie s nulovým obsahem uhlíku pohánět elektrolyzéry, se teprve uvidí, ale zvýšení faktorů kapacity elektrolyzy na 90% z 50% by mohlo snížit náklady na vodík o 1 \$/kg (viz Obrázek-Schéma 16).

V poslední odrážce se konečně objevila jasná zmínka o účasti jaderné energie na produkci čistého vodíku.

Obrázek 16 Nákladová výhoda produkce H₂ koreluje s cenami vstupů

Relative Cost Advantage Of Hydrogen Production Technologies Are Highly Correlated With Power Prices, Capex, And Capacity Factor
Hydrogen production costs of green and blue hydrogen versus power input costs and utilization



CCUS--Carbon capture utilization and storage. PEM--Proton exchange membrane. MMBtu--Million British thermal unit. MWh--Megawatt hour. Source: S&P Global Platts Analytics. Copyright © 2020 by Standard & Poor's Financial Services LLC. All rights reserved.

Přidání modrého vodíku do směsi by mohlo zvýšit dodávku levnějšího vodíku s nízkým obsahem uhlíku za konkurenceschopnější ceny. Důvodem je, že většina přírůstků kapacity obnovitelných zdrojů v příštím desetiletí bude nahrazovat stávající (více znečišťující) výrobu nebo řešit rostoucí spotřebu elektřiny. Nahrazení výroby elektřiny z uhlí nebo plynu obnovitelnými zdroji (**modrý vodík**) je také nákladově efektivnější než používání obnovitelné energie pro získání vodíku (viz Obrázek-Schéma 15). Aby byl **zelený vodík** konkurenceschopný, musí být obnovitelný zdroj levný a dostupný při vysokém zatížení. Pro výrobu 10 milionů tun zeleného uhlovodíku plánuje Evropská komise investovat do 40 Gigawattů (GW) elektrolyzérů do roku 2030, což vyžaduje dalších 80 GW-120 GW obnovitelné výrobní kapacity.

To vyvolává otázku, jak přepravovat zelený vodík nebo zelený amoniak z regionů, kde se vyrábí, za nízkou cenu. I když je amoniak již globálně obchodovanou komoditou, není její přeměna zpět na vodík samozřejmostí. Proto bude možná nutné

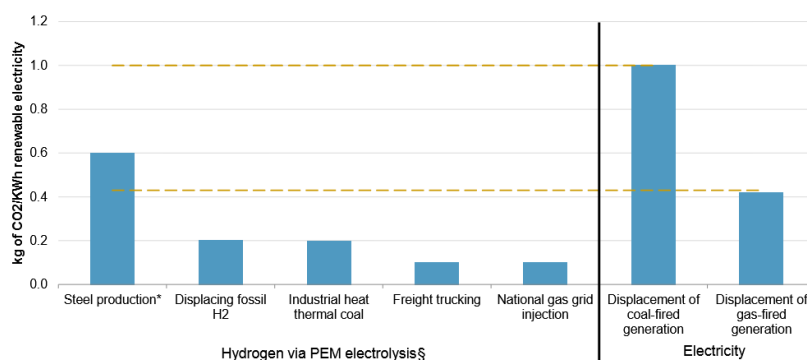
zaměřit budoucí dovoz zeleného amoniaku na odvětví, která jej přímo spotřebovávají, jako jsou hnojiva a případně lodní doprava (jako palivo). Pokud jde o dopravu vodíku, vidíme největší potenciál v potrubí, například připojení Evropy k levné sluneční energii v severní Africe. Budování řetězce zkapalněného vodíku bude pravděpodobně trvat dlouho a nemusí být realistické vzhledem k obtížným nákladům na spuštění vodíku ve srovnání s přeměnou levného plynu na zkapalněný zemní plyn (LNG). I když se zdá, že zvýšení výroby zkapalněného vodíku není příliš perspektivní, Japonsko investuje do pilotního projektu zkapalňování vodíku v Austrálii.

Koncepce a trhy musí fungovat v tandemu

Vývoj trhů s vodíkem bude především ovlivněn budoucími politickými rozhodnutími. Kromě nákladové konkurenceschopnosti vodíku ve srovnání s jinými nízkouhlíkovými alternativami budou koncepce pravděpodobně muset zvážit dopad uhlíku (viz Obrázek-Schéma 15), složitost investic do vodíkové infrastruktury a budoucí změny cen uhlíku nebo dovozních daní, jakmile budou dotace postupně rozděleny, zajistit konkurenceschopnost stávajících konvenčních paliv. Stejně důležitá je cenová citlivost přímých kupců vodíku nebo koncových trhů. Pravidla budou pravděpodobně prováděna na národní úrovni, a proto budou také odrážet místní průmyslové aspekty a aspekty zaměstnanosti.

Obrázek 17 Budou účinnost přeměny uhlíku na H₂ a OZE hnací silou politiky?

Will Carbon Efficiency Of Hydrogen And Renewables Drive Policy?
Kg of CO₂/KWh renewable electricity



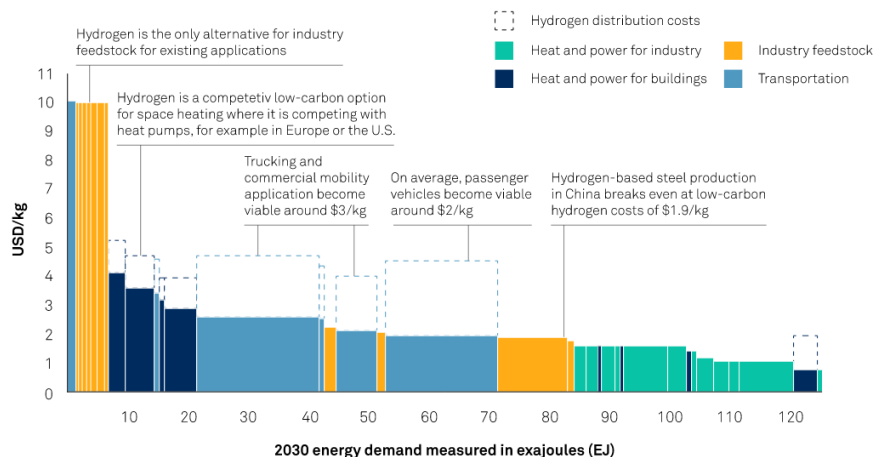
*Replacing BF-BOF with HDRI-EAF for raw steel production. §Does not account for losses in H₂ transportation.
Sources: S&P Global Platts Analytics; EIA. KWh–Kilowatt hour.

Věříme, že stávající trhy s vodíkem jsou zřejmými kandidáty na expanzní iniciativy. V Evropě již probíhají různé projekty na integraci obnovitelné energie s elektrolyzéry za účelem výroby zeleného vodíku k rafinaci. Přechod na zelený amoniak je pravděpodobně složitější, vzhledem k výkyvům cen hnojiv jako globálně obchodované komodity. Přenesení dodatečných nákladů na zemědělce by navíc bylo sociálně citlivé, i když cenově dostupnější, pokud by byly přeneseny na konečné zemědělské produkty pro spotřebitele.

Obrázek 18 Nákladová čára pro produkci vodíku přes segmenty a oblasti

Cost Curve For Hydrogen Production Across Segments And Regions

Break-even hydrogen costs at which hydrogen application becomes competitive against low-carbon alternative in a given segment

Sources: McKinsey; IHS; Expert interviews; DoE; IEA.
Copyright © 2020 by Standard & Poor's Financial Services LLC. All rights reserved.

Vidíme, že v tomto desetiletí hraje vodík rostoucí alternativu pro užitková vozidla se spalovacím motorem, zejména těžké nákladní automobily. Podle studie Rady pro vodík, která předpokládá do roku 2030 cenu uhlíku 50 \$/t, by vodíkové palivové články pro nákladní automobily mohly být životaschopným nízkouhlíkovým řešením při ceně dodávky do čerpací stanice 5 \$/kg, z čehož téměř polovina souvisí s distribučními náklady. Náklady na dopravu méně závisí na nákladech na výrobu vodíku, protože významná část odráží snížení nákladů na vybavení palivovými články a distribuci související s infrastrukturou. Stejně jako osobní vozidla podléhají užitková vozidla zpřísnění regulace emisí (v Evropě do roku 2025) a podobný dohled nad elektrickými těžkými nákladními vozidly je stále kontroverzní. Jasnou výhodou palivových článků oproti bateriím je jejich mnohem delší dojezd, vyšší účinnost spojená s nižší hmotností a rychlejší dobíjení. Automobilový průmysl se rozhodl pro baterie jako praktičtější technologii snižování emisí při udržitelných nákladech. V některých zemích, jako je Japonsko, Jižní Korea a Čína, však další vývoj automobilů na vodíkový pohon pokračuje. Pokud se náklady na palivové články podstatně sníží v důsledku většího rozsahu a vytvoří se síť pro doplňování paliva, mohlo by se využití palivových článků zvýšit ve flotilách s velkým využitím, jako jsou taxíky nebo dodávkové vozy.

Vodíkové vytápění v budovách, pokud to bude podporováno politikou, lze pravděpodobně realizovat teprve po roce 2030. Vodíkové kotle nebo palivové články mohou být cenově konkurenceschopnou alternativou k nízkoemisním tepelným čerpadlům za celkovou cenu 4 až 5 \$/kg. V současné době však vidíme mnoho překážek. Zaprvé, elektrická tepelná čerpadla jsou již dostupnou alternativou cenově konkurenceschopnou a jejich instalace je snadnější, v neposlední řadě u nových budov. Zadruhé, přechod na vodíkové kotle vyžaduje zásadní přepracování infrastruktury plynárenské sítě. Modernizace rozvodných sítí umožňující distribuci vodíku by vyžadovala souběžné zavedení vodíkových kotlů (nebo palivových článků) pro všechny spotřebitele ovlivněné přechodem z plynu. Nezbytným předpokladem je nová síť pro přenos vodíku, ke které se lze připojit, protože mnoho aplikací by se stále spoléhalo na plyn po celá desetiletí. Cenová dostupnost je klíčovým hlediskem, protože vodíkové i palivové články jsou 1,5krát až 2,5krát dražší než konvenční

vytápění domácností na plyn, přinejmenším v severní Evropě, podle zprávy Rady pro vodík (leden 2020).

Mnoho těžko snížitelných průmyslových odvětví může přilákat pobídky pro zkoušky na vodík, ale úplné přijetí je daleko. Náklady na přeměnu stávajících elektráren na vodíkovou energii mohou odrazovat. Například průmyslové zdroje naznačují, že by bylo zapotřebí pobřežní větrné farmy o výkonu 700 MW - 800 MW, aby vyráběla dostatek **zeleného vodíku** na pohon ocelárny zdokonalené na technologii přímé redukce železa (DRI). Kromě toho by náklady na přestavbu samotné ocelárny překročily 1 miliardu dolarů. I když výsledkem přeměny bude výrazný pokles emisí z oceláren, s těmito překážkami vidíme dalekosáhlý a zásadní technologický posun, který se pravděpodobně nestane před rokem 2030. To neznamená, že nebude existovat rostoucí tlak na průmyslová odvětví k jejich provozování „zelenějším“ způsobem, což znamená potenciální nárůst využívání prozatímních technologií, jako je DRI s využitím relevantních redukčních plynů.

Předvídání vodíkové ekonomiky

Projektování toho, jak a kdy se může vodíková ekonomika projevit, je vystaveno velké nejistotě, v neposlední řadě kvůli vlivu politických rozhodnutí v dosud dlouhodobě turbulentním prostředí přechodu energie na nízkoemisní / bezemisní formu. Dá se předpokládat několik scénářů, které se budou rozvíjet, jakmile vznikne lepší přehled o budoucích vládních koncepcích (včetně regulace uhlíku). Tedy o tom, jak vodíkové pilotní projekty potvrdí obchodní modely s klesajícími výrobními náklady.

V případě Evropy je pravděpodobné, že vodík bude mít v letech 2020–2025 okrajový dopad na podnikatelské subjekty. Je to v zásadě proto, že nejprve je třeba vyjasnit koncepcce a přímé dotace. Poučení z pilotních projektů musí vést k dalšímu pokroku a náklady musí klesnout.

V letech 2025–2030 je možné předpokládat další pokrok v oblasti vodíku na trzích, jako jsou rafinace, chemikálie, těžká silniční doprava a případně výroba ekologičtějších amoniakových hnojiv. Pokud by došlo ke stagnaci pokroku nebo by byla spotřeba vodíkové energie na těchto trzích pomalejší, než se očekávalo, je dalším odbytem vstřikování přebytečného vodíku do stávajících plynových sítí (při nízkých mírách míchání 5–20%), protože to vyžaduje jen málo dalších investic do infrastruktury. Pokrok v používání vodíku však závisí na produkci přebytečného vodíku, protože nejúčinnějším způsobem dekarbonizace je elektrifikace přímým rozvodem energie z obnovitelných zdrojů do elektroenergetických sítí.

4.2 Diskuse k uplatnění metody získávání vodíku v MSK

Z analyticko-strategického dokumentu „Jak může vodík podporovat přechod energie na bezemisní formu“ [13]; představeného a diskutovaného v části 4.1, vyplývají dva scénáře. Tyto scénáře resultují z dosud poměrně nejisté situace na poli získávání vodíku. Situace je tato:

1. Celkové hodnocení od S&P uvádí, že vodík může posunout energetický přechod vpřed, za předpokladu koordinovaných koncepcí, vedoucí k nižším nákladům na výrobu vodíku a spojeným s masivním růstem obnovitelných zdrojů.

A k tomu v rámci této Studie a v kontextu Dopadové studie doplňují také pro podmínky MSK možnost uplatnění tepla z užití koncentrované jaderné energie.

2. Zatímco v dřívějším období trvaly přechody mezi energetickými zdroji zpravidla desítky let (viz obrázek 11 výše), tak současná doba si vyžaduje v turbulentním prostředí zvládnout změny zásadního formátu podstatně rychleji. Zpráva Rady pro vodík naznačuje, že vodík by mohl do roku 2050 představovat 15% celosvětových dodávek primární energie. Obrovské náklady na jeho výrobu jsou však potenciálním kamenem úrazu. Je pravděpodobnější, že vývoj vodíku v tomto desetiletí bude zaměřen na uplatnění pro segment užitkových dopravních vozidel za předpokladu poklesu nákladů na palivové články.

Zde doporučuji také provedení analytických prací ve smyslu ověření, zda alespoň částečná/dílčí cesta v oblasti dopravy nemohla proběhnout jinou formou. A sice nasazením vodíku jako paliva pro spalovací motory, které jsou levnější než ty s palivovými články a mohou být zřejmě poměrně brzy uvedeny do provozu. Samozřejmě za podmínky, že bude včas a uspokojivě vyřešeno zavedení nezbytné infrastruktury pro využití vodíku jako paliva.

3. Skutečně vodíková ekonomika, ve které se například k vytápění budov, a k poskytování systémových služeb k vyrovnávání energetické sítě používá vodík, nikoli zemní plyn, se zdá být mimo dosah, a to alespoň před rokem 2030.
4. Zvyšující se podpora v koncepcích, vyvolává obnovený zájem o zdroje vodíkové energie.

Vláda ČR zaujala své stanovisko k uplatnění vodíku v rámci SEK a to je v relaci s postoji EU.

5. I přes řadu překážek může vodík poskytnout konkurenceschopné nízkouhlíkové řešení pro průmyslová odvětví, jako je rafinace, amoniaková hnojiva a palivo pro těžká nákladní vozidla. Z dlouhodobého hlediska se může dokonce stát alternativou pro plynové vytápění a výrobu energie, nebo dokonce pro přepravu nebo výrobu oceli.

Jestliže se i v Evropě hovoří, že vodík nabízí do budoucna více než jen bezuhlíkové řešení, a sice také dlouhodobé skladování energie a výhodnou spolupráci s intermitentními zdroji, tak trojkombinace jaderná energie ve formě malých modulárních reaktorů vhodného typu + obnovitelné zdroje + vodík může být ze střednědobého (10 let) až dlouhodobého (20 a více let) hlediska, skutečnou energeticko-průmyslovou inovací vysokého řádu.

K tomu budeme ovšem potřebovat určitou míru připravenosti jak na poli získávání vodíku, tak na poli malých modulárních reaktorů.

Jako výstup této Studie navrhuji dvě následující hypotézy:

4.2.1 Hypotéza VODÍKOVÝ AUTOBUS.

Hypotéza je formulována pro teplárnu s doplňujícími službami produkce vodíku pro autobusy MHD a poskytování PpS pro Regionální distribuční elektroenergetickou soustavu (RDS) v Moravskoslezském kraji. Toto řešení by bylo dimenzováno k zabezpečení tepla pro vybrané SCZT, dle jejich rozmístění v regionu, a pro výrobu vodíku poskytovaného k napájení autobusů MHD,

(případně příležitostně nákladní dopravy) DPO a současně pro Poskytování PpS pro RDS elektro Moravskoslezského kraje.

Projekt by v cílovém stavu sestával minimálně ze dvou modulů SMR, byl by vybaven vhodně dimenzovanými konvenčními elektrolyzéry, a napájel by flotilu vodíkových autobusů MHD. Přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku do zemního plynu spalovaného v dané teplárně.

Řešení však začne právě těmi autobusy MHD, krok za krokem. (viz scénář VODÍKOVÉ AUTOBUSY v části 6.3.1.

4.2.2 Hypotéza VODÍKOVÉ ŽELEZO.

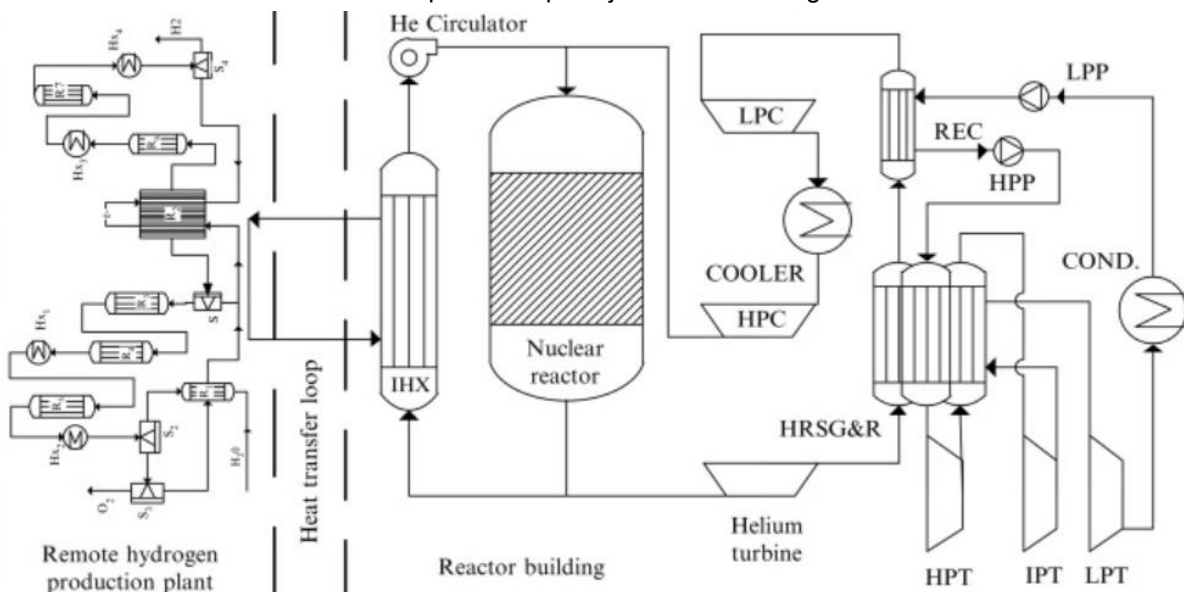
Jedná se o hypotézu, že je možné zabezpečit technologické teplo pro výrobu surového železa, resp. pro výrobu vodíku používaného v procesech výroby surového železa, jednak jako doplnění vysokopecního paliva a také využití produkovaného vodíku jako redukčního činidla a podle záměru Dopadové studie také pro zásobování relevantních SCZT (Třinec, Orlová).

Projekt by sestával minimálně ze dvou modulů SMR s vysokoteplotními reaktory vhodně dimenzovanými vzhledem ke službám, které by poskytovaly ve formách zásobování teplem a vodíkem. Byl by vybaven jako tandem vysokoteplotní elektrolyzy a termolýzy. Přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku jako vysokopecního paliva.

Jako smysluplné by se mohlo také ověřit, zda by byla realizovatelná výrobní technologie produkující vodík s možností jeho kontinuální distribuce potrubním systémem pro velkoodběratele vodíku.

Řešení by začalo systematickou přípravou projektu, tak, aby byly připraveny všechny komponenty a postupy k jeho uskutečnění včas a s reálným předpokladem efektivní návratnosti, za poskytované služby.

Obrázek 19 Schéma získání vodíku pomocí tepla z jaderné technologie.



Modifikováno z Elder, R., Allen, R., 2009. Výroba jaderného vodíku: Spojení velmi vysokého / vysokoteplotního reaktoru se zařízením na výrobu vodíku. Prog. Nucl. Energie. 51 (2), 500–525.

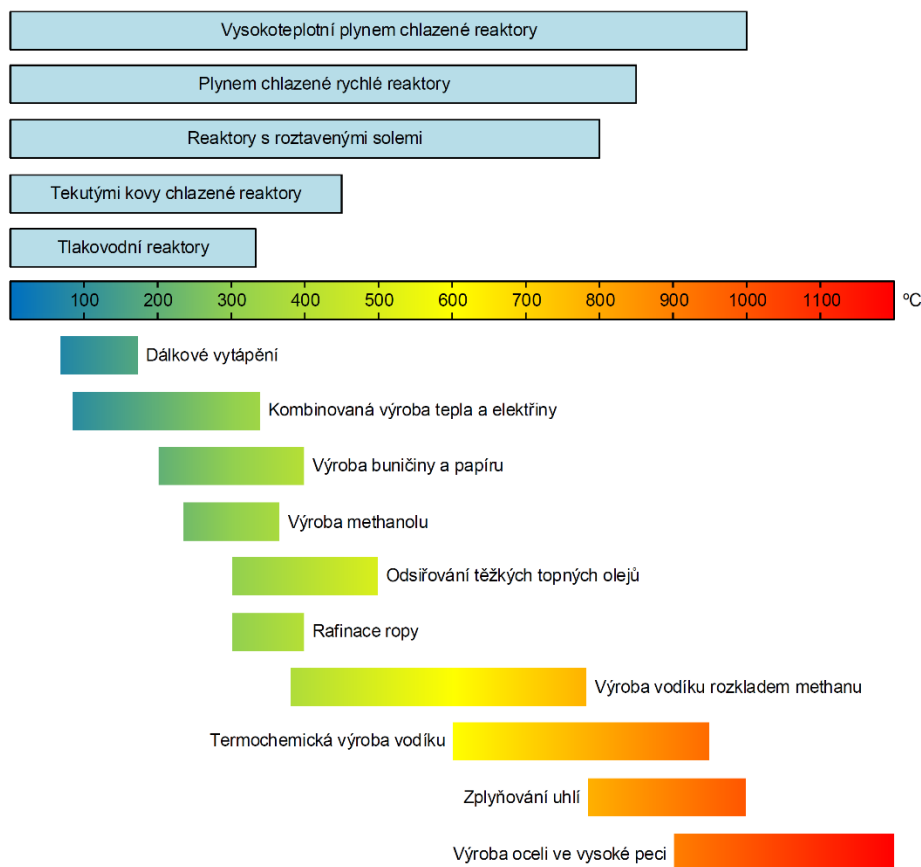
V případě ukázky na obrázku 19, jde o uspořádání dvou oddělených provozních jednotek. Jedna je vysoko-teplotní, heliem chlazený malý modulární reaktor, který může mít tepelný výkon až 600 MW_t (pravá, větší část obrázku, označená jako Reactor building; ta by produkovala vysoko-potenciální teplo v rozpětí cca 830 až cca 1050 °C; a levá část obrázku, označená jako Remote hydrogen production plant, určená k produkci vodíku).

4.3 Přístupy k řešení dle Dopadové studie – Jaderný scénář

Dopadová studie má ve svém jaderném scénáři rozpracovány následující strategické teze:

1. (část 5.2.4 Jaderného scénáře, má v části zvané Víceúčelovost uvedeno): Většina (i více než 90 %) projektů SMR uvádí možnost využití vyrobeného tepla i pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo pro výrobu vodíku.
2. (část 5.2.4.1 Jaderného scénáře, má v části zvané SMR jako zdroj tepla, uvedeno): Jaderný reaktor je zdrojem tepla, jehož potenciál je určen nejvyšší přípustnou teplotou v chladícím okruhu (rozuměj primární okruh chladící aktivní zónu reaktoru), kterou je teplota chladiva na výstupu z aktivní zóny. Při hodnocení vhodnosti použití jednotlivých technologií jaderných reaktorů pro různé použití je tato teplota hlavním parametrem (viz Obrázek-Schéma 20). Čím vyšší je teplota na výstupu z aktivní zóny, tím vyšší účinnosti přeměny tepelné energie na jiné formy energie (mechanickou, elektrickou, chemickou) je možné docílit.

Obrázek 20 Schéma závislosti oblasti využití reaktorů na výstupní teplotě chladiva



Zdroj Dopadová studie – Jaderný scénář

Dle údajů v jaderném scénáři Dopadové studie, je volba reaktoru do značné míry determinovaná jeho použitím. V případě zdůvodněné potřeby je možné pro dosažení vysoko-potenciálního tepla použít i kombinovaného zdroje tepla, např. teplotu dosaženou na výstupu z jaderného reaktoru zvýšit na žádanou hodnotu doplňujícím ohřevem pomocí spalování plynu anebo vodíku nebo i teplem získaným zpětně z elektřiny.

5. Dostupnost technologií malých modulárních reaktorů

5.1 Diskuse k dostupnosti malých modulárních reaktorů

Tato část směřuje k uvedení stručné charakteristiky, k SMR a jejich přípravě – rozpracovanosti a to jen k těm, které Jaderný scénář dále doporučuje sledovat: K tomu jsem se zaměřil na Část 5.2 Dopadové studie MEC, která se zabývá posouzením možností výroby tepelné energie z jaderných reaktorů k dodávce tepla jako náhradu významné části uhelných zdrojů ve vhodných SCZT Moravskoslezského kraje.

Dostupnost malých modulárních reaktorů (SMR), se dramaticky vyvíjí, a to znamená, že se také připravují stále příznivější nabídky. Poměrně lepší situace je v případě lehkovodních reaktorů (BWR a LWR). Tyto typy se více hodí pro jejich zapojení do do soustav centrálního zásobování teplem (SCZT). Současně mohou prakticky všechny poskytovat i další služby, včetně produkce vodíku. Záleží jen na jejich dimenzování, tedy na tom, zda budou pracovat trvale s přebytkem výkonu, aby se průběžně podílely i na žádoucí produkci vodíku.

5.2 Možnosti uplatnění malých modulárních reaktorů v MSK

Realizovatelnost náhrady tepla ze spalování uhlí provázeného emisemi za primární teplo z parogenerátorů jaderné teplárny na bázi tepla ze štěpení uranu v jaderném reaktoru, (bezemisní proces), je z technického hlediska podmíněna dostupností vhodné technologie. Za tímto účelem byla posouzena řada projektů z několika variant v současné době představovaných renomovanými výrobci jaderných technologií. Přehledový dokument Mezinárodní agentury pro atomovou energii (dále MAAE) uvádí, že v době vydání dokumentu (tj. v roce 2018) bylo v různých fázích vývoje celkem 55 typů SMR, (v roce 2020 se již jedná o více než 70 typů), které je možné rozčlenit do 4 základních skupin:

- lehkovodní tepelné reaktory, buď tlakovodní nebo varné (LWR–PWR nebo BWR),
- vysokoteplotní plynem chlazené tepelné reaktory (HTGR),
- reaktory chlazené tekutými solemi, s možností paliva rozpuštěného v tekuté soli (MSR),
- rychlé reaktory, obvykle chlazené tekutými kovy, méně často plynem (FR).

Elektrický výkon posuzovaných reaktorů se nachází v rozpětí od 0,2 do 450 MW_e, ale za horní výkonovou hranici pro zařazení jaderného zdroje (dále JZ) do kategorie SMR je považovaný výkon 300 MW_e. Od roku 2020 uvádí kvůli systemizaci přehledový dokument MAAE také kategorii mikro reaktorů s elektrickým výkonem do 10 MW_e. Reaktory využívají různé konfigurace aktivní zóny a chladicího systému, který je buď integrální, nebo smyčkový, s rozdílnými systémy konverze energie a různými kombinacemi aktivních a pasivních konstrukčních prvků.

Situace na rostoucím potenciálním trhu s malými modulárními reaktory se bouřlivě vyvíjí a je nezbytné, aby se sledování tohoto vývoje nadále soustavně věnovala pozornost.

Přehled komparativních předností SMR

V porovnání s jinými energetickými zdroji mají SMR řadu komparativních výhod, které je možné rozčlenit do následujících skupin:

- ekologická výhodnost,
- vysoká bezpečnost,
- provozní pružnost,
- víceúčelovost,
- zjednodušení výstavby,
- ekonomická efektivnost.

5.3 Doporučení k výběru typů SMR z hlediska produkce vodíku

Vysoká bezpečnost

Pokud se při hodnocení opíráme o ověřená fakta, potom z porovnání dat o dopadech různých technologií výroby elektřiny na zdraví obyvatelstva a ŽP je zřejmé, že jaderná energie je nejbezpečnějším PEZ. Bezpečnost SMR je založena zejména na inherentní bezpečnosti a použití pasivních bezpečnostních prvků (např. velká tepelná setrvačnost, odolnost paliva na vysokou teplotu, odvod tepla z paliva přirozenou cirkulací účinkem gravitačních sil, odvod tepla z kontejnmentu konvekcí do okolního prostředí). Pro případ, že by se SMR dostal do havarijní situace, je bezpečnost zaručena zpravidla kombinací inherentní bezpečnosti a pasivních bezpečnostních prvků, především systému odvodu tepla z reaktoru i ochranné obálky.

Provozní pružnost

Na rozdíl od velkých jaderných reaktorů disponují SMR schopností provozní regulace tepelného výkonu v širokém rozmezí podle aktuálního požadavku sítě. Zároveň disponují i nižší hustotou toku energie, což přispívá k možnosti delších palivových kampaní.

Víceúčelovost

Většina (i více než 90 %) projektů SMR uvádí možnost využití vyrobeného tepla i pro KVET nebo pro výrobu vodíku. Jaderný reaktor je zdrojem tepla, jehož potenciál je určen nejvyšší přípustnou teplotou v chladícím okruhu, kterou je teplota na výstupu chladiva z aktivní zóny. Při hodnocení vhodnosti jaderných reaktorů pro různé použití je tato teplota hlavním parametrem (viz Obrázek 20, výše). Čím vyšší je na výstupu z aktivní zóny, tím vyšší účinnosti přeměny tepelné energie na jiné formy energie (mechanickou, elektrickou, chemickou) je možné docílit.

Výroba vodíku

Další možností využití SMR je výroba vodíku buď pro jeho následné použití jako zdroje pro špičkové energetické režimy ve stejném zařízení nebo jeho prodej jako energetického nosiče pro jiné uživatele. Výroba vodíku může být významným faktorem pro zlepšení ekonomie provozu SMR. Vodík má široké využití v průmyslu, zejména při výrobě amoniaku, metanolu, v rafinériích nebo jako redukční činidlo v metalurgii. V poslední době roste i jeho význam jako univerzálního nosiče energie, a tedy roste i

potenciál jeho využití zejména v energetice, dopravě, při výrobě a zpracování ocelí a železa nebo metanizaci. Současně začíná nabývat význam i využití vodíku jako prostředku pro transport a skladování energie. Zejména v těchto odvětvích se předpokládá značný podíl vodíku na jejich dekarbonizaci.

Spolu s rostoucím významem využití vodíku roste celosvětová poptávka po něm, která se za posledních 45 let téměř ztrojnásobila.

Hodnocení jednotlivých projektů a vybrané potenciální projekty SMR

U hodnocení jednotlivých projektů SMR je třeba brát v potaz současnou dynamiku celého odvětví SMR, která se neustále vyvíjí a projekty, které v tuto chvíli nesplňují v patřičné míře zvolená kritéria, je mohou naplnit v následujících letech. Je proto vhodné po případném schválení další etapy projektu SMR v MSK provést hodnocení, a to opakovaně aktualizovat.

6. Variantní návrh uplatnění vodíku v Moravskoslezském kraji.

V části 6.3 této Studie, je po úvodních informacích o vodíkovém hospodářství (viz 6.1) a o rozšiřování užití vodíku (viz 6.2) uvedena osnova postupu scénářů navazujících na hypotézy diskutované v kapitole 4, této Studie.

6.1 Teze na téma vodíkové hospodářství

Ideový variantní návrh struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických souvislostí v hospodaření MSK.

6.1.1 Vodíkové hospodářství

Níže uvedené informace vycházejí z článku Vodíkové hospodářství z portálu České vodíkové platformy [14].

Přestože se s informacemi okolo vodíkového hospodářství setkáváme v médiích čím dál častěji, podávané informace jsou často velmi kusé a jejich autoři s oblibou akcentují pouze ty aspekty, které zrovna naplňují poslání článku případně nadšení či znechucení autora. Vodíkové hospodářství by se dalo definovat jako soubor technologických řešení pro uspokojování energetických potřeb, jejichž společným jmenovatelem je vodík.

V úvodu je třeba zdůraznit, že vodík není klasické palivo, ale energetický vektor neboli nosič energie. V praxi to znamená, že jej nelze levně a energeticky efektivně těžit (už proto, že se vodík v elementární formě na zemi prakticky nevyskytuje) a využívat k produkci primární energie, ale naopak jej musíme pracně a s nemalými ztrátami energie vyrábět. Vodíkové technologie jsou tedy pouze maximálně tak ekologicky čisté, jak čisté jsou primární zdroje energie a suroviny, které jsou při výrobě vodíku využity. Z těchto aspektů plyne možné využití vodíkových technologií.

Nejperspektivnější oblastí jejich využití je pravděpodobně doprava. Nalezení alternativního konceptu ke spalování fosilních paliv je v současné době motivováno více paralelními požadavky. Tím prvním je potřeba snížit dopady spalování uhlovodíkových paliv, především tedy snížit produkci látek poškozující zdraví člověka i životního prostředí a současně snížit produkci skleníkových plynů. Další aktuální potřebou je: snížit závislost na dodávkách ropy z převážně politicky nestabilních oblastí. Její zásoby jsou dle mnoha zdrojů dostačující na maximálně 50 let při současné úrovni těžby.

K dalším aplikacím, používaným v rámci vodíkového hospodářství patří především záložní zdroje elektrické energie, kogenerační jednotky a také jako budoucí zdroje elektrické energie pro mobilní zařízení (notebook, mobilní telefon).

Vodíkové hospodářství tedy neřeší otázku produkce primární energie a je dominantně alternativou k energetickému využívání fosilních paliv.

V současné době jsou v provozu desítky jednotek stacionárních palivových článků (fuel cells – FC), které slouží jako záložní zdroj elektrické energie pro banky, letiště, hotely apod. Každá větší automobilka má jeden nebo několik prototypů vozidel s palivovými články, které se chystají uvést na trh v blízké budoucnosti. Existují funkční prototypy FC pro mobilní zařízení, jako jsou notebooky, kamery apod. Současnost v oblasti palivových článků by se dala charakterizovat jako období intenzivního vývoje a výzkumu, demonstračních projektů a příprav pro uvedení na trh.

6.1.2 Vodík jako palivo pro vozidla

V úvodu článku autorský tým naznačil, že vodík není v pravém slova smyslu palivo. Přesto se ho nyní pokusme takto chápat a srovnat ho s ostatními konvenčními palivy.

Abychom mohli hodnotit vodík jako palivo, je třeba připomenout několik základních chemicko-fyzikálních parametrů vodíku a srovnat je s běžně využívanými fosilními palivy. Vodík má nejnižší hustotu a druhý nejnižší bod varu ze všech známých látek, přibližně $20\text{ K} = -253\text{ °C}$. Některé další parametry, včetně srovnání vůči benzínu jsou v následující tabulce.

Tab. 3 Základní chemicko-fyzikální vlastnosti vodíku

Palivo (20 °C) druh/skupenství	Hustota [kg/m ³]	Měrný Objem [l/kg]	M.O. vztažený k benzínu	Výhřevnost [MJ/kg]	Hustota Energie [MJ/l]	H.E. vztažená k benzínu
Vodík 1 bar	0.084	11939	8354.7	119	0.01	0.0003
Vodík 250 bar	17	58.8	41.15	119	2.024	0.065
Vodík 350 bar	22.2	45.2	31.6	119	2.64	0.085
Vodík 700 bar	39	25.9	18.14	119	4.6	0.15
Vodík kapalný (-253 °C)	71.08	14.1	9.85	119	8.46	0.27
Propan kapalný	498	2	1.4	46.3	23.08	0.74
Benzín kapalný	700	1.43	1	44.5	31.15	1

Z Tab. 3 je zřejmé, že vodík má největší výhřevnost ze všech uvažovaných paliv. Pro většinu aplikací je však mnohem důležitějším parametrem hustota energie. Ta vyjadřuje množství energie na daný objem paliva. Je přímo úměrná výhřevnosti a hustotě paliva. Kapalný vodík má přibližně desetinou měrnou hustotu a přibližně čtvrtinovou hustotu energie ve srovnání s benzínem. Pokud uvažujeme o použití vodíku pro mobilní aplikace, je technologicky mnohem jednodušší použít stlačený vodík. Podle použitého tlaku (v současné době přichází v úvahu 250, 350, popř. 700 bar) je hustota energie dokonce dvanásobně (350 bar) až sedminásobně (700 bar) nižší oproti benzínu. Obtížné uskladnění v současné době značně komplikuje

využívání vodíku v mobilních aplikacích. Nižší hustotu energie částečně kompenzuje vyšší účinnost systémů na bázi palivového článku.

Poslední odstavce možná vyprovokuje v myslí čtenáře regulérní námitku o nepřipravenosti potřebné infrastruktury pro uplatnění vodíku. K tomu se vrátím v závěru této Studie s ukázkou námětu, který by měl evokovat kroky podobného typu (viz kapitola 7).

6.2 Teze na podporu rozšiřování využití vodíku v Moravskoslezském kraji

Jak může vodík podporovat přechod energie na bezemisní formu [13]

Teze a skica přechodu může směřovat i podle následujících kroků a opatření:

1. Vodík dosud vyplňoval mezeru v odvětví rafinace, chemikálií a čpavkových hnojiv, protože je dražší než konvenční paliva. Na energetickém ekvivalentu se 2 \$ za kilogram (/kg) vodíku rovná ceně plynu 17,6 \$ na milion BTU. To by se mohlo po krocích měnit. Na bázi promyšlené přípravy scénářů uvedených níže v části 6.3.
2. Politiky vlád EU, v oblasti dekarbonizace a dlouhodobé cíle v oblasti emisí, posilují argumenty pro nízkouhlíkový vodík. Bohužel náklady na jeho výrobu dosud předpokládané z obnovitelných zdrojů, jsou příliš vysoké. Proto je nutnou podmínkou, že tyto náklady musí do roku 2030 klesnout o více než 50% na 2,0 \$/kg až 2,5 \$ kg, aby se vodík stal schůdnou alternativou.
3. Přechodu energie na bezemisní formu lze dosáhnout při výrobních nákladech na solární nebo větrnou energii od 20 \$ za megawatthodinu (/MWh) do 30 \$/MWh nebo nižších, pokud investice do elektrolyzérů poklesnou také o 30% - 50%, protože elektrárny jsou postaveny v průmyslovém měřítku. Anebo jiným způsobem, např. vhodně sestaveným portfoliem dotací na pilotní projekty (viz část 6.3.).
4. Dostatečná dostupnost konkurenceschopných obnovitelných zdrojů a současná podpora modrého vodíku (např. se zachycováním a ukládáním CO₂) jsou proto předpokladem pro to, aby vodík zaujal významnější postavení v energetickém přechodu. Může být, že potřebná opatření nepoběží dostatečně rychle, pak bude nutné připravit náhradní plán. A to například:

Přidání modrého vodíku do směsi by mohlo zvýšit dodávku levnějšího uhlíku s nízkým obsahem uhlíku za konkurenceschopnější ceny. Důvodem je, že většina přírůstků kapacity obnovitelných zdrojů v příštím desetiletí bude nahrazovat stávající (více znečišťující) výrobu nebo řešit rostoucí spotřebu elektřiny. To by mohlo příliš prodloužit čekání záměrů MSK v oblastech uplatnění vodíku pro napájení vodíkových autobusů a pro uplatnění v Tříneckých železárnách. Nabízí se cesta získávání modrého vodíku využitím tepla z jaderné energie (viz kapitola 6 níže).

5. To vyvolává otázku, jak přepravovat zelený vodík z regionů, kde se vyrábí, za nízkou cenu. Pokud jde o dopravu vodíku, z místa jeho výroby do míst jeho spotřeby bude velmi žádoucí zamýšlet se nad uplatněním distribuce pomocí potrubí. To by mohlo v regionálním prostředí posloužit stejně dobře, ne-li lépe nežli budování distribuční sítě na bázi přepravních vozidel (na fosilní paliva). Navíc budování řetězce zkapalněného vodíku bude pravděpodobně trvat dlouho a nemusí být realistické, vzhledem k obtížným nákladům na spuštění vodíku ve srovnání s přeměnou levného plynu na zkapalněný zemní plyn (LNG). I když se zdá, že zvýšení výroby zkapalněného vodíku může trvat nepřiměřeně dlouho a být nepřiměřeně nákladné, Japonsko investuje do pilotního projektu zkapalňování vodíku v Austrálii.

6. Navíc stávající trhy s vodíkem jsou zřejmými kandidáty na expanzní iniciativy. V Evropě již probíhají různé projekty na integraci obnovitelné energie s elektrolyzéry za účelem výroby zeleného vodíku k rafinaci.
7. Vodíkové vytápění bytových i nebytových objektů, i pokud bude podporováno politikou, lze pravděpodobně realizovat teprve po roce 2030. Vodíkové kotle nebo palivové články mohou být cenově konkurenceschopnou alternativou k nízkoemisním tepelným čerpadlům za celkovou cenu 4 až 5 \$/kg. V současné době však existuje řada překážek. Zaprvé, elektrická tepelná čerpadla jsou již dostupnou alternativou cenově konkurenceschopnou a jejich instalace je snadnější, v neposlední řadě u nových budov. Zadruhé, přechod na vodíkové kotle vyžaduje zásadní přepracování infrastruktury plynárenské sítě.

I když tato teze a praktická zkušenost již v blízké budoucnosti nemusí platit. K tomu je uveden příklad ze sousedního Německa, kterému by měla být věnována patřičná pozornost.

8. Modernizace rozvodných sítí umožňující distribuci vodíku by vyžadovala souběžné zavedení vodíkových kotlů (nebo palivových článků) pro všechny spotřebitele ovlivněné přechodem ze zemního plynu. Nezbytným předpokladem se zdá být nová síť pro přenos vodíku, ke které se lze připojit, protože mnoho aplikací by se stále spoléhalo na zemní plyn po celá desetiletí. Cenová dostupnost je klíčovým hlediskem, protože vodíkové i palivové články jsou 1,5krát až 2,5krát dražší než konvenční vytápění domácností na zemní plyn, přinejmenším v severní Evropě, podle zprávy Rady pro vodík (leden 2020).

Dovoluji si znova upozornit na zajímavý námět v závěrečné kapitole, jako příklad ze sousedního Německa, který by neměl jednoduše zapadnout mezi nával informací v turbulentním prostředí energetiky.

9. Mnoho těžko nahraditelných průmyslových odvětví může přilákat pobídky pro zkoušky na vodík, ale úplné přijetí se zdá ještě daleko. Náklady na přeměnu stávajících elektráren na vodíkovou energii mohou odrazovat. Například již dříve zmíněný případ průmyslových zdrojů naznačuje, že by bylo zapotřebí pobřežní větrné farmy o výkonu 700 MW - 800 MW, aby vyráběla dostatek zeleného vodíku na pohon ocelárny inovované na technologii přímé redukce železa (DRI). Kromě toho by náklady na přestavbu samotné ocelárny překročily 1 miliardu dolarů. I když výsledkem přeměny bude výrazný pokles emisí z ocelárny, s těmito překážkami vidíme dalekosáhlý a zásadní technologický posun, který se pravděpodobně nestane před rokem 2030. To neznamená, že nebude existovat rostoucí tlak na průmyslová odvětví pracovat „zelenějším“ způsobem, což znamená potenciální nárůst využívání prozatímních technologií, jako je již zmíněné DRI s využitím relevantních redukčních plynů.

Předvídaní vodíkové ekonomiky

Projektování toho, jak a kdy se může vodíková ekonomika projevit, je vystaveno velké nejistotě, v neposlední řadě kvůli vlivu politických rozhodnutí. Dá se předpokládat několik scénářů, které se mohou vyvinout, pokud bude získán lepší přehled o budoucí vládní politice (včetně regulace uhlíku), o tom, jak budou vodíkové pilotní projekty ovlivňovat obchodní modely a kdy mohou začít výrobní náklady klesat.

V případě Evropy se dá věřit, že vodík bude mít v letech 2020–2025 okrajový dopad na společnost. Je to v zásadě proto, že nejprve je třeba vyjasnit politiky a přímé dotace. Poučení z pilotních projektů musí vést k dalšímu pokroku a náklady musí klesnout.

6.3 Scénáře pro přípravu rozvoje využití vodíku v Moravskoslezském kraji

6.3.1 Scénář VODÍKOVÉ AUTOBUSY

Stručný návrh postupu Scénáře VODÍKOVÉ AUTOBUSY pro ověření a zahájení přípravy uplatnění a ověřování Hypotézy 4.2.1 VODÍKOVÝ AUTOBUS, z kapitoly 4.

1. Toto řešení by bylo zaměřeno na výrobu vodíku potřebného k napájení vzorku autobusů městské hromadné dopravy (MHD) Dopravního podniku Ostravy (DPO). S cílem ověření hledisek řízení poptávky. Nejprve jen na vzorku dvou autobusů (jeden s vodíkovými palivovými články, druhý s vhodným spalovacím motorem a s tlakovými nádržemi na vodík umístěnými na střeše, s upraveným zážehovým motorem k přímému spalování vodíku). Autobusy by byly provozovány na vybrané lince v Ostravě;
2. Plnicí systém a potřebný konvenční elektrolyzátor (k nízkoteplotní elektrolýze) by mohl být v areálu DPO nebo na jiném vhodném místě. Vodík by byl získáván ve vhodně dimenzovaném konvenčním elektrolyzátoru. Tak, aby stíhal napájení vzorku autobusů v normálním provozu a byl vybaven tak, aby mohl plnit speciální paralelní úkol produkce vodíku pro přimíchávání k zabezpečení tepla pro vybrané SCZT, dle vhodné lokality vzhledem k poloze relevantních SCZT.
3. Zdroj tepla (pravděpodobně menší paroplynová / kogenerační jednotka) pro danou SCZT by byl v prvním kroku provozován na zemní plyn s přípravou a realizací postupně se zvyšujícího přimíchávání vhodně upraveného vodíku do zemního plynu.
4. Následně doporučuji přípravu praktický program k budoucí účasti tohoto paroplynového zdroje na regulačních zkouškách poskytování PpS pro regionální distribuční elektroenergetickou soustavu (RDS) Moravskoslezského kraje.
5. Projekt by byl vybaven vhodně dimenzovanými elektrolyzéry pro konvenční (nízkoteplotní) elektrolýzu, Přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku do zemního plynu spalovaného v relevantní teplárně (v jedné ze dvou předběžně navržených lokalit, podle Dopadové studie – Jaderný scénář.
6. Paralelně by byly zahájeny přípravné, a později realizační práce pro cílové řešení, sestávající po roce 2030 minimálně ze dvou modulů SMR. Předpokládám, že by šlo pravděpodobně o dva moduly PWR (každý modul max do 300 MW_e) umístěné na jedné z předběžně vytipovaných lokalit k instalaci SMR v Dopadové studii připravené MEC. Předpoklad realizace nejpozději kolem roku 2035.
7. Pro tyto kroky by byl sestaven podrobný věcný a časový plán realizace v kontextu doporučení Dopadové studie, včetně nastavení testovacího a sledovacího systému pro sběr dat potřebných k budoucímu rozvoji podobných výrobních zařízení.
8. Projekt by navazoval na výstupy návrhů Uhelné komise a na záměry platné ÚEK, varianta pro technologické teplo k získávání vodíku pro účely dopravy.

Důvodem uvedeného scénáře může být zjištění, že v tomto desetiletí hraje vodík rostoucí alternativu k užitkovým vozidlům se spalovacím motorem, zejména těžkým nákladním automobilům. Podle studie Rady EU pro vodík, která předpokládá do roku 2030 cenu uhlíku 50 \$/t, by vodíkové palivové články pro nákladní automobily mohly být životaschopným nízkouhlíkovým řešením při ceně dodávky do čerpací stanice 5 \$/kg, z čehož téměř polovina souvisí s distribučními náklady. Náklady na dopravu méně závisí na nákladech na výrobu vodíku, protože významná část odráží snížení nákladů na vybavení palivovými články a distribuci související s infrastrukturou. Stejně jako

osobní vozidla podléhají užitková vozidla zpřísnění regulace emisí (v Evropě do roku 2025) a podobný dohled nad elektrickými těžkými nákladními vozidly je stále kontroverzní. Jasnou výhodou palivových článků oproti bateriím je jejich mnohem delší dojezd, vyšší účinnost spojená s nižší hmotností a rychlejší dobíjení. Automobilový průmysl se rozhodl pro baterie jako praktičtější technologii snižování emisí při udržitelných nákladech. V některých zemích, jako je Japonsko, Jižní Korea a Čína, však další vývoj automobilů na vodíkový pohon pokračuje. Pokud se náklady na palivové články podstatně sníží v důsledku většího rozsahu a vytvoří se síť pro doplňování paliva, mohlo by se využití palivových článků zvýšit ve flotilách s velkým využitím, jako jsou taxíky nebo dodávkové vozy.

V letech 2025–2030 se dá předpokládat další pokrok v oblasti vodíku na trzích, jako je rafinace, chemikálie, těžká silniční doprava a případně výroba ekologičtějších amoniakových hnojiv. Pokud by došlo ke stagnaci pokroku nebo aby byla spotřeba vodíkové energie na těchto trzích pomalejší, než se očekávalo, je dalším odbytem vstříknutí přebytečného vodíku do stávajících plynových sítí (při nízkých mírách míchání 5–20%), protože to vyžaduje jen málo dalších investic do infrastruktury. Pokrok v používání vodíku však závisí na produkci přebytečného vodíku, protože nejúčinnějším způsobem dekarbonizace je elektrifikace přímým rozvodem energie z obnovitelných zdrojů sítí.

6.3.2 Scénář VODÍKOVÉ ŽELEZO

I tento scénář by měl navázat na výstupy UK a ÚEK jako varianta pro technologické teplo k získávání vodíku pro účely využití v Třineckých železárnách (TŽ).

Stručný návrh postupu Scénáře VODÍKOVÉ ŽELEZO pro ověření a zahájení přípravy uplatnění a ověřování Hypotézy 4.2.2 VODÍKOVÉ ŽELEZO, z kapitoly 4:

1. Toto řešení by bylo připravováno (a dimenzováno) pro výrobu vodíku potřebného k zabezpečení technologického tepla pro výrobu surového železa, pro výrobu vodíku používaného v procesech výroby surového železa (k využití jednak jako doplnění vysokopecního paliva a za druhé jako redukční činidlo) v TŽ.
2. Jako mezikrok před přechodem technologických procesů na cílové uplatnění vysokoteplotního reaktoru k výrobě a dodávce potřebného množství elektřiny a technologického vodíku i vodíku jako vysokopecního paliva bude potřebné připravit a ověřit na úrovni alespoň Předběžné studie proveditelnosti a instalovat přechodovou technologii. Například spalovací plynové turbíny v kombinaci s rozumně dimenzovanou menší paroplynovou jednotkou/kogenerační jednotkou.
3. K získávání vodíku v tomto případě bude smysluplné již od začátku dimenzovat proces na potřebné parametry chladiwa, s ověřením možnosti uplatnění termolýzy k získávání vodíku pro technologické účely (podpurné vysokopecní palivo a hlavně redukční činidlo).
4. Příprava by dále byla zaměřena na alespoň zásobování relevantních SCZT (Třinec, Orlová).
5. Tankovací systém pro plnění do skladovacích resp. přepravní a potřebný vysokoteplotní elektrolyzátor by mohl být v areálu Třineckých železáren. Vodík by se připravoval kombinací termolýzy anebo vysokoteplotní elektrolyzy vhodně dimenzovaným procesem tak, aby stíhal produkovat vodík v normálním provozu a byl vybaven tak, aby mohl plnit speciální paralelní úkol produkce vodíku pro přimíchávání k zabezpečení vysoko potenciálního tepla pro vysokou pec TŽ

- (pilotní projekt přimíchávání vodíku vyrobeného dotovanou elektřinou, a dále pro převzetí dodávky části tepla pro relevantní SCZT Třinec / Orlová.
6. Zdroj tepla (pravděpodobně menší paroplynová jednotka spolu se spalovací plynovou turbínou by byl připravován pro kombinované spolupůsobení ve prospěch technologického procesu TŽ a pro danou SCZT by byl, v prvním kroku, provozován na zemní plyn.
 7. Projekt by byl vybaven vhodně dimenzovanými zařízeními pro využití tepla ze spalovací turbíny k termolýze a součinnosti na parní elektrolýze. Přebytky vodíku pokud by nějaké byly, mohou být využity pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku do procesu vyhřívání vysoké pece.
 8. Jako první krok by měl být připravován praktický plán k budoucí účasti tohoto paroplynového zdroje na regulačních zkouškách poskytování PpS pro regionální distribuční elektroenergetickou soustavu (RDS) Moravskoslezského kraje.
 9. Paralelně by byly zahájeny přípravné, a později realizační práce pro cílové řešení sestávající po roce 2032 minimálně ze dvou (více) modulů SMR, pravděpodobně (HGTR) s předpokladem realizace cca kolem roku 2040, umístěných na jedné z předběžně vytipovaných lokalit k instalaci SMR v Dopadové studii připravené MEC.
 10. Pro tyto kroky by se musel sestavit podrobný časový a věcný plán přípravy a realizace v kontextu doporučení Dopadové studie (komunikační část projektu, příprava personálu, ověřovací dílčí projekty).
 11. Projekt by navazoval na výstupy návrhů Uhelné komise a na záměry platné ÚEK, varianta pro technologické teplo k získávání vodíku pro účely dopravy.
 12. Výrobní technologie by sestávala minimálně ze dvou modulů SMR s vysokoteplotními reaktory (např. typu HTGR). Zařízení by bylo projektováno jako tandem vysokoteplotní elektrolýzy a termolýzy.
 13. Přebytky vodíku by se užívaly pro odloženou spotřebu tepla / pro přidávání vodíku jako vysokopecního paliva.
 14. Jako přídavek by se ověřoval speciální scénář propojených projektů ve smyslu výroby vodíku v jednom místě (Třinec) a rozvod vodíku potrubími do ostatních lokalit. Se sdruženými prostředky od TŽ, Liberta, DPO a ostatních zájemců o dodávky vodíku.
 15. Projekt by obsahoval také nastavení testovacího a sledovacího systému pro sběr dat potřebných k budoucímu rozvoji podobných výrobních zařízení.

Řešení tohoto Scénáře VODÍKOVÉ ŽELEZO, rozvíjející hypotézu 4.2.2, by bylo dimenzováno k zabezpečení technologického tepla pro výrobu surového železa, resp. pro výrobu vodíku používaného v procesech výroby surového železa, jednak jako doplnění vysokopecního paliva, dále jako redukční činidlo a podle projektu také pro zásobování relevantních SCZT (Třinec, Orlová) teplem.

6.4 Teze případové studie rozvoje využití vodíku v SCZT MSK

1. Z dlouhodobého hlediska by se vodík mohl stát více než ekologickým specializovaným palivem, pokud bude k dispozici bohatá levná obnovitelná elektřina a začnou se rozvíjet další koncové trhy.
2. Podle zprávy Rady EU pro vodík z ledna 2020 by vodík mohl v roce 2030 uspokojit 8% primární světové poptávky po energii a do roku 2050 15%. Podle dosud převládajícího názoru, se odhad do roku 2030 zdá být optimistický, protože proces přechodu na energii již trvá desítky let, s poměrně malými přírůstkem, díky zejména

absenci přímé ekonomické pobídky k nákladům a překážkám souvisejícím s dodávkami a aplikacemi pro koncové uživatele.

3. To znamená, že změny v politice v oblasti životního prostředí budou mít v nadcházejících letech zásadní význam pro globální ekonomiku, v případě realizace dlouhodobých závazků uhlíkové neutrality. Dá se očekávat, že společnosti začnou upravovat své strategie a rozvíjet dříve/aktuálně deklarované možnosti. To platí v plné míře i pro strategii využití vodíku v ČR.

6.5 Doporučení postupu rozšíření využití vodíku v MSK

Hlavní kroky v přípravě zmíněných scénářů a v rozšíření užití vodíku i pro parciální zásobování zdrojů tepla do SCZT:

1. Analyzovat stav organizací, systémů, zařízení a lidí k přípravě obou scénářů.
2. Sestavit Programy ke scénářům uvedeným v článku 6.3 výše, pokud by byly akceptovány, anebo podobné Programy pro otevření vodíkové cesty. A to včetně zahrnutí dotačních námětů a případně i modifikovaných tezí z konceptu připravované VODÍKOVÉ STRATEGIE ČESKÉ REPUBLIKY 2021. Tato strategie je připravována Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR k uplatnění v období od roku 2021. Ze všeho nejdříve bude užitečné sestavit „Program vodíkové změny“, také na bázi „Modelového případu v oblasti Třinec“, uvedeného v Příloze č. 3, této Studie.
3. Provéřit možnosti dotačních programů pro výše zmíněné účely/záměry a v maximálně možné míře zabezpečit dotace na vodíkové projekty, které budou k dispozici v podmínkách EU a ČR.
4. Primárně koupit pár autobusů na městskou dopravu a relevantní kapacitu konvenčních elektrolyzérů a bude-li možné a projektově odůvodněné tak i technologii na vysokoteplotní/parní elektrolýzu a v tomto kontextu:
 - Obdobně za dotace pořídit elektrolyzéry konvenční a bude-li to možné tak i funkční vzor parního elektrolyzéry, pokud to bude dotačně schůdné. Elektrolyzéry budou krmit na centrální MHD stanici vodíkem a bude fungovat prostě na elektřinu ze sítě. Vyhlásit že toto je „začátek trhu“ a že je vítána komerční firma, která se chce k tomuto připojit, ideálně i ty prvotní elektrolyzéry provozovat.
 - <https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-buses> ,
 - <https://hydrogeneurope.eu/cleaner-urban-transport-hydrogen-buses> ,
 - <https://www.fuelcellbuses.eu/category/fuel-cell-electric-buses-0>
 - <https://energypost.eu/hybrid-project-sweden-goes-for-zero-carbon-steel/>
(<https://www.powermag.com/swedish-companies-jointly-explore-hydrogen-based-production-of-steel/>)
 - <https://www.ssab.com/company/sustainability/sustainable-operations/hybrid>

7. Závěr Studie využití vodíku v Moravskoslezském kraji

Stručné hodnocení dosažených záměrů v kontextu se zadáním v objednávce:

Dodavatel Studie připravil návrh konkrétních inovativních opatření pro dva různé scénáře s předpokládaným začátkem bezprostředně po projednání a schválení Studie:

1. Podle návrhu jak v 6.3.1 (Scénář VODÍKOVÉ AUTOBUSY pro DPO), tak i v 6.3.2 (Scénář VODÍKOVÉ ŽELEZO pro TŽ), je možné zahájit trénink potenciálních

- řešitelů a přípravu sestavení analytických předloh k vyhodnocení připravenosti prostředí a firem k přípravě projektů.
2. Jinými slovy je možné směřovat k revizi stávajících podkladů, a údajů a provést bilanci potřeb vodíku a technologického tepla jak v Dopravním podniku Ostrava (DPO), tak i v Třineckých železárnách (TŽ). S cílem definovat potřebné objemy vodíku a účel jeho zabezpečení v čase (předpokládaný diagram poptávky po vodíku a další parametry, resp. průběh jeho užití v čase).
 3. Předaná Studie pojmenovala možné způsoby získávání tepla a vodíku pro oba scénáře, takže bude možné projednat aspekty časového, věcného plánu a stanovit předpokládaný finanční rámec.
 4. Následně bude potřebné sepsat Program pro oba projekty, včetně představy o typu reaktoru a odhadnout jeho potřebný výkon pro cílový stav v kontextu s Modelovým případem v oblasti Třinec, dle Přílohy č. 3.
 5. Protože však realita bude z tohoto hlediska vzdálená a nepříliš určitá bude nezbytné sepsat překlenovací program, tedy popsat, jak se z dnešního stavu dostaneme ke stavu cílovému. A to i s pomocí opatření vyplývajících z informací a údajů v této Studii, resp.: v Dopadové studii a v navazujících dokumentech.
 6. Současně budou muset řešitelské týmy předběžně sestavit přehled potřeb a součinnosti, který by měl posoudit MEC. MEC to buď potvrdí a s podporou dodavatele Studie poskytne podporu týmům, anebo doporučí jiná opatření.
 7. Tolik k vyhodnocení toho, jak by mohl vypadat další postup na bázi stručné přípravné Studie k dalším postupům.

Příkladem pokročilého programu přípravy substituce zemního plynu vodíkem může být extrakt z periodika slovenského portálu Energie, uvádějící popis dynamicky se rozvíjejícího nástupu vodíku do života běžných lidí v sousedním Německu.

Viz portál <https://www.energie-portal.sk>, uvádějící článek Radovana Potočára: „**Viessman vsádza na vodík.**“

<https://www.energie-portal.sk/Dokument/viessmann-vsadza-na-vodik-vyvoja-vodikove-kotly-pripravuje-cele-portfolio-106729.aspx>

Pro autentičnost uvádím výběr citace několika odstavců ve Slovenštině:

„Vodík môže o niekoľko rokov predstavovať výhodné riešenie aj pre vykurovanie domácností. Vykurovanie a vodík majú pred sebou spoločnú budúcnosť. Očakáva to Viessmann, medzinárodný výrobca vykurovacích, priemyselných a chladiacich systémov, ktorý vyvíja kompletne portfólio zariadení schopných využívať čistý vodík. Spoločnosť o tom informovala [na svojom webovom médiu](#). ...“

Tam se dále píše:

„Kondenzačné kotly „H2ready“ budú schopné „prejsť“ z využívania zemného plynu na zmes zemného plynu a vodíka, ale aj na čistý vodík. Testy týchto zariadení Viessmann plánuje realizovať v rámci [projektu SmartQuart](#) v nemeckom meste Kaisersesch. Projekt, ktorý financuje spolkové Ministerstvo hospodárstva a technológií (BMWí), počítá s výstavbou celej „vodíkovej štvrte,“ ktorá bude integrovať kompletnú vodíkovú infraštruktúru.“ ...“

Celý projekt má ďalej podľa portálu nasledujúci plán:“

„Bude zahŕňať výrobu obnoviteľnej elektriny pre prevádzku elektrolyzéro, skladovanie vodíka a jeho distribúciu pre využitie v sektoroch vykurovania, výroby elektriny, priemyslu a dopravy,“ priblížil Viessmann.

Spoločnosť chce unikátny projekt využiť na to, aby otestovala svoje vodíkové kotly a ich prevádzku v praxi, ako aj fungovanie vykurovacích jednotiek na báze vodíkových článkov. Jednou z výhod vodíka, na ktorú Viessmann poukazuje, je, že vďaka vodíka sa dá dosiahnuť pomerne výrazné zníženie emisií skleníkových plynov vo veľmi krátkom čase. Umožniť to majú už existujúce plynové kotly a plynárenská infraštruktúra. ... „Moderné plynové kondenzačné kotly rodiny Vitodens 300 a Vitodens 200 možno efektívne prevádzkovať s 20 až 30 percentami vodíka v zemnom plyne,“ tvrdí Viessmann. (koniec citátu)

A tady jen uvedu zmínku, že bude užitečné v rámci chytrého regionu hledat i podobné aktivity k rozpořybování trhu.

K dalšímu příkladu bouřlivého rozvoje poslouží ukázka stavu plánu v EU s možným vlivem i na záměry v Moravskoslezském kraji:

V červenci 2020 představila Evropská komise vodíkovou strategii EU s „prioritním zaměřením“ na zelený vodík. Komise zároveň uznala roli „vodíku na bázi metanu“ při přechodu. Zaměří se na 10 milionů tun vodíku do roku 2030. Hlavním cílem EU je rychle snížit cenu čistého vodíku zavedením „specializovaných továren na zelený vodík ...“. K dosažení tohoto cíle by do roku 2024 bylo v celé EU rozmístěno cílově 6 GW elektrolyzérů, přičemž do roku 2030 bude instalováno „nejméně 40 GW“ a potenciálně dalších 40 GW v sousedních regionech, jako je severní Afrika nebo na Ukrajině. Nedávno oznámené národní cíle v oblasti zeleného vodíku do roku 2030 v Německu, Francii, Portugalsku, Nizozemsku a Španělsku již v roce 2030 představují více než 50% cílové 40GW instalované kapacity elektrolyzérů v EU (viz tabulka):

Tab. 4 Plány EU a VB pro vodík

EU a Velká Británie mají ambiciózní plány na vodík		
Země / Stát	Plánované investice do vodíku	Cíl pro kapacitu vodíku do roku 2030
Dánsko	Velké energetické ostrovy s větrnou kapacitou na moři 5,0 GW do roku 2030, které by mohly být částečně / plně použity k výrobě zeleného vodíku	
France	7.2 miliard €	6.5GW
Germany	7 miliard € v nových podnicích a výzkumu s dalšími 2 miliardami € pro mezinárodní partnerství. Zatímco většina vládní podpory bude směřovat k budování průmyslu zeleného vodíku a k tomu, aby se Německo stalo v tomto prostoru lídrem na trhu, v blízké budoucnosti může podporu získat také šedý / modrý vodík.	5.0GW Dalších 5 GW kapacity má být přidáno, pokud je to možné, do roku 2035, nejpozději však do roku 2040.
Holandsko		Až 4 GW, přičemž do roku 2025 bude nainstalováno přibližně 500 MW
Norsko	Přibližně 330 milionů € na investice do ekologických technologií, včetně vodíku	
Portugalsko	7 miliard €	2.0 GW-2.5 GW
Španělsko	Asi 9 miliard €	4.0 GW

Velká Británie	Závazek na investice ve výši 500 milionů GBP na výrobu 5 GW nízkou produkční kapacitu vodíku do roku 2030 s cílem vytvořit „vodíkové sousedství“ do roku 2023, „vodíkovou vesnici“ do roku 2025 a „vodíkové město“ do roku 2030.	5.0GW
ČR MSK	<i>Sem bychom po prvotní přípravě, v 1. Q 2021, mohli zapsat stručně záměry obou Scénářů pojednaných v kapitole 6 této Studie, již s konkrétnějším plánem a výčtem možností pro scénáře MSK, v kontextu s Vodíkovou strategií ČR. Prostě jen pro srovnání proporcí.</i> <i>Možná že by nám poté svými službami, co do pořízování vodíku pomohla nějaká podobná aktivita, jak je uvedeno níže u firmy Messer a HyGear ...</i>	Tady by se mohla objevit představa, jak velký výkon bychom potřebovali pro konvenční elektrolyzu a kolik by na to bylo potřeba peněz.

Námět k možnosti hledat a využít podobnou nabídku pro scénáře v MSK, jako je níže uvedená:

[Messer and HyGear podepisují dlouhodobý kontrakt pro dodávky vodíku v České republice](#)

Zveřejněno: 30. 11. 2020 12:33

Rodinná průmyslová plynárenská společnost Messer uzavřela spolu se společností HyGear dlouhodobé partnerství, jehož prostřednictvím budou společně dodávat vodík o vysoké čistotě dvěma koncovým uživatelům (Global Tungsten & Powders a OSRAM Česká republika) v České republice. Smlouva je založena na modelu společnosti HyGear, která poskytuje plyn jako službu (Gas-as-a-Service), v kterém si společnost ponechává vlastnictví systémů a zůstává odpovědná za provoz a údržbu technologie u zákazníka.“

V dalších krocích doporučuji zaměřit se na mé komentáře a odkazy v této Studii.

Určení dalšího postupu doporučeného k přípravě realizace z hlediska činností MEC pro MSK a nadále postupovat podle Programu v Dopadové studii, jako návaznost na výsledky Dopadové studie útlumu uhlí v MSK. I tento Program bude potřebovat aktualizaci a rozpracování. Změny běží velmi rychle.

Přílohy

Příloha č. 1: Předmět plnění Studie vodík v MSK

Moravskoslezské energetické centrum,
příspěvková organizace
28. října 3388/111, 702 00 Ostrava
IČ: 031 03 820

Příloha objednávky č. 101/2020

Předmět plnění Studie vodík v MSK:

Rámcem studie je ideový variantní návrh struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provozů MSK.

1. Východiska.
 - a. Návaznost na: Analýzu potenciálu průmyslových firem v MSK při přechodu na vodíkové technologie a Návrh konkrétních inovativních opatření formou ideového záměru uplatnění H₂T, kde současný potenciál zejména ve výrobě vodíku pro komerční účely je nízký.
 - b. Související Výstupy Uhelné komise (dále UK) ze dne 4. 12. 2020 a Územní energetické koncepce MSK (dále ÚEK).
 - i. Předpokládaný útlum uhlí v MSK (do 2035).
 - ii. Stabilní náhradou uhlí pro teplárenství a podle poptávky i pro technologické teplo by měly být malé jaderné reaktory (dále SMR), s přechodnou fází využití zemního plynu, přičemž se vychází z dostupných typů SMR.
 - iii. Využitím vlastností SMR při produkci vodíku jako produktu SMR v průmyslovém areálu (výroba oceli) pro přímé uplatnění zdroje tepla specializovaného a patřičně dimenzovaného pro flexibilní dodávky – tepla (komunální a technologické), sekundárně elektřiny, podpůrných služeb pro ES ČR apod.
 - c. Specifikace potřebných podkladů pro zpracování studie.
2. Bilance potřeby vodíku a potřeby technologického tepla v průmyslu a dopravě (výběr konkrétní průmyslové lokality s výrobou oceli pro modelový příklad).
 - a. Specifikace účelu využití vodíku a předpokládané množství za rok.
 - b. Odhad diagramu průběhu poptávky po vodíku a specifikace účelu jeho použití, parametrů tepla pro technologické účely apod.
3. Případová studie možností využití vhodných SMR v souladu s východisky.
 - a. Způsoby získávání vodíku obecně.
 - b. Výběr vhodné metody získávání vodíku.
 - c. Který typ reaktoru.
 - d. Dostupnost technologií SMR (čas, věcné charakteristiky, cena).
4. Ideový variantní návrh struktury a měřítka lokálního vodíkového hospodářství a ekonomických provozů MSK.
 - a. Navázání na výstupy UK a ÚEK varianta pro technologické teplo k získávání vodíku (průmyslový areál – výroba oceli) a případně i pro lokální komunální teplo.
 - b. Varianta pro použití SMR ke kombinovanému využití SMR primárně pro komunální teplo v rámci SCZT a ke zlevnění tohoto tepla pro získávání vedlejších produktů (vodík, systémové služby pro elektroenergetickou distribuční soustavu).
5. Závěr.
 - a. Vyhodnocení variant a doporučení vhodné varianty pro nasazení v průmyslovém areálu.
 - b. Určení dalšího postupu doporučeného k přípravě realizace z hlediska činností MEC pro MSK.

Předpokládaný rozsah: do 50 stran textu (plus úvodní a závěrečné formální listy).

Příloha č. 2: Případový příklad řešení na bázi H2@Scale within the USA



The Technical, Demand, and Economic Potential of H2@Scale within the United States

NREL (Lead): Mark F. Ruth, Paige Jadun; **ANL (Co-lead):** Amgad Elgowainy; **INL (NE Partner):** Richard Boardman
 Contributors: Nicholas Gilroy (NREL), Elizabeth Connelly (NREL), Suzanne Singer (LLNL), Jarett Zuboy (Independent Contractor)

H2@Scale Workshop at the Fuel Cell Seminar
 November 5, 2019 Long Beach, California

Demand Potential

Demand potential of hydrogen market by 2050 is >9X.

Other applications are possible based on technology and policy growth as well as smaller applications

Application	Demand Potential (MMT/yr)	2015 Market for On-Purpose H2 (MMT/yr)
Refineries and the chemical processing industry (CPI) ^a	8	6
Metals	12	0
Ammonia	4	3
Biofuels	4	0
Synthetic fuels and chemicals	14	1
Natural gas supplementation	10	0
Seasonal energy storage for the electricity grid	15	0
Industry and Storage Subtotal	67	10
Light-duty fuel cell electric vehicles (FCEVs)	21	0
Medium- & Heavy-Duty FCEVs	11	0
Transportation Fuel Subtotal	32	0
Total	99	10

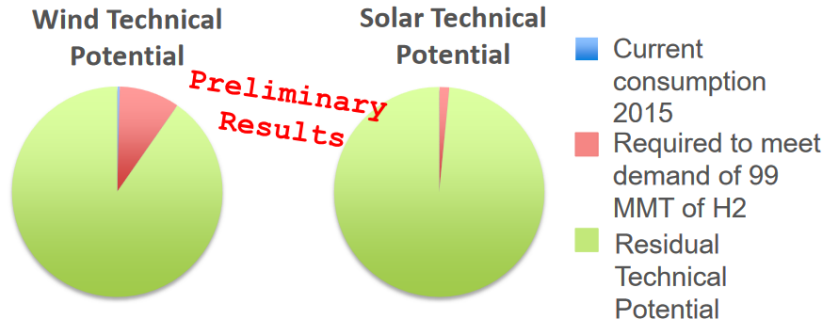
Preliminary Results

Definition: The demand potential is the estimated market size constrained by the services for which society currently uses energy, real-world geography, system performance, and by optimistic market shares but not by economic calculations.

Technical Potential Supply from Renewable Resources

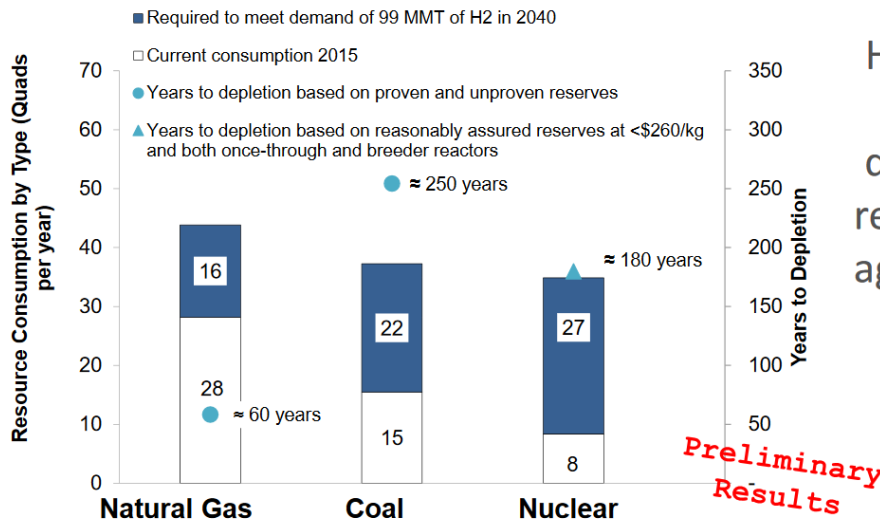
	EIA 2015 current consumption (quads/yr)	Required to meet demand of 99 MMT / yr (quads/yr)	Technical Potential (quads/yr)
Solid Biomass	4.7	24	19
Wind Electrolysis	0.68	16	170
Solar Electrolysis	0.17	16	1,000

Total demand including hydrogen is satisfied by ≈10% of wind, 2% of solar, and ≈150% of biomass technical potential



NREL | 3

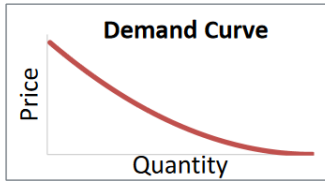
Technical Potential of Fossil and Nuclear Resources



Hydrogen can be produced from diverse domestic resources to meet aggressive growth in demand

NREL | 4

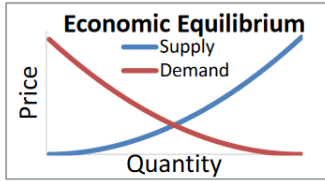
Economic Potential Methodology: Market Equilibrium



Demand Curve: how much are consumers willing and able to pay for a good?



Supply Curve: threshold prices showing how much are producers willing and able to produce at each?



Economic Equilibrium: Quantity where demand price is equal to the supply price.

- No excess supply or demand.
- Market pushes price and quantity to equilibrium.

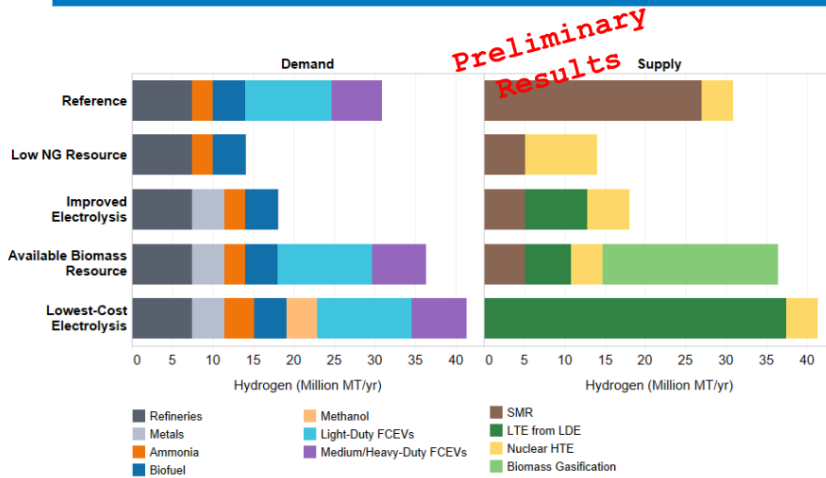
Methodology described in Schwartz, Robert A. *Micro Markets A Market Structure Approach to Microeconomic Analysis*. Wiley Finance. Chichester: Wiley, 2010.

Economic Potential: Five National Scenarios

Scenario Name	Reference	Low NG Resource	Improved Electrolysis	Available Biomass Resource	Lowest-Cost Electrolysis
Natural gas price assumption	Reference	Higher			
Low-Temperature Electrolysis (LTE) capital costs	Current Trajectory	Improvements		Aggressive Assumptions	
Low-cost, Dispatch-constrained Electricity purchase assumption					
Biomass	Not available			Available	Not Available
Metals demand	Competitive Market		Premium Available		

Key differences in scenarios: 1) natural gas price assumption, 2) electrolyzer cost assumption, 3) electrolyzers' access to grid service markets, 4) increased threshold price in metals industry, & 5) competition for biomass resource

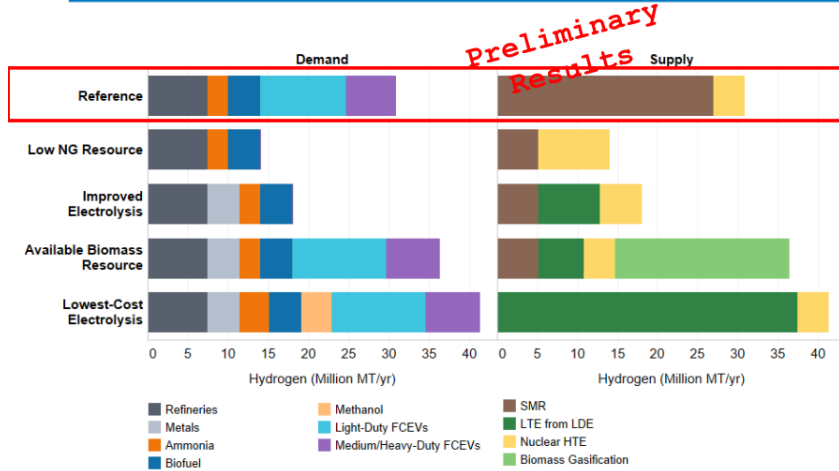
Economic Potential Results



The economic potential of hydrogen demand in the U.S. is **1.4-4X** current annual consumption.

NREL | 7

Reference Scenario

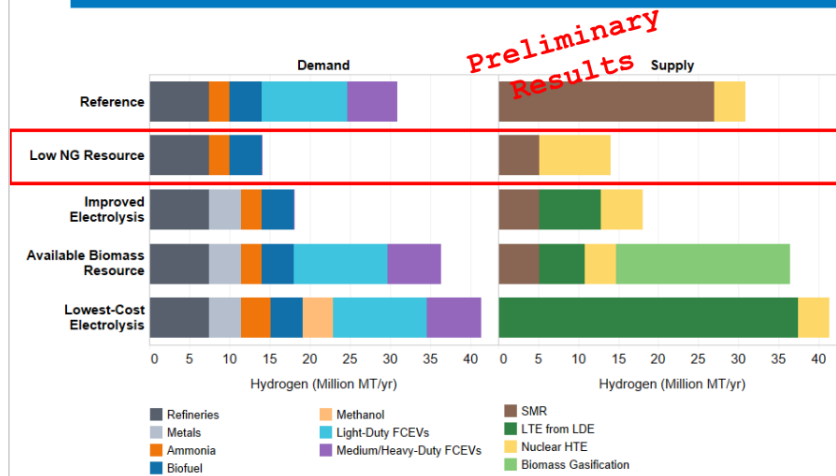


- Lowest natural gas prices; thus, higher penetrations of FCEVs
- About 10% of U.S. nuclear generation to H₂
- Refineries and ammonia demands based on growing markets
- Biofuels demand limited to Renewable Fuels Standard

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

NREL | 8

Low Natural Gas Resource Scenario

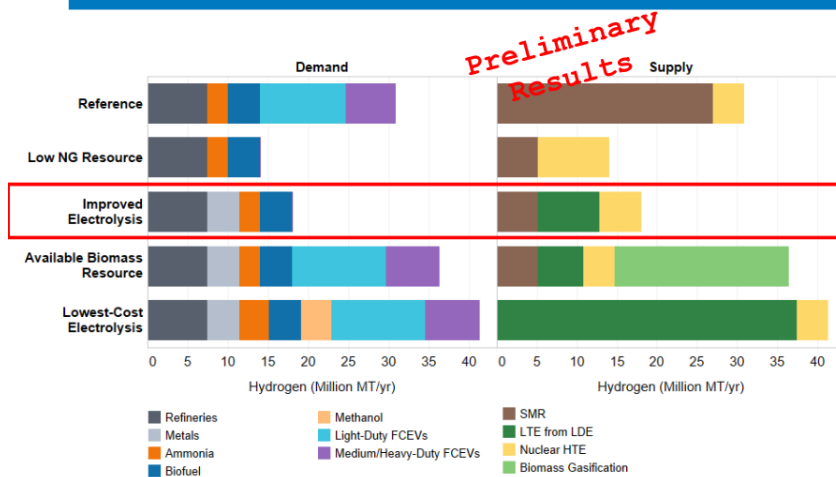


FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

NREL | 9

- Higher natural gas prices than reference scenario
- Thus, negligible growth in hydrogen demand
- Only economic demands: refining, ammonia, biofuels

Improved Electrolysis Scenario

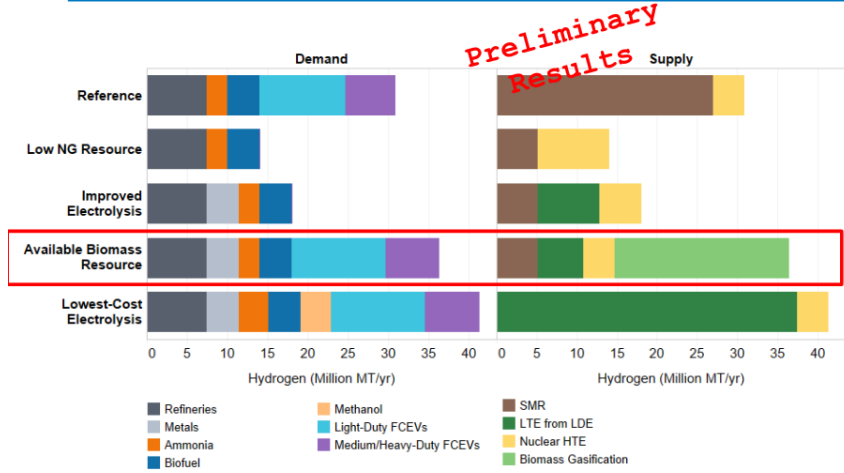


FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

NREL | 10

- Low-Temperature electrolyzer (LTE) purchase cost reduced to \$200/kW & reduced electricity price adder
- Supply growth due to electrolytic hydrogen
- Increased willingness to pay for H2 for metals refining
- Leads to demand for growing domestic metals refining industry

Available Biomass Resource Scenario

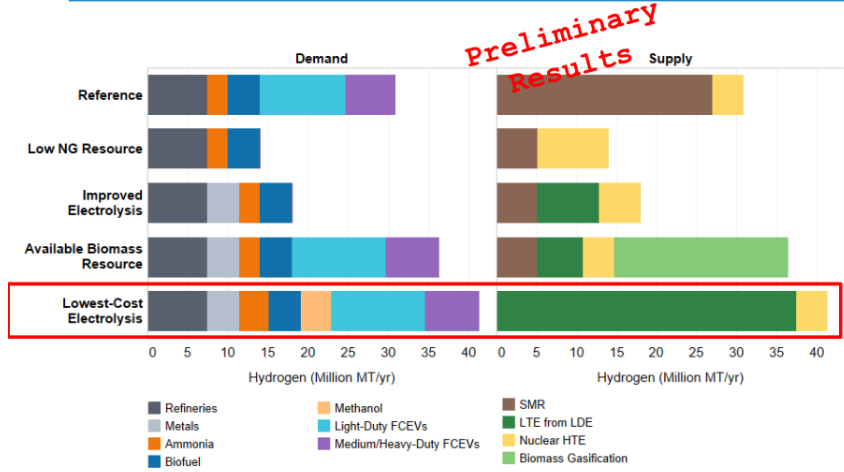


- Only scenario with biomass available for hydrogen production
- Lowest cost biomass resource assumed available
- Lower cost hydrogen allows demand growth

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

NREL | 11

Lowest-Cost Electrolysis Scenario



- Low-Temperature electrolyzer (LTE) purchase cost reduced to \$100/kW & no electricity price adder
- Electrolytic hydrogen less costly than steam methane reforming
- Larger ammonia and chemicals opportunities than other scenarios

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

NREL | 12

Key Conclusions

- **The potential demand of hydrogen demand in the U.S. is >9X current annual consumption.**
- **The economic potential of hydrogen demand in the U.S. is 1.4-4X current annual consumption.**
 - Range across 5 scenarios developed using a variety of economic and R&D success assumptions
- Up to 20% of current **nuclear power plants could improve their profitability** by producing hydrogen.

NREL | 13

For More Details

- Power-to-Gas Technical Session
 - Thursday at 1:30 in room 103 A/B
- Two presentations
 - H2@Scale: Economic Potential of Hydrogen as an Energy Intermediate
 - Electrolysis' Potential Value for Supporting the Electrical Grid

80

NREL | 14

Thank You

Mark.Ruth@nrel.gov

www.nrel.gov

NREL/PR-6A20-75337

Additional information on H2@Scale can be found at:

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review18/h2000_pivovar_2018_o.pdf

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review19/sa171_ruth_2019_o.pdf

<http://energy.gov/eere/fuelcells/downloads/h2-scale-potential-opportunity-webinar>

This work was authored by the National Renewable Energy Laboratory, operated by Alliance for Sustainable Energy, LLC, for the U.S. Department of Energy (DOE) under Contract No. DE-AC36-08GO28308. Funding provided by the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Fuel Cell Technologies Office. The views expressed in the article do not necessarily represent the views of the DOE or the U.S. Government. The U.S. Government retains and the publisher, by accepting the article for publication, acknowledges that the U.S. Government retains a nonexclusive, paid-up, irrevocable, worldwide license to publish or reproduce the published form of this work, or allow others to do so, for U.S. Government purposes.



Ing. Dalibor Matějů MBA, Na Pankráci 999/40, 140 00 Praha 4 – Nusle

| M: +420 603 201 194 | E: dalibor.mateju@seznam.cz |

| IČ 610 46 787 | DIČ: CZ480328490 | Podnikatel zapsaný v ŽR Úřadu městské části Praha 4

Příloha č. 3: Modelový případ v oblasti Třinec

Modelový případ použití SMR pro výrobu tepla, elektřiny a vodíku v oblasti Třinec

Tento Modelový případ vychází jak Studie vodík v Moravskoslezském kraji, prosinec 2020 (dále Studie H₂), tak i z Dopadové studie odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji (Jaderný scénář), MEC listopad 2020 (dále Dopadová studie).

Obě Studie potvrzují uplatnění malých modulárních reaktorů (SMR) k dosažení významných benefitů při výrobě elektřiny a tepla v oblasti Třinec pro technologické potřeby Třineckých železáren a pro dodávku komunálního tepla města Třinec. Níže uvedená skica modelového případu použití SMR vychází z hodnocení současného stavu vývoje vhodného typu SMR a předpokladů přípravy uvedeného v zahraničních projektech.

Vstupní data:

Výroba surové oceli v Třineckých železárnách v roce 2017 činila 2,528 milionů tun. Roční výroba Třineckých železáren se dlouhodobě pohybuje zhruba na 2,5 mil. tun oceli a mezi její hlavní produkty patří především dlouhé válcované výrobky – válcovaný drát, tvarová ocel, speciální tyčová ocel, tažená ocel, kolejnice, široká ocel, bezešvé trubky a hutní polotovary. Třinecké železářny jsou v posledních devíti letech největším výrobcem surové oceli v České republice. Za celé své působení v historii od roku 1939 vyrobily Třinecké železářny více než 180 milionů tun oceli. <https://www.trz.cz/clanky/37/dok189/trinecka-hut-hospodarila-se-ziskem-presahujicim-miliardu-p=11>

Množství a režim předpokládané potřeby tepla na bázi dat z roku 2017 uvedených ve výroční zprávě Energetiky Třinec (VZ ETZ) z roku 2019 a v Dopadové studii:

Z Tab. 0-1 SCZT ve městech nad 10 tis. obyvatel (Dopadová studie)

	SCZT	hlavní palivo	Poznámka
7.	Třinec	černé uhlí	dodávka do SCZT pokryta odpadním teplem z hutí

Z Tab. 0-2 Přehled obcí nad 10 tis. obyvatel se SCZT, zdroje spalující černé uhlí (Dopadová studie)

sít' CZT	název zdroje	tepelný výkon uhelného zdroje, [MW _t]	elektrický výkon uhelného zdroje, [MW _e]	příkon sítě CZT 2017, [MW _t]	dodávka tepla na prahu zdroje v roce 2017, [MWh]
Třinec	Energetika Třinec E2	235,8	39,5	103,3	309 859
	Energetika Třinec E3	350,7	62,0		
	Spalinové kotle	25,9	0,0		

Z Tab. 0-3 Dodané teplo do soustav SCZT v MSK v obcích nad 10 tis. obyv. za rok 2017 (Dopadová studie)

SCZT	Počet obyvatel v obci [-]**	Odhad obyvatel do 100 m od SCZT [-]**	Bytové jednotky napojené na SCZT [ks]	Rozdělení roční dodávky tepla			Dodané teplo [GJ]	Brutto výroba tepla		
				Bytový sektor	Nevyr. sektor	Průmysl		Uhlí*	Biomasa	Zemní plyn
				[GJ]	[GJ]	[GJ]		[%]	[%]	[%]
Třinec	35 224	21 500	9 229	525 905	1 224 260	1 750 165	98,6	0	1,5	

Celkem je v Třinci dodáváno teplo do 9 229 bytových jednotek s cca 21 500 obyvateli a do 401 odběrných míst. Pro potřeby SCZT Třinec bylo v roce 2017 dodáno 1 750 165 GJ tepla. Z toho bylo 525 905 GJ dodáno do bytového a nevýrobního sektoru. Průmyslovému sektoru (železářny a ocelárny v Třinci) bylo dodáno 1 224 260 GJ tepla. Rozdělení dodaného tepla mezi bytový sektor a nevýrobní sektor není znám.

Zdroje tepla pro soustavu jsou výlučně v majetku společnosti ENERGETIKA TŘINEC, a. s.

Teplárna E2 měla v roce 2017 instalovaný tepelný výkon 235,75 MW_t a dodala 167 188 GJ tepla. Instalovaný elektrický výkon teplárny v roce 2017 byl 39,5 MW_e a vyrobila 263 954 MWh elektrické energie. Hlavními palivy s 97 % byl vysokopecní a koksárenský plyn zbylé 3 % tvořil zemní plyn.

Teplárna E3 měla v roce 2017 instalovaný tepelný výkon 350,7 MW_t a dodala 1 413 133 GJ tepla. Instalovaný elektrický výkon teplárny v roce 2017 byl 62 MW_e a vyrobila 410 673 MWh elektrické energie. Hlavním palivem bylo černé uhlí s 87 %. Zbytek připadá na ostatní paliva (přebytek vysokopecního plynu) a zemní plyn.

Dalšími zdroji tepla jsou spalínové kotle VA, VC a VD, které využívají odpadní teplo z technologie. Tyto spalínové kotle dodaly v roce 2017 celkem 169 844 GJ tepla.

ENERGETIKA TŘINEC, a. s. v roce 2017 dodala celkem 1 750 165 GJ tepla.

Z Tab. Zdroje v SCZT Třinec rozdělení tepla dle dodávky (Dopadové studie)

Zdroj tepla	Roční rozdělení dodaného tepla	
	Bytový sektor [GJ] plus Nevýrobní sektor[GJ]	Průmysl [GJ]
Spalinový kotel VD	525 905	1 224 260
Spalinový kotel VC		
Spalinový kotel VA		
Teplárna E3		
Teplárna E2		

Z Tab. Zdroje v SCZT Třinec výroba elektřiny (Dopadová studie)

Zdroj elektřiny	Výroba elektřiny	
	Instalovaný výkon [MW _e]	Výroba elektřiny celkem [MWh]
Teplárna E3	62,0	674 627
Teplárna E2	39,5	

Z Tab. Zdroje v SCZT Třinec roční spotřeba paliva (Dopadová studie)

Zdroj tepla	Roční spotřeba paliva				
	Uhlí [GJ]	Zemní plyn [GJ]	Biomasa [GJ]	Ostatní [GJ]	Celkem [GJ]
Spalinový kotel VD	0	0	0	88 888	88 888
Spalinový kotel VC	0	0	0	57 275	57 275
Spalinový kotel VA	0	0	0	71 840	71 840
Teplárna E3	6 130 948	27 772	0	837 385	6 996 105
Teplárna E2	0	150 253	0	5 022 975	5 173 228
Celkem	6 130 948	178 025	0	6 078 363	12 387 336

Předpoklady návrhu zdroje tepla v lokalitě Třinec:

- Vycházíme z dat dodaného tepla (SCZT, technologické procesy) a výroba elektřiny v roce 2017 (viz Tabulka z VZ ETZ z roku 2019)
- Předpokládáme využití výkonu SMR pro výrobu vodíku pro dopravu v min. objemu podle specifikace pro odhad spotřeby v roce 2024 a 2030:
 - Varianta 2024 – potřeba vodíku v MSK podle předpokladu pro rok 2024 (10 vodíkových autobusů, celkový nájezd 800 000 km/rok, spotřeba 10kg/100 km = **potřeba 80 000 kg H₂/rok**)
 - Varianta 2030 – potřeba vodíku v MSK dle „odvážného“ odhadu podle NAP pro čistou mobilitu 2030 (62 vodíkových autobusů, celkový nájezd 4 960 000 km/rok, spotřeba 10kg/100 km = **potřeba 496 000 kg H₂/rok**+ 3 200 osobních aut, nájezd 48 000 000 km/rok, spotřeba 1kg/100km=**potřeba 480 000 kg H₂/rok**, CELKEM potřeba za autobusy i osobní auta = **celkem potřeba 976 000 kg H₂/rok**)
- Dimenzování potřeby H₂ pro dopravu v obou variantách je nutno chápat jako minimální pro 100% pokrytí odhadované potřeby. Výroba může být v návaznosti na navržené SMR a počty modulů vyšší, aby byl maximálně využit dostupný výkon SMR a H₂ bude využit v návaznosti na infrastrukturu (ukládání, plnicí stanice,)

Základem níže uvedené bilance tepla, jsou souhrnná data z Výroční zprávy ETZ z roku 2019 (jako výchozí rok 2017):

UKAZATEL	JEDNOTKA	2015	2016	2017	2018	2019
VÝROBA						
Pára	GJ	11 751 457	11 287 385	11 516 078	11 078 446	11 037 986
Elektrická energie	MWh	679 582	637 061	674 627	603 960	621 162
Horká voda	GJ	1 115 273	1 180 152	1 195 801	1 115 705	1 069 520
Teplá voda	GJ	601 540	633 704	652 740	590 050	565 937
Dmýchaný vzduch	m ³ n10 ³	2 248 653	2 268 548	2 204 216	2 221 272	2 153 892
Stlačený vzduch	m ³ n10 ³	881 880	866 688	857 654	878 375	856 443
Průmyslová voda	m ³ 10 ³	43 817	44 405	44 736	45 596	44 260
Celková vlastní výroba (přepočet na společnou jednotku)	TJ	27 582	26 579	27 195	25 741	25 700

Variantní řešení náhrady zdrojů TŽ Třinec pro krytí technologických potřeb tepla, včetně celkové bilance pro komunální teplo do SCZT a pro krytí potřeby vodíku v TŽ a v dílčím modelu autobusové dopravy ukazuje následující Bilance tepla k dimenzování modulů SMR:

Bilance tepla pro vycházející z dat roku 2017:	Varianta 1 - dílčí model (2024)	Varianta 2 – komplexní model (2030)	Doplňující informace
Technologické procesy TŽ – teplo (GJ)	23 018 119	23 018 119	Zahrnuje veškeré technologické teplo pro TŽ (pára, horká a teplá voda, dmýchaný vzduch, stlačený vzduch, průmyslová voda v GJ v kontextu s výše uvedenou tabulkou. Alternativně by toto teplo z vysokoteplotního SMR mohl doplňovat přebytečný vodík, neuplatněný v procesech uvedených níže.
Dodávku tepla do SCZT Třinec (GJ)	1 750 165	1 750 165	Zachován údaj podle roku 2017.
Výrobu vodíku (GJ) pro autobusy	10 118	62 734	Varianta 2024: potřeba 80 000 kg H ₂ /rok Varianta 2030: potřeba 496 000 kg H ₂ /rok
Výrobu vodíku (GJ) pro osobní automobily	xx	60 710	Varianta 2030: potřeba 480 000 kg H ₂ /rok
Výrobu vodíku pro TŽ (GJ)	xx	1 000 000	Jako redukční činidlo při výrobě oceli (odhad) Potřeba 14 220 000 kg H ₂ /rok
Dodávka elektřiny pro TŽ (GJ)	2 426 716	3 693 680	V roce 2024: 674 627 MWh vyrobených plus mimo to nákup 352 216 MWh. V roce 2030: 1 026 843 MWh zajištěno ze zdrojů SMR = 674 627 MWh vyrobených + 352 216 MWh dříve nakupovaných
Celková potřeba tepla (GJ)	27 205 118	29 585 408	

Výběr typu SMR

Přehledový dokument Mezinárodní agentury pro atomovou energii (dále MAAE) uvádí, že v době vydání dokumentu (tj. v roce 2018) bylo v různých fázích vývoje celkem 55 typů SMR, (v roce 2020 se již jedná o více než 70 typů), z nich se jako optimální jeví:

- vysokoteplotní plynem chlazené tepelné reaktory (HTGR); jako modelový příklad je uveden

Název projektu	Varianta 2024: HTR-PM	Varianta 2030: HTR-PM	Doplňující informace
Výkon [MWt/MWe]	3x250 / 1x210	4x250 / 2x210	Zbývající elektřina pro variantu 2024 bude nakoupena.
Životnost [rok]	40	40	
Rozloha [m ²]	-	-	
Teplota na výstupu z aktivní zóny [°C]	750	750	
Palivo	UO ₂ s obohacením < 4,95 %	UO ₂ s obohacením < 4,95 %	
Získané teplo včetně tepla v elektřině (GJ)	28 287 496	40 270 791	U varianty 2024 včetně nákupu elektřiny.
Stádium vývoje	Vysokoteplotní reaktory typu HTGR Ve výstavbě v lokalitě Shidaowan.		

Hlavním požadavkem na zdroje se SMR je v lokalitě Třinec pokrytí potřeby pro vytápění objektů napojených na SCZT Třinec a potřebném rozsahu také technologickým teplem a elektřinou pro Třinecké železářny. Vybrané projekty SMR nabízejí možnost kogenerace tepla a elektrické energie a výrobu vodíku a produkci páry pro průmysl. Vzhledem k vybrané modelové lokalitě má smysl využití přebytečného tepla pro výrobu elektrické energie a pro výrobu vodíku, který je možný produkovat několika způsoby. Vyrobený vodík může být využit pro dekarbonizaci městské hromadné dopravy, např. v Třinci a Ostravě (resp. také v Karviné a Havířově, apod.), která již zveřejnila svůj záměr přechodu městské hromadné dopravy na vodíková paliva. Další využití vodíku může být při výrobě oceli (jako přídavné palivo a také redukční činidlo). Vyloučena není ani kombinace se skladováním vodíku k produkci elektrické energie nebo k distribuci dalším zákazníkům. Volba konkrétního způsobu výroby a využití vodíku by měla být předmětem podrobnější technickoekonomické studie, která se vypořádá s dnes známými překážkami při uplatnění vysokoteplotní formy získávání vodíku.

Vzhledem k tomu, že zejména v případě varianty 2030 dojde k úplné náhradě uhlí, bude navržené řešení nízkoemisní.

Seznam zkratek

Název	Význam
ASEK	Aktualizace Státní energetické koncepce ČR
a.s.	Akciová společnost
BAT	Best available technology (Nejlepší dostupná technologie)
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BWR	Boiling Water Reactor (Varný reaktor)
CAPEX	Capital expenditures (Kapitálové náklady)
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine (Plynová turbína s kombinovaným cyklem)
CCS	Carbon Capture and Storage (zachycování a ukládání oxidu uhličitého)
CNSC	Canadian Nuclear Safety Commission (Kanadská komise pro jadernou bezpečnost)
ČEPS	Akciová společnost ČEPS působí na území České republiky jako výhradní provozovatel přenosové soustavy (elektrická vedení 400 kV a 220 kV) na základě licence na přenos elektřiny udělené Energetickým regulačním úřadem podle energetického zákona.
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSAD	Česká autobusová doprava
ČSN	Česká technická norma
ČSÚ	Český statistický úřad
CÚ	Cenová úroveň
DiD	Defence in Depth (ochrana do hloubky)
DO	Dotčené osoby
DOE	U.S. Department of Energy (Ministerstvo energetiky USA)
DPO	Dopravní Podnik Ostrava, a. s.
DRI	Direct reduction of Iron (přímá redukce železa)
EBL	Budoucí Jaderná elektrárna Blahutovice
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
EIA	Environmental Impact Assessment (Vyhodnocení vlivů na životní prostředí)
EK	Evropská komise
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group (skupina evropských orgánů dozoru nad jadernou bezpečností)
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity (Evropská síť provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav)
ENTSO-G	European Network of Transmission System Operators for Gas (Evropská síť provozovatelů přepravních soustav zemního plynu)
EPC	Engineering, Procurement a Construction (smlouvy zahrnující inženýring, obstarání materiálů a zařízení a výstavbu)
EPH	Energetický a Průmyslový Holding, a. s.
EPRI	Electric Power Research Institute (Výzkumný ústav elektrické energie -americká nezávislá výzkumná organizace)

Název	Význam
EPZ	Emergency Planning Zone (zóna havarijního plánování)
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES ČR	Elektrizační soustava České republiky
ESNII	The European Sustainable Nuclear Industrial Initiative (Evropská iniciativa pro udržitelný jaderný průmysl)
EU	Evropská unie
EUR / €	Měna Evropské Unie
EUR	European Utility Requirements (Požadavky evropských provozovatelů JZ)
EURATOM	European Atomic Energy Community (Evropské společenství pro atomovou energii)
FC	Fuel Cell (palivový článek]
FOAK	First of a kind (první svého druhu)
FR	Fast Reactor (Rychlý reaktor)
G	Generátor
GCFR	Gass Cooled Fast Reactors (Plynem chlazené rychlé reaktory)
GDA	Generic Design Assessment (typové posouzení projektu)
H2T	Vodíková technologie
H.E.	Hustota energie
HTGR	High-Temperature Gas Cooled Reactor (Vysokoteplotní plynem chlazený reaktor)
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CHLÚ	Chráněná ložisková území
CHOPAV	Chráněná oblast přirozené akumulace vod
IČ	Identifikační číslo organizace (fyzické osoby / právnické osoby)
IEA	International Energy Agency (Mezinárodní energetická agentura)
IG průzkum	Inženýrskogeologický průzkum
INPRO	International Project on Innovative Nuclear Reactors (Mezinárodní projekt inovativních jaderných reaktorů)
IPWR	Integral Pressurized Water Reactors (Integrované tlakovodní reaktory)
J1	Varianta jaderného scénáře se zdrojem malé modulární reaktory
J2	Varianta jaderného scénáře se zdrojem Budoucí Jaderná elektrárna Blahutovice
J3	Varianta jaderného scénáře se zdrojem malé modulární reaktory a následně Budoucí Jaderná elektrárna Blahutovice
JE	Jaderná elektrárna
JZ	Jaderné zařízení
K	Kondenzátor
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LCOE	Levelized Cost of Electricity (Vyrovnané náklady na elektřinu)
LMFR	Liquid Metal Fast Reactor (Tekutými kovy chlazený reaktor)
LNG	Liquid Natural Gas (Kapalný zemní plyn)
LWR	Light Water Reactor (Lehkodvodní reaktor)
MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii

Název	Význam
MAF CZ	Mid-term Adequacy Forecast of the Czech Republic (Prognóza střednědobé přiměřenosti České republiky)
MEC	Moravskoslezské energetické centrum
MHD	Městská hromadná doprava
M.O.	Měrný objem
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MSK	Moravskoslezský kraj
MSR	Molten Salt Reactors (Reaktor s roztavenými solemi)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NACE	Mezinárodní klasifikace ekonomických činností v rámci EU
NAP	Národní akční plán
NC2I	The European Nuclear Cogeneration Industrial Initiative (Evropská průmyslová iniciativa pro jadernou kogeneraci)
NČ	Napájecí čerpadlo
NI	Nuclear Island (jaderný ostrov, část elektrárny v kontrolovaném režimu)
NJZ	Nový jaderný zdroj
NOAK	Nth of a kind (N-tý svého druhu)
NP	Národní park
NPV	Net Present Value (Čistá současná hodnota)
NRC	Nuclear Regulatory Commission (Americký jaderný dozor)
NUGENIA	The Nuclear Generation II & III Alliance (Mezinárodní asociace v rámci platformy SNETP pro podporu bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity provozování jaderných elektráren 2. a 3. generace)
ODIS	Integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje
O/K/F-M	Ostravsko / Karvinsko / Frýdecko-Místecko
ONR	Office for Nuclear Regulation (Jaderný dozor Velké Británie)
OTV	Ohřívák topné vody
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PAH	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PEM	Protonová membrána
PEST	Analýza politických, ekonomických, sociálních a technologických faktorů
PG	Parogenerátor
PM	Parts per milion (miliontina; počet částic v milionu) (např.: PM _{2,5} ; PM ₁₀)
PP	Separátor (přihřívák páry)
PPA	Power Purchasing Agreement (dohoda mezi dodavatelem elektřiny a spotřebitelem, podle které dodavatel elektřiny dodá dohodnuté množství elektřiny odběrateli)
PPP	Public Private Partnership (partnerství veřejného a soukromého sektoru)
PpS	Podpůrné služby pro elektroenergetickou přenosovou / distribuční soustavu
PS	Přenosová soustava
PÚR	Politika územního rozvoje
PWR	Pressurized Water Reactor (Tlakodnní reaktor)

Název	Význam
Q100	Záplavové území, které je zaplavováno s pravděpodobností opakování jednou za 100 let
R	Reaktor
ŘLP ČR	Řízení letového provozu České republiky
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SCZT	Soustava centrálního zásobování teplem
SEA	Strategic Environmental Assessment (Strategické posuzování vlivů na životní prostředí)
SEK	Státní energetická koncepce České republiky
SMO	Městská akciová společnost Orlová
SMR	Small Modular Reactor (Malý modulární reaktor)
SNETP	Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (Technologická platforma pro udržitelnou jadernou energetiku)
SoD	Smlouva o dílo
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SWOT	Analýza sloužící k určení silných stránek, slabých stránek, příležitostí a hrozeb
SŽ	Správa železnic
S&P	Standard and Poor's
TAČR	Technologická agentura České republiky
TG	Turbogenerátor
TI	Turbine Island (turbínový ostrov, strojovna elektrárny)
TRI	Třinec
TRISO	Tristructural-isotropic (druh jaderného paliva)
TUV	Teplá užitková voda
TZL	Tuhé znečišťující látky
TŽ	Třinecké železářny, a. s.
ÚEK	Územní energetická koncepce
UK	Uhelná komise
ÚP	Územní plán
URD	Utility Requirements Document (Požadavky provozovatelů zpracované EPRI)
USA	Spojené státy americké
USD / \$	Severoamerická peněžní měna
WANO	World Association Of Nuclear Operators (světové sdružení provozovatelů JE)
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association (Společenství představitelů dozorných orgánů všech členských zemí EU s JE a Švýcarska)
ZBZ	Zadávací bezpečnostní zpráva
ZPF	Zemědělský půdní fond
ZÚR	Zásady územního rozvoje
ZZVZ	Zákon o zadávání veřejných zakázek

Seznam pojmů

Pojem	Vysvětlení
Basic Design	Definuje základní technickou koncepci díla, rozsah dodávky ve vazbě na konkrétní podmínky projektu a technické a kvalitativní požadavky na zařízení.
Bytový sektor	Pod bytovým sektorem se rozumí bytové jednotky umístěné v bytových a rodinných domech.
Citlivostní analýzy	V této Studii využíváno jako vyjádření závislosti výnosnosti projektu na vybraném parametru – provedené citlivostní analýzy zkoumají závislost NPV projektu na vybraném parametru v cenové úrovni roku 2017 (s výjimkou úrokové sazby investičního úvěru a diskontní sazby, které jsou na volbě roku cenové úrovně nezávislé).
Contract for Difference	„Rozdílová smlouva“ – záruka úhrady rozdílu mezi skutečnou tržní cenou dosaženou obchodníkem při prodeji energie vyrobené v předmětném zařízení a stanovenou referenční cenou.
Čistá současná hodnota	Čistá současná hodnota (zkráceně ČSH nebo NPV z anglického <i>net present value</i>) je finanční veličina vyjadřující celkovou současnou (tj. diskontovanou) hodnotu všech peněžních toků souvisejících s investičním projektem (celkový zisk (ztrátu) projektu za sledovanou dobu respektující rozdíl mezi hodnotou peněz investora/provozovatele v zadaném roce (obvykle roce uvedení projektu do provozu) a hodnotou, kterou investor/provozovatel s přihlédnutím ke svým jiným podnikatelským možnostem přisuzuje penězům v jednotlivých letech, v nichž jsou výdaje na pořízení či provoz projektu vydávány a příjmy z provozu projektu realizovány).
Detailed Design	Definuje stavební řešení a jeho prvky, výběr a dimenzování komponent a zařízení a podrobné umístění, vazby, řešení případných kolizí apod.
Diskontní sazba	Veličina vyjadřující investorem (vlastníkem) uvažovanou nejnižší přípustnou míru výnosnosti jeho vlastních finančních prostředků v % (investice s nižší mírou výnosnosti, než je investorem stanovená diskontní sazba nejsou investorem (vlastníkem) považovány za ekonomicky výhodné, své finanční prostředky je investor (vlastník) schopen zhodnotit jiným výhodnějším projektem).
Diskontované finanční toky	Čistá současná hodnota finančních toků (příjmů - výdajů) investora (vlastníka) v daném roce vztažená k roku uvedení prvního bloku jaderné elektrárny s odběrem tepla se SMR do provozu.
Diskontované kumulované finanční toky	Součet diskontovaných finančních toků v jednotlivých letech výstavby a provozu za období od počátku výstavby do sledovaného roku.
Dotčené osoby	Fyzické a právnické osoby a orgány státní správy dotčené realizací jaderného scénáře
Elektrárna	Technologické zařízení sloužící k výrobě elektrické energie.
Emise	V souvislosti se znečištěním ovzduší jsou tím míněny látky emitované, tedy vyslané ven do okolního prostředí z komínů elektráren, továren nebo z výfuků automobilů.
Finanční toky investora – provozovatele	Peněžní vyjádření nákladů vynakládaných investorem (vlastníkem) na pořízení teplárny (včetně nákladů na splátky úvěrů) a následný provoz teplárny z vlastních zdrojů v daném roce a příjmů investora (vlastníka) z prodeje elektrické energie, tepla a podpůrných služeb v daném roce.

Pojem	Vysvětlení
Horkovod	K přepravě horké vody jsou zapotřebí oběhová čerpadla, která jsou zpravidla umístěna ve výrobě (teplárně). Tlak vody dosahuje až 2,5 MPa. Voda je ohřívána maximálně na 180 °C a distribuována tepelně izolovanými horkovody buď přímo k odběratelům, nebo do předávacích stanic. Voda, která již předala své teplo, se vrací zpět do teplárny, kde se opět ohřeje a celý cyklus se opakuje. Horkovodní SCZT mají roční průměrné ztráty kolem 8 %.
Hrubá přidaná hodnota	Představuje nově vytvořenou hodnotu, kterou získávají institucionální jednotky z používání svých výrobních kapacit. Je stanovena jako rozdíl mezi celkovou produkcí, oceněnou v základních cenách a mezi spotřebou, oceněnou v kupních cenách. Počítá se za odvětví nebo za institucionální sektory / sub-sektory. Souhrn hrubé přidané hodnoty za všechna odvětví v národním hospodářství nebo za všechny institucionální sektory /sub-sektory plus čisté daně z produktů představuje Hrubý domácí produkt.
Imise	Imise vyjadřují koncentrace škodlivin, tedy obsah škodliviny v určitém objemu (například obsah polétavého prachu v 1 m ³ vzduchu), působících uvnitř sledovaného území. Pozn.: Imisní limit je hodnota nejvýše přípustné úrovně znečištění ovzduší vyjádřená v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu při normální teplotě a tlaku.
Inflační koeficient	Veličina vyjadřující meziroční nárůst (pokles) hodnoty daného parametru proti předcházejícímu roku v %.
Inherentní bezpečnost	Specifická vlastnost technických zařízení, která je dána fyzikálními zákony a vlastnostmi, tj. nikoli lidskými opatřeními.
Jaderná bezpečnost	Stav a schopnost JZ a fyzických osob obsluhujících JZ zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo úniku radioaktivních látek anebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezit následky nehod.
Jaderné zařízení	<ol style="list-style-type: none"> 1) stavba nebo provozní celek, jehož součástí je jaderný reaktor využívající štěpnou řetězovou reakci nebo jinou řetězovou jadernou reakci, 2) sklad vyhořelého jaderného paliva, 3) sklad čerstvého jaderného paliva, pokud není součástí jiného JZ, 4) obohacovací závod, závod na výrobu jaderného paliva nebo závod na přepracování vyhořelého jaderného paliva, 5) sklad radioaktivního odpadu, s výjimkou zařízení pro skladování radioaktivních odpadů, které je součástí jiného JZ nebo jiného pracoviště, kde se vykonává radiační činnost, 6) úložiště radioaktivního odpadu, s výjimkou úložiště obsahujícího výlučně přírodní radioaktivní látky.
Kelvin	Kelvin [K] je jednotkou termodynamické teploty a také vhodnou ^[1] jednotkou teplotního rozdílu, stejně velkou, jako je stupeň Celsia – na rozdíl od něj se užívá i v jednotkách odvozených, jako W/(m·K) ^[2] . Může mít též předponu , jako <i>mili</i> v jednotce mK. Rozdíl teplot jeden stupeň v Celsiově i Kelvinově stupnici je stejný, 1 K \cong 1 °C. Stupnice však mají různé počátky: 0 °C odpovídá 273,15 K. Kelvinovu stupnici měření teplot navrhl skotský matematik a fyzik William Thomson, který byl za své výrazné vědecké úspěchy povýšen do šlechtického stavu pod jménem lord Kelvin. Kelvin je jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI .
Koeficient využití	Poměr skutečně vyrobeného množství energie a maximálně možného množství energie, které by mohlo být vyrobeno daným zařízením (blokem) za rok.

Pojem	Vysvětlení
Koncepční design	Koncepční projekt je zpravidla zpracován pro vybranou variantu technického řešení v členění na funkční technologické celky a stavební objekty. Rozsah a hloubka zpracování dokumentace Koncepčního projektu se vždy sjednávají na míru podmínkám a možnostem konkrétní akce.
Kotelna	Stavba s technologickým zařízením sloužícím k výrobě tepelné energie/tepla pro vytápění ve formě teplé/horké vody, nebo páry. Někdy se používá termín výtopna.
Kumulované finanční toky	Součet finančních toků investora –provozovatele (viz definice výše) od prvního roku hodnoceného období do sledovaného roku.
LCOE (Levelized Cost of Energy)	Náklady, při nichž je současná hodnota součtu diskontovaných výnosů projektu v jednotlivých letech rovna současné hodnotě součtu diskontovaných nákladů projektu v jednotlivých letech
Modularita	Schopnost umožnit výstavbu s možností vzájemného propojení dalších energetických jednotek/bloků na stejném místě (tím je mimo jiné umožněno zvyšování instalovaného výkonu zdroje). Tyto moduly/bloky mohou být v podstatě identické. Každý takový modul může pracovat nezávisle na ostatních modulech. Někdy se pojem modulární interpretuje jako zařízení, které může být zhotovováno ve výrobním závodu jako jeden celek a následně dopravováno po částech (modulech) a instalováno na vybrané lokalitě do výsledného výrobního modulu (bloku).
Náklady na generální opravy	Náklady na obnovu zařízení
Náklady na jaderné palivo	Náklady na první vsázky bloků a náklady na výměnu části paliva v průběhu provozu bloků.
Nevýrobní sektor	Nevýrobní sektor zahrnuje obchody, služby, zdravotnictví, veřejnou správu a školství.
Nosič energie	Vodík není klasické palivo, ale energetický vektor neboli nosič energie; v praxi to znamená, že jej nelze levně a energeticky efektivně těžit (už proto, že se vodík v elementární formě na zemi prakticky nevyskytuje) a využívat k produkci primární energie, ale naopak jej musíme pracně a s nemalými ztrátami energie vyrábět.
Ochrana do hloubky	Způsob ochrany založený na několika nezávislých úrovních stupňovitě bránících vzniku možnosti ozáření pracovníků a obyvatelstva, šíření ionizujícího záření a úniku radioaktivních látek do životního prostředí.
Ostatní provozní náklady	Veškeré provozní náklady (údržba a opravy mimo generálních oprav, personální náklady, provozní hmoty, voda, režijní náklady, pojištění, likvidace radioaktivních odpadů, uložení vyhořelého jaderného paliva, příspěvek na likvidaci teplárny po uplynutí její životnosti) s výjimkou nákladů na jaderné palivo.
Overnight cost	Náklady na projekt, přípravu a realizaci projektu, které by byly vynaloženy při nulovém úroku během výstavby (jako by byla příprava a realizace projektu dokončena přes noc).
Palivová kampaň	Doba, po kterou je jaderné palivo v reaktoru, včetně doby nutné pro výměnu paliva a provedení souvisejících údržbových prací.
Parní rozvod/parovod	Teplota páry v parovodech pro SCZT je maximálně 240 °C a tlak dosahuje až 1,8 MPa. Parovody jsou, stejně jako ostatní dopravníky tepla, tepelně izolované, aby se ztráty tepla snížily na minimum.

Pojem	Vysvětlení
Pasivní prvek/systém	Prvek/systém, jehož funkce nevyžaduje aktivaci, mechanický pohon nebo dodávku média nebo energie z jiného systému.
Poskytovatel	Smluvní partner, který vypracoval tuto Studii, na základě smlouvy s Objednatelem této Studie.
Prakticky vyloučená skutečnost	Podmínka, stav nebo událost, jejichž výskyt je považován za fyzikálně nemožný, nebo které jsou s vysokým stupněm věrohodnosti velmi nepravděpodobné.
Radiační mimořádná událost	Událost, která vede nebo může vést k překročení limitů ozáření a která vyžaduje opatření, jež by zabránila jejich překročení nebo zhoršování situace z pohledu zajištění radiační ochrany.
Radiační ochrana	Systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzické osoby a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření.
Reaktor-rok	Období jednoho roku, během kterého byl jeden reaktor v provozu.
Soustava SI	Soustava SI (zkratka z francouzského „ <i>Le Système International d'Unités</i> “ ¹¹ – česky „ <i>Mezinárodní systém jednotek</i> “) je mezinárodně domluvená soustava jednotek fyzikálních veličin (čas, délka, hmotnost, elektrický proud, termodynamická teplota, látkové množství, svítivost), která se skládá ze sedmi základních jednotek (Sekunda, Metr, Kilogram, Ampér, Kelvin, Mol, Kandela), na nich aritmeticky závisících odvozených jednotek a dekadickými předponami tvořených násobků a dílů jednotek. Definice těchto jednotek a uchování případných etalonů garantuje Mezinárodní úřad pro míry a váhy v Sèvres (Francie) .
Teplárna	Technologické zařízení sloužící k výrobě tepla a elektrické energie. Teplo je dodáváno ve formě teplé/horké vody, nebo páry pro potřeby bytového, nevýrobního sektoru a průmyslu. V kontextu této Studie se teplárnou rozumí zařízení k výrobě tepla a elektrické energie vybavené parní turbínou s regulovaným odběrem tepla umožňující plně kondenzační provoz. Dodávka tepla se uskutečňuje prostřednictvím regulovaného odběru parní turbíny.
Teplovod	Voda v teplovodech dosahuje teplotu maximálně 110 °C a tlak 1,6 MPa. V některých případech je teplota snížena na 95 °C a tlak na 0,6 MPa. To umožňuje přímé napojení spotřebitelských zařízení bez nutnosti využívat předávací stanice.
Těžká havárie	Havarijní podmínky, při kterých dochází k vážnému poškození jaderného paliva, a to nezvratnou ztrátou struktury aktivní zóny jaderného reaktoru nebo systému pro skladování jaderného paliva v důsledku tavení jaderného paliva.
Výtopna	Stavba s technologickým zařízením sloužící k výrobě tepelné energie/tepla pro vytápění ve formě teplé/horké vody, nebo páry. V současné době se častěji používá termín kotelna.
Zadní část palivového cyklu	Část životního cyklu jaderného paliva od jeho vyvezení z jaderného reaktoru až po jeho přepracování nebo uložení.

Seznam značek fyzikálních veličin a chemických sloučenin, a jejich jednotek

Název	Význam
BTU	British Thermal Unit (Britská tepelná jednotka – jednotka práce/energie)
CaO	Kysličník vápenatý
CaCO ₃	Uhličitan vápenatý
CO	Kysličník uhelnatý
CO ₂	Kysličník uhličitý
D ₂ O	Těžká voda (Oxid Deuteria)
EJ	Exajoule (10 ¹⁸ J)
¹ H	Isotop vodíku Procium
² H / D	Isotop vodíku Deuterium
³ H	Isotop vodíku Tricium/tritium (radioaktivní isotop vodíku)
H ₂ O	Běžná Voda
f	Frekvence
GJ	Gigajoule (10 ⁶ J)
GWe	Gigawatt elektrický
GWh	Gigawatthodina (10 ⁹ Wh)
K	Kelvin je jednotkou termodynamické teploty a také vhodnou jednotkou teplotního rozdílu, stejně velkou, jako je stupeň Celsia (viz Seznam pojmů)
kV	KiloVolt (10 ³ V)
kWt	Kilowatt tepelný
MPa	Megapascal (10 ⁶ Pa)
MW	Megawatt (10 ⁶ W)
MW _e	Megawatt elektrický (10 ⁶ W)
MWh	Megawatthodina (10 ⁶ Wh)
MW _t	Megawatt tepelný (10 ⁶ W)
NO _x	Oxidy dusíku
P	Činný výkon
P _{el}	Elektrický výkon zdroje (MWe)
PJ	Petajoule (10 ¹² WJ)
PyC	Pyrolytický uhlík
Q	Dodávka tepla (MWh, GJ)
Q _{dod}	Dodávaný tepelný výkon (MWt)
S	Zdánlivý výkon
SiC	Karbid křemíku
SO ₂	Kysličník siřičitý
TJ	Terajoule (10 ⁹ J)
TW	Terawatt (10 ¹² W)
TWh	Terawatthodina (10 ¹² Wh)
U	Napětí

Název	Význam
UO ₂	Oxid uraničitý
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí

Seznam použité literatury

Č.	Název
[1]	Příhláška Projektu „Výzkum potenciálu využití vodíkových technologií pro transformaci energetického mixu Moravskoslezského kraje, nízkouhlíkové energetiky a rozvoj nízkoemisní dopravy“ PID: TK02010187 zařazený v rámci 2. veřejné soutěže Programu na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací THÉTA TAČR, Podprogram 1 - Výzkum ve veřejném zájmu řešený v období 05/2019 – 04/2022 Hlavní příjemce: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
[2]	Státní energetická koncepce České republiky, Praha 2014; aktualizovaná SEK schválená vládou ČR 18. 5. 2015.
[3]	Platná Územní energetická koncepce Moravskoslezského kraje na období 2020-2044; ENVIROS, s.r.o., Březen 2020
[4]	Dopadová studie odchodu od energetického spalování uhlí v Moravskoslezském kraji; 11/2020; Moravskoslezské energetické centrum, příspěvková organizace Ostrava
[5]	„Teplárenství – současné a budoucí problémy a řešení“, prezentace od Teplárenského sdružení, Ing. Martin Hájek, Ph.D., 4/10/2017, Praha, klub Violino, www.tscr.cz
[6]	Je to bezpečné? (Dovážet, nebo vyrábět?), prezentace od EPH, Ing. Jiří Feist, Konference EGÚ Brno, 23. 9. 2020
[7]	„Energetická soběstačnost efektivně“, prezentace od ČEZ, Ing. Pavel Cyrani, Konference EGÚ Brno, 23. 9. 2020
[8]	„Vyvážet nebo dovážet – odkud?“, prezentace od ČEPS, Ing. Martin Durčák, Konference EGÚ Brno, 23. 9. 2020
[9]	„Role plynu v přechodu ke klimatické neutralitě do roku 2050“, prezentace MŽP, Pavel Zámyslický, Konference EGÚ Brno, 23. 9. 2020
[10]	„Zelený vodík se stane konkurenceschopným, až náklady na výrobu klesnou o více než polovinu“, Jan Moravec, 24. listopad 2020, 07:18
[11]	How Hydrogen Can Fuel The Energy Transition,
[12]	Čína vyrábí nejlevnější elektrolyzéry. EU se soustředí na zařízení, která jsou výhodná pro dekarbonizaci; 3. 9. 2020 autor: Jana Červinková zdroj: oenergetice.cz
[13]	Jak může vodík podporovat přechod energie na bezemisní formu; COMMENTS;19 Nov, 2020 16:53; Canada, EMEA, USA, Latin America, APAC, APAC; https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/201119-how-hydrogen-can-fuel-the-energy-transition-11740867
[14]	Vodíkové hospodářství; Zveřejněno: 25. leden 2007 Napsal Petr Dlouhý, Luděk Janík; https://www.hytep.cz/cs/vodik/informace-o-vodiku/vodikove-hospodarstvi/654-vodikove-hospodarstvi
[15]	Bezpečnost; stať od Petr Dlouhý, Luděk Janík; 1. červen 2007; https://www.hytep.cz/cs/vodik/informace-o-vodiku/bezpecnost/482-bezpecnost
[16]	Převodní tabulka práce (energie) https://www.converter.cz/prevody/prace.htm

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdělení výroby elektřiny v roce 2016 do krajů	25
Obrázek 2 Ekonomická diskriminace velkých zdrojů na zemní plyn	27
Obrázek 3 Možnost využití energie vodíku v rámci KVET pro SCZT	28
Obrázek 4 Test vznícení vodík versus benzin	34
Obrázek 5 Odhad poptávky po čistém vodíku na základě produkce mezi lety 1975-2018	36
Obrázek 6 Dominantní postavení fosilních paliv pro výrobu vodíku.....	37
Obrázek 7 Ilustrační foto reformingové jednotky	38
Obrázek 8 Ilustrační obrázek nízkoteplotní elektrolytické jednotky	39
Obrázek 9 Schéma Siřičito-jódového termochemického cyklu	40
Obrázek 10 Schéma zapojení SMR GTHTR–300, jednotky pro výrobu vodíku.....	46
Obrázek 11 Spotřeba energie v USA (1776-2018)	48
Obrázek 12 Rozlišení vodíku podle způsobu jeho získání.....	49
Obrázek 13 Integrace OZE klíč k energetické účinnosti pro konkurence-schopnost	51
Obrázek 14 Poptávka po primární energii ve Velké Británii dle palivových zdrojů	51
Obrázek 15 Vývoj nákladů na vodík pro různé vodíkové technologie.....	52
Obrázek 16 Nákladová výhoda produkce H ₂ koreluje s cenami vstupů	53
Obrázek 17 Bude koncepce uhlíkové účinnosti H ₂ a OZE pohánět politiku?.....	54
Obrázek 18 Nákladová čára pro produkci vodíku přes segmenty a oblasti	55
Obrázek 19 Schéma získání vodíku pomocí tepla z jaderné technologie.....	58
Obrázek 20 Schéma závislosti oblasti využití reaktorů na výstupní teplotě chladiva	59

Seznam tabulek

Tab. 1: Energetická bilance Moravskoslezského kraje – spotřební část – 2014.....	24
Tab. 2: Bilance výroby elektřiny podle technologie elektrárny – 2016	25
Tab. 3. Základní chemicko-fyzikální vlastnosti vodíku.....	63
Tab. 4. Plány EU a VB pro vodík.....	71