

Projektová dokumentace pro rozšíření technologie Laboratoře vodíkových technologií (LVT) CEETe VŠB-TUO o zařízení elektrolyzéru typu PEM (Proton Exchange Membrane)

Obsah

1. Minimální parametry dodávaného elektrolyzéro typu PEM	4
1.1 Požadovaný výkon/příkon	4
1.2 Požadovaná kvalita produkovaného H ₂	4
1.2 Požadovaná efektivita zařízení	4
1.3 Flexibilita vyráběného množství H ₂	4
2. Návrh instalace budoucího elektrolyzéro do určených prostor v LVT	5
2.1 Výstup produkovaného vodíku z PEMWE	5
2.2 Vstup inertizačního dusíku	5
2.3 Fyzické umístění v prostoru LVT	6
2.4 Chlazení	6
2.5 Vstup demineralizované vody pro výrobu vodíku	7
2.6 Odvod odpadního kyslíku	7
2.7 Výstup pro odtlačování a odvod odpadního vodíku a inertizačního dusíku	8
2.8 Odvětrání vnitřního prostoru PEMWE	8
2.9 Silový přívod elektrické energie	8
2.10 Signalizace a komunikace s řídicím a bezpečnostním systémem LVT	9
3. Návrh řízení předmětného elektrolyzéro pro provoz ve výrobním i experimentálním režimu	9
3.1 Výrobní režim	9
3.2. Experimentální režim	10
4. Analýza možností využití stávající sušičky H ₂ k sušení vodíku produkovaného předmětným elektrolyzérem PEM	10
5. Certifikovaná analýza rizik pro bezpečný provoz předmětného elektrolyzéro ve stávající laboratoři LVT	12
5.1 Dodané podklady / Použitá literatura / Pojmy a definice	12
5.1.1 Seznam požadovaných podkladů	12
5.1.2 Seznam poskytnutých podkladů	12
5.1.3 Seznam použité literatury	13

5.2 Předmět zpracování - Popis hodnoceného objektu	14
5.2.1 Předmět zpracování	14
5.2.2 Laboratoř vodíkových technologií.....	14
5.2.3 Klasifikace prostorů s nebezpečím výbuchu dle NV č. 406/2004 Sb.	15
5.3 Požárně technické charakteristiky látek	15
5.4 Opatření pro instalaci zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku.....	16
5.5 Analýza rizik - závěr	17
6. Závěr	18

1. Minimální parametry dodávaného elektrolyzéru typu PEM

Předmětem této kapitoly je specifikace parametrů elektrolyzéru typu PEM pro produkci H₂

1.1 Požadovaný výkon/příkon

Dodávaný elektrolyzér musí být schopen produkce H₂ v množství 6 Nm³/h +/- 10%.

Dodávané zařízení musí být schopno produkce H₂ při výstupním tlaku v celém rozsahu 0-30 bar.

Maximální odběr celého dodávaného zařízení nesmí překročit 40kW elektrického příkonu.

1.2 Požadovaná kvalita produkovaného H₂

Dodávané zařízení musí být schopno produkce H₂ v kvalitě odpovídající normě ČSN ISO 14687 (656520). Takovému požadavku vyhovuje PEMWE (Proton Exchange Membrane Water Electrolyser) se sorpční sušičkou a vhodným řešením pro odstranění kyslíku z vodíku pod úroveň 5 ppm. Z důvodu bezpečnosti musí dodavatel zajistit i snížení crossoveru vodíku do kyslíku v anodovém okruhu, tak aby koncentrace kyslíku nepřekročila limity stanovené v analýze rizik.

1.2 Požadovaná efektivita zařízení

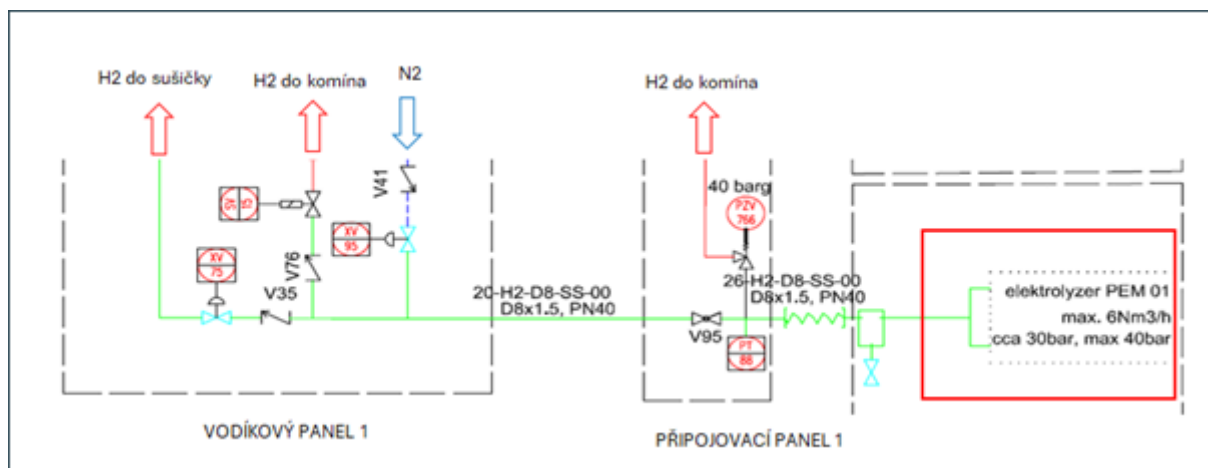
Dodávané zařízení musí operovat s celkovou energetickou účinností 50% nebo lepší.

1.3 Flexibilita vyráběného množství H₂

Zařízení musí umožňovat regulaci výkonu produkce H₂ v rozsahu 10% až 100%. Požadovaná hodnota výstupního výkonu bude zadávána pomocí HMI rozhraní zařízení a duálně prostřednictvím komunikace s řídicím systémem LVT, aby byla umožněna automatická vazba na energetický management budovy integrující OZE. Regulace musí respektovat podmínku minimální požadované energetické účinnosti s maximálním přípustným poklesem o 10%.

2. Návrh instalace budoucího elektrolyzéru do určených prostor v LVT

2.1 Výstup produkovaného vodíku z PEMWE



Výstup vodíku z PEMWE bude připojen na vodíkový panel Panel 1 prostřednictvím připojovacího Panelu 1. Z Panelu 1 je vyrobený vodík odváděn přes sušičku do venkovní zásoby plynů.

Vodík bude jímán v bufferu 2200 litrů (umístěném v objektu venkovní zásoby plynů) při tlaku 20 – 30 bar. Výstup vodíku z PEMWE bude řízen nadřazeným systémem LVT, který PEMWE odstaví v případě dosažení maximálního povoleného tlaku v bufferu. Zpětnému toku vodíku brání zpětný tlakový ventil.

Na výstupu stávající sušičky je regulační tlakový ventil, umožňující nastavení pracovního přetlaku (backpressure) vodíkové produkční sestavy v rozmezí 0-30 bar.

Pro napojení výstupu vodíku z PEMWE je Připojovací panel 1 vybaven flexibilní hadicí se zakončením nátrubkem D8 pro napojení na PEMWE prostřednictvím kompresního šroubení. Toto připojení je dimenzováno PN40, tj. na tlak 40 bar.

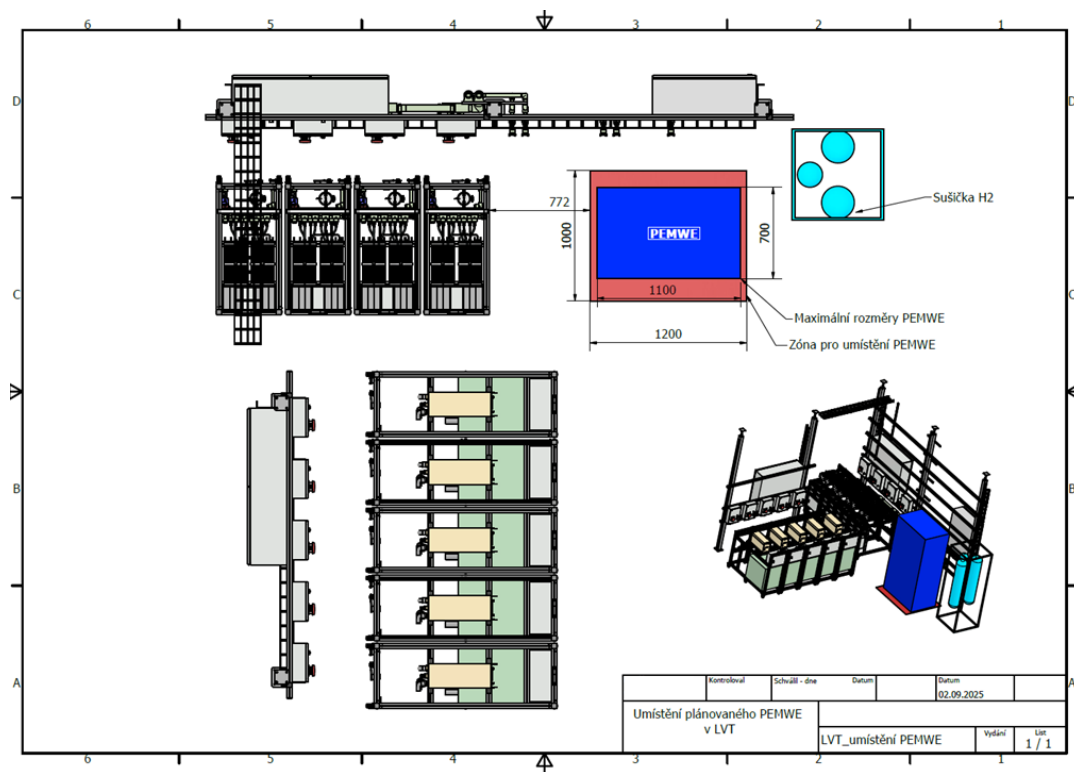
Po připojení PEMWE musí být provedena pneumatická tlaková zkouška v souladu s bodem 9.3.2. normy ČSN EN 13480-5.

2.2 Vstup inertizačního dusíku

Jako inertizační plyn je v LVT využíván dusík o čistotě 5,0. Inertizace výstupního potrubí produkovaného vodíku až po flexibilní napojení hadicí na Připojovacím panelu 1 je již realizováno v rámci stávající instalace a řídicího systému LVT. Pro servisní inertizaci PEMWE je k dispozici výstup dusíku na vstupním

plynovém panelu LVT s nastavitelným tlakem do 5 bar. Vlastní napojení bude realizováno dle konkrétního provedení PEMWE, přičemž je preferováno napojení z prostoru Připojovacího panelu 1 flexibilním přívodem s rozebíratelným napojením na PEMWE.

2.3 Fyzické umístění v prostoru LVT



V souladu se schematem „LVT_rozmístění_techologii_v05_01“ z dokumentace LVT bude PEMWE umístěn ve zóně 1000 x 1200 mm. Samotný rozměr budoucího PEMWE by pro daný výkon neměl překročit 1100 x 700 mm. Důvodem tohoto omezení je zajištění dostatečného bezpečného manipulačního prostoru kolem PEMWE i v případě jeho rozšíření na vyšší kapacitu.

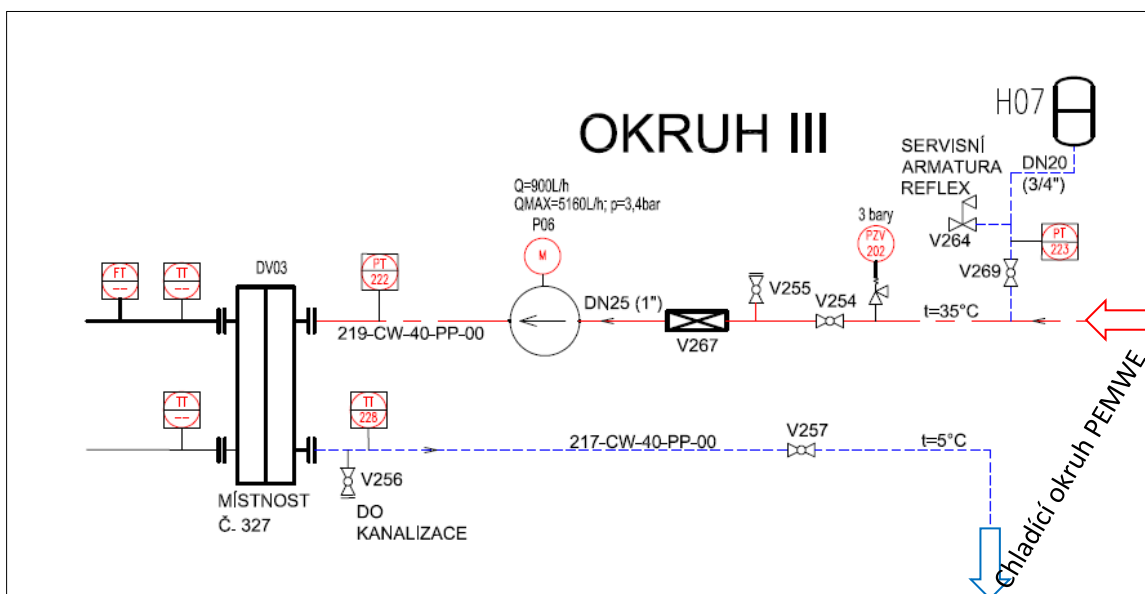
Přípustné maximální zatížení podlahy laboratoře je v místě instalace stanoveno na 1000kg/m² a nesmí být překročeno.

PEMWE bude instalován jako samostatný mechanický celek, a to v provedení umožňujícím veškeré provozní a servisní manipulace stávajícího vybavení LVT bez omezení. Preferováno je provedení umožňující odpojení a dočasný limitovaný přesun/posun celé sestavy v rámci LVT pro případ nutnosti rozsáhlejších úprav na technologiích LVT v budoucnu.

2.4 Chlazení

K chlazení PEM elektrolyzáru slouží „okruh demi vody III“, což je uzavřený okruh chladicí vody, který. Se skládá z oběhového čerpadla P06, expanzní nádoby H07, deskového výměníku DV03 a vlastního

PEM Elektrolyzáru. Součástí okruhu jsou dále potrubní rozvody prvky měření a regulace včetně kalorimetrického měření produkovaného tepla. Pracovní teplota v okruhu III je 24/20 °C. Teplota 20 °C je řízena deskovým výměníkem DV03 z řídicího systému pro Odvod tepla z okruhů elektrolyzáru. Teplota 24 °C není přímo řízena a její přesná hodnota je dána zatížením Elektrolyzáru a nastavením vyvažovacích ventilů. Tlak v okruhu je udržován pomocí expanzní nádoby. PEM Elektrolyzéry mají maximální tlakovou ztrátu až 4 bar. Proti překročení tlaku v okruhu je instalován pojistný ventil.



Pro budoucí elektrolyzáru PEM musí být splněna kompatibilita chladicího okruhu s demi vodou, tj. musí být použity pouze materiály, které jsou odolné proti vymývání iontů. Povolena max. tlaková ztráta je 4 bary. Chladicí okruh se připojuje vstupní a výstupní hadicí 850 mm 3/4" přes bajonet. gea s trnem hadice 3-4 na Připojovacím panelu 1. Napojení na PEMWE bude realizováno flexibilními hadicemi vhodného provedení.

2.5 Vstup demineralizované vody pro výrobu vodíku

Jako vstupní surovina pro výrobu vodíku elektrolyzérem PEM je v LVT k dispozici demineralizovaná voda o zaručené vodivosti menší než 1 uS/cm produkovaná aparaturou reverzní osmózy s iontovou pastí. Trvale je k dispozici zásoba 50l pod pracovním tlakem 5bar. Výstupní armatura je umístěna na Připojovacím panelu 1 v provedení PPR DN20. Napojení na PEMWE bude realizováno flexibilní hadicí vhodného provedení.

2.6 Odvod odpadního kyslíku

Pro odvod odpadního kyslíku z PEMWE je na Připojovacím panelu 1 k dispozici nerezové potrubí D20 zakončené uzavíracím ventilem s přírubovým napojením. Toto potrubí zajišťuje beztlaký odvod kyslíku přes odplynovací část nádrže elektrolytového okruhu AEM elektrolyzérů v technologické místnosti m.327 do bezpečného zaústění do atmosféry v nadstřešním prostoru budovy. Napojení z PEMWE na Připojovací panel 1 bude realizováno flexibilní hadicí vhodného provedení.

2.7 Výstup pro odtlakování a odvod odpadního vodíku a inertizačního dusíku

Pro účely odvodu vodíku, případně inertizačního dusíku a jejich směsí (výstupy pojišťovacích ventilů, odplyn při odkalování, vypouštění po inertizaci a podobně) je na Připojovacím panelu 1 k dispozici nerezové odtakové potrubí D16, zajišťující odvod těchto plynů do bezpečného odplynovacího komína instalovaného v rámci technologie venkovní plnicí a tlakové stanice (mimo budovu). PEMWE bude na toto potrubí napojen flexibilní hadicí vhodného provedení, na straně Připojovacího panelu 1 kompresním šroubením D16.

2.8 Odvětrání vnitřního prostoru PEMWE

Bude-li PEMWE realizován formou uzavřené konstrukce (skříň, uzavřený rack...) s nutností odvětrání, zaústění tohoto odvětrání se předpokládá do volného prostoru laboratoře LVT.

Konstrukce a provedení PEMWE musí zajišťovat, aby v žádném provozním ani poruchovém či havarijním stavu PEMWE nebyly překročeny limity provozní VZT ani havarijní ventilace LVT, dle 5.1.1, 5.2.2.

2.9 Silový přívod elektrické energie

Pro napájení PEMWE je v LVT připraven samostatný přívod 3x400V s rezervovaným příkonem 100kW. Tento přívod je zakončen v rozváděči +RM2.44 nacházejícím se na stěně laboratoře v blízkosti Připojovacího panelu 1. V tomto rozváděči je vyhrazen prostor pro odjištění přívodního vedení PEMWE.

Přívod je automaticky uveden do beznapěťového stavu při stavu vypnutí napájení laboratoře z důvodu:

- Detekce koncentrace H₂ v místnosti LVT nad 20% LEL
- Aktivace tlačítka nouzového zastavení laboratoře
- Aktivace tlačítka Total Stop budovy (aktivuje HZS při zásahu)
- Neblokovaného požárního poplachu EPS
- Výpadku napájení budovy

PEMWE musí být z tohoto důvodu schopen vyrovnat se z beznapěťovým stavem na napájecím přívodu ve všech svých provozních stavech bez ohrožení bezpečnosti prostoru LVT a bez vlastního poškození.

Pro pokládku přívodního vedení je realizována trasa z +RM2.44 kabelovými žlaby a lávkami na Připojovací panel 1. Na tomto panelu se předpokládá instalace přechodové skříně/krabice pro napojení PEMWE flexibilním kabelem vhodného provedení, přednostně s využitím vhodného silového konektoru mezi kabelem a přechodovou skříní.

2.10 Signalizace a komunikace s řídicím a bezpečnostním systémem LVT

Řídicí systém PEMWE bude za účelem výměny ovládacích a monitorovacích dat komunikovat s řídicím systémem LVT, preferovaně přes průmyslový protokol ProfiNet, případně ProfiBus nebo ModBus/TCP.

PEMWE musí implementovat kontrolní mechanismus stavu komunikace a při ztrátě komunikace s řídicím systémem LVT automaticky ukončit produkci vodíku a uvést se do stavu bezpečného vypnutí.

Napojení komunikačních sběrnic je k dispozici v rozváděči +DT1.3 umístěném na Připojovacím panelu 1. Napojení na PEMWE bude realizováno flexibilním komunikačním kabelem s příslušnou propojovací koncovkou do rozváděče +DT1.3.

Signál z bezpečnostního systému plynové detekce o koncentraci 10% LEL H₂ pro účely zastavení produkce a vypnutí PEMWE bude k dispozici kromě informace komunikované po průmyslové sběrnici i ve formě bezpotenciálového kontaktu. Tento signál je v současnosti vyveden na svorkovnici pomocného rozváděče plynové detekce v dozorovně LVT (m.209). S využitím stávajících kabelových žlabů, lávek a kabelových prostupů bude zajištěn propoj do rozváděče +DT1.3 a napojení tohoto signálu na PEMWE je pak možné flexibilním kabelem vhodného provedení. Signál o překročení 20% LEL H₂ automaticky způsobuje beznapěťový stav na silových přívodech do LVT a nemá cenu jej předávat do řídicího systému PEMWE.

3. Návrh řízení předmětného elektrolyzáru pro provoz ve výrobním i experimentálním režimu

Elektrolyzář musí splňovat požadavek na možnosti řízení provozních parametrů tak, aby mohl být využíván jak pro efektivní výrobu vodíku, tak pro experimentální modelování provozních podmínek v rámci vědecko-pedagogické činnosti.

Z tohoto důvodu by PEMWE měl umožňovat řízení provozních parametrů ve dvou režimech, ve výrobním režimu a v experimentálním režimu.

3.1 Výrobní režim

Parametry provozu elektrolyzéru budou automaticky optimalizovány pro efektivní výrobu vodíku. Systém bude řízen na základě nastavené hodnoty výkonu: příkazu Start - výroba H₂ podle požadovaného výkonu a Stop - vypnutí výroby vodíku. Současně budou externímu nadřazenému systému poskytovány informace o stavu systému, aktuální výrobě a případných poruchových stavech.

3.2. Experimentální režim

Veškeré relevantní parametry provozu elektrolyzéru budou nastavitelné v celém rozsahu přípustných hodnot s omezeními danými pouze bezpečností a ochranou funkce a životnosti zařízení.

Externímu nadřazenému systému budou nadále poskytovány informace o stavu systému, aktuální výrobě a případných poruchových stavech. Optimální bude doplnění systému o vizualizaci, která bude k dispozici na zabudovaném HMI zařízení.

Parametrizace zařízení ve všech režimech se předpokládá prostřednictvím komunikačních protokolů z řídicího systému LVT a jeho nastavby SCADA. Pro účely návrhu se předpokládá, že veškeré z návrhu plynoucí úpravy SW řídicího systému LVT a jeho nastavby SCADA si bude v pozdější realizační fázi zajišťovat provozovatel ve spolupráci s dodavatelem realizace.

4. Analýza možností využití stávající sušičky H₂ k sušení vodíku produkovaného předmětným elektrolyzérem PEM

Parametry stávající sušičky vodíku

V rámci LVT je instalována adsorpční regenerační sušička s tepelnou regenerací pro odstranění vody z produkovaného plynného vodíku, vyráběného stávajícími elektrolyzéry, s následujícími parametry:

- Výkon sušičky: 14 Nm³/h, přičemž momentálně je rezervován výkon 4 Nm³/h pro již instalované AEM elektrolyzéry, tudíž pro souběžné využití PEM elektrolyzérem je k dispozici 10m³/h
- Pracovní tlak: 15 až 30 barg
- Pracovní teplota 20-30°C
- Tlak pro regeneraci: 1,7 barg
- Teplota pro regeneraci: 220°C
- Medium pro regeneraci: vodík
- Průtok pro regeneraci: 3 Nm³/h
- Vstupní složení vodíku

- H₂O (při tlaku 30 bar): 600 ppm
- H₂O (při tlaku 15 bar): 4800 ppm
- O₂ (při tlaku 15 bar): 9 ppm
- N₂ (při tlaku 15 bar): 5 ppm
- CO₂, CO, Argon (při tlaku 15 bar): do 0,5 ppm
- Rosný bod vody: min -67°C

Výpočet parciálního tlaku vodní páry

Relativní koncentrace vody ve vodíku 600 ppm znamená, že 600 dílů vody připadá na milion dílů směsi = molární zlomek (X_{voda}). Molární zlomek lze považovat za přibližně stejný jako objemový zlomek.

Podle Daltonova zákona parciálních tlaků je parciální tlak složky v ideální plynné směsi dán vzorcem:

$$P_i = X_i \times P_{\text{celk}}$$

kde:

- P_i je parciální tlak složky i
- X_i je molární zlomek složky i
- P_{celk} je celkový tlak směsi

V případě sušičky:

- $X_{\text{voda}} = 600\text{ppm} = 600 \times 10^{-6}$
- $P_{\text{celk}} = 30\text{bar}$
- $P_{\text{voda}} = 600 \times 10^{-6} \times 30\text{bar} = 0,018\text{bar}$

Výpočet relativní vlhkosti

Relativní vlhkost (RV) je definována jako:

$$RV = P_{\text{sat}}/P_{\text{voda}} \times 100\%$$

kde:

P_{voda} je parciální tlak vodní páry

P_{sat} je tlak nasycené vodní páry (rovnovážný tlak páry) při dané teplotě

Potřebujeme zjistit hodnotu P_{sat} pro teplotu 20 °C.

Z tabulek nebo pomocí Antoineovy rovnice se zjistí, že tlak nasycené vodní páry při 20 °C je 0,02337 bar. Nyní můžeme vypočítat relativní vlhkost pro 600 ppm:

$$RV = 0,018\text{bar}/0,02337\text{bar} \times 100\% \approx 77\%$$

Aby bylo splněno, že 600 ppm je maximální koncentrace vody, která vstupuje do sušičky při tlaku 30 bar, je potřeba snížit teplotu vodíku na $P_{\text{voda}} = P_{\text{sat}} = 0,018$ bar, aby došlo k odloučení vody. Pro splnění požadavku 600 ppm, daným konstrukcí sušičky, bude potřeba ve výstupním teplotním výměníku, který je předřazený sušicí koloně, ochladit vodík při tlaku 30 bar na teplotu **15,84 °C**.

Tento modelový výpočet ukazuje, že v případě PEMWE (produkuje typicky vodík s $RV=100\%$) nemusí být vstupní parametry splněny, zvláště když není k dispozici chladicí okruh s teplotou vody alespoň 15°C.

Zásadnějším problémem ale bude riziko překročení maximální kapacity sušičky při současném spuštění všech instalovaných elektrolyzérů a její řízení, tak aby pracovní režim odpovídal všem požadavkům.

V případě dalšího rozšíření budoucího PEMWE bude kapacita zcela jistě nedostatečná. Taktéž nelze predikovat chování celého systému v případě nouzového zastavení jednotlivých WE. Prakticky nemožné by bylo spojit experimentální režim PEMWE a výrobní režim AEMWE. Rovněž by nebylo možné, nebo obtížně řešitelné, pracovat s různými výstupními tlaky H_2 .

Z důvodu těchto potenciálních problémů, a především z důvodu možného vzniku provozních rizik s jeví jako nezbytné aby **budoucí PEMWE byl vybaven vlastní sušičkou splňující požadavky na výstupní kvalitu H_2 a na bezpečný provoz.**

5. Certifikovaná analýza rizik pro bezpečný provoz předmětného elektrolyzérů ve stávající laboratoři LVT

5.1 Dodané podklady / Použitá literatura / Pojmy a definice

5.1.1 Seznam požadovaných podkladů

- Protokol o určení vnějších vlivů pro prostor laboratoře
- Specifikace systémů provozního a havarijního větrání laboratoře
- Layout laboratoře
- Požárně bezpečnostní řešení pro hodnocené prostory

5.1.2 Seznam poskytnutých podkladů

- Požárně bezpečnostní řešení - 20-026-4 / PBŘ.1 - Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer (CEETe) - Projektová dokumentace pro stavební povolení

- Požárně bezpečnostní řešení - 20-026-4 / PBŘ.1 - Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer (CEETe) - Projektová dokumentace změny stavby před dokončením
- Protokol číslo 02/2021 Revize č. 0 - Protokol o určení vnějších vlivů, vypracovaný odbornou komisí - Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer (CEETe)
- Podklady pro Protokol o určení vnějších vlivů – Laboratoř vodíkových technologií
- Technická zpráva - 20-026-5 - Vzduchotechnika v nové budované CEETe (Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer) v areálu VŠB – TUO v Ostravě
- Napájecí situace LVT ve vztahu k reakcím na požadavky netechnologického vypnutí (se zohledněním avizované úpravy PBŘ)

5.1.3 Seznam použité literatury

- *Směrnice evropského parlamentu a rady 1999/92/ES* o minimálních požadavcích na zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených riziku výbušných prostředí
- *Směrnice evropského parlamentu a rady 2014/34/EU* o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu
- *Zákon č. 22/1997 Sb.*, o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění
- *Zákon č. 90/2016 Sb.*, o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, v platném znění
- *Nařízení vlády č. 116/2016 Sb.*, Nařízení vlády o posuzování shody zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu při jejich dodávání na trh, v platném znění
- *Nařízení vlády č. 176/2008 Sb.* o technických požadavcích na strojní zařízení, v platném znění
- *Nařízení vlády č. 378/2001 Sb.*, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí, v platném znění
- *Nařízení vlády č. 406/2004 Sb.*, o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu, v platném znění
- *Zákon č. 133/1985 Sb.*, o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění
- *Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb.*, o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), v platném znění
- *ČSN EN 1127-1 ed. 3 – Výbušná prostředí – Zamezení a ochrana proti výbuchu – Část 1: Základní pojmy a metodologie*

- ČSN 33 2000-1 ed. 2 – Elektrické instalace nízkého napětí, Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice
- ČSN 33 2000-5-51 ed. 3+Z1+Z2 – Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 51: Všeobecné předpisy
- ČSN EN IEC 60079-10-1 ed.3 – Výbušné atmosféry - Část 10-1: Určování nebezpečných prostorů - Výbušné plynné atmosféry
- ČSN EN ISO 80079-36 – Výbušné atmosféry - Část 36: Neelektrická zařízení pro výbušné atmosféry - Základní metody a požadavky
- ČSN CLC/TR 60079-32-1 – Výbušné atmosféry – Část 32-1: Návod na ochranu před účinky statické elektřiny
- ČSN EN ISO/IEC 80079-20-1 - Výbušné atmosféry - Část 20-1: Materiálové vlastnosti pro klasifikaci plynů a par - Zkušební metody a data

5.2 Předmět zpracování - Popis hodnoceného objektu

5.2.1 Předmět zpracování

Předmětem zpracování Odborného posudku je posouzení možnosti instalace nového modulárního zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku do prostoru Laboratoře vodíkových technologií.

5.2.2 Laboratoř vodíkových technologií

Laboratoř se nachází ve druhém nadzemním podlaží budovy CEET v místnostech č. 208 a 209. V místnosti č. 208 je instalována technologie laboratoře vodíkových technologií. Místnost nemá okna, teplota $22 \pm 2^\circ\text{C}$ je udržována klimatizační jednotkou. Pro hlídání úniku vodíku je instalován systém kontinuálního měření koncentrace.

V laboratoři jsou instalována zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku, potrubní rozvody plynů (dusík, kyslík, vodík, technologický vzduch). Zdroj vodíku a dusíku je instalován ve venkovním prostoru.

Veškeré rozvody vodíku v laboratoři jsou navrženy tak, aby při výpadku / odpojení jejich ovládacího napětí, byly všechny přívodní a provozně odvodní větve uzavřeny a veškeré ventily odvodů do odtahovacího potrubí otevřeny. Přívod inertizačního dusíku ze skladu plynů je navržen tak, aby při výpadku napájení VPS byl příslušný ventil ve stavu otevřeno a byla tak možná inertizace technologie laboratoře.

Systém kontinuální detekce vodíku

Prostor laboratoře je monitorován dvoustupňovým systémem kontinuální detekce vodíku.

Při 1. stupni koncentrace (10% dolní meze výbušnosti DMV) dojde ke spuštění optické, akustické signalizace, havarijní ventilace, odstavení provozní ventilace.

Při 2. stupni koncentrace (20% DMV) dojde ke spuštění optické, akustické signalizace, havarijní ventilace, odstavení provozní ventilace, odstavení přívodu vodíku do laboratoře a odstavení napájení veškeré elektroinstalace. Havarijní ventilace a ústředna měření koncentrace má záložní napájení.

Větrání

V místnosti laboratoře je zajištěno provozní větrání pomocí VZT jednotky se zpětným získáváním tepla o intenzitě 6-ti násobné výměny vzduchu za hodinu.

Havarijní větrání zajišťuje v prostoru laboratoře 10-ti násobnou výměnu vzduchu za hodinu. Odvod vzduchu zajišťuje ventilátor s vyústěním na střechu objektu. Přívod vzduchu je zajištěn přes protidešťovou žaluzii umístěnou ve fasádě objektu. Zařízení vzduchotechniky je spouštěno automaticky od čidla systému detekce úniku vodíku v místnosti. Zařízení je v nevýbušném provedení. Zařízení vzduchotechniky je napojeno na záložní zdroj energie.

5.2.3 Klasifikace prostorů s nebezpečím výbuchu dle NV č. 406/2004 Sb.

Dle dodaného Protokolu o určení vnějších vlivů v prostoru laboratoře vodíkových technologií nejsou stanoveny zóny prostorů s nebezpečím výbuchu. Celý prostor je monitorován systémem kontinuální detekce úniku vodíku. V případě úniku vodíku do prostoru dojde k odstavení provozu laboratoře, spuštění havarijní ventilace a zároveň k odpojení veškeré elektroinstalace. Stav měření koncentrace je signalizován opticky a akusticky obsluze.

Protokolem je stanovena pouze ZÓNA 2 ve tvaru koule o poloměru 0,2 m kolem výstupu havarijního ventilátoru.

5.3 Požárně technické charakteristiky látek

Požárně technické charakteristiky a výbuchové parametry vodíku, jsou definovány v níže uvedené tabulce. Údaje byly převzaty z ČSN EN ISO/IEC 80079-20-1 - Výbušné atmosféry - Část 20-1: Materiálové vlastnosti pro klasifikaci plynů a par - Zkušební metody a data.

Vodík

Tabulka 1: Požárně technické a výbušné parametry vodíku

Látka	Teplota vznícení [°C]	Meze výbušnosti		Skupina výbušnosti	Teplotní třída	Relativní hustota [vzduch=1]
		[% obj.]	[g.m ⁻³]			
Vodík	560	4,0 – 77,0	3,4 - 63	IIC	T1	0,0695

Zdroj: ČSN EN ISO/IEC 80079-20-1

5.4 Opatření pro instalaci zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku

Pro zajištění protivýbušové ochrany prostoru laboratoře vodíkových technologií a zachování klasifikace prostoru laboratoře jako prostor bez nebezpečí výbuchu je nutno plnit níže uvedená opatření:

Nově instalované modulární zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku:

1. Spoje potrubních rozvodů vodíku v zařízení musí být realizovány kompresním šroubením.
2. V případě osazení potrubních rozvodů vodíku v zařízení pojistným ventilem, musí být zařízení vybaveno snímačem tlaku vodíku, kdy dojde k okamžitému automatickému odpojení zdroje elektrické energie do elektrolyzátoru – ukončení produkce vodíku před dosažením otevíracího tlaku pojistného ventilu. V opačném případě je nutno odvětrání od pojistného ventilu realizovat potrubím s vyvedením do venkovní atmosféry (např. do vstupu havarijního větrání laboratoře).
3. Zařízení musí mít možnost provedení inertizace potrubních rozvodů vodíku pomocí inertního plynu minimálně před prvním použitím zařízení a vždy před opětovným spuštěním po provedení servisního zásahu s narušením integrity potrubí.
4. Skříň s moduly elektrolyzátorů musí být vybavena vlastním systémem detekce úniku vodíku. V případě dosažení 10% dolní meze výbušnosti (LEL) ve skříni musí dojít minimálně k postupnému vypnutí a odtlakování zařízení, při 20% LEL musí dojít k okamžitému vypnutí a odtlakování celého systému.
5. Zařízení musí mít možnost napojení na systém kontinuální detekce vodíku v prostoru laboratoře. V případě dosažení 10% dolní meze výbušnosti (LEL) v prostoru laboratoře musí dojít minimálně k postupnému vypnutí a odtlakování zařízení, při 20% LEL musí dojít k okamžitému vypnutí a odtlakování celého systému.
6. Potrubí odtlakování vodíku musí být vyvedeno do venkovní atmosféry (např. do vstupu havarijního větrání laboratoře).

7. Moduly elektrolyzérů musí být vybaveny nuceným větráním, které musí být v činnosti vždy při spuštění daného modulu.
8. V případě instalace modulu sušení vodíku musí být tento modul vybaven nuceným větráním, které musí být v činnosti vždy při spuštění kteréhokoli modulu elektrolyzérů.
9. Všechny vodivé části zařízení musí být pospojovány a účinně uzemněny v souladu s požadavky ČSN CLC/TR 60079-32-1. Za dostatečnou se považuje hodnota svodového odporu $< 1 \text{ M}\Omega$. V případě propojení jednotlivých částí zařízení šroubovými spoji, musí být použity vějířové podložky nebo propojovací uzemňovací pásy.

Obecná opatření pro prostor laboratoře vodíkových technologií:

1. Provedení stropu laboratoře musí umožňovat plynulý odtah vzduchu do vstupu havarijního větrání. Strop nesmí obsahovat žádné kaverny, ve kterých by se mohl hromadit vodík v případě jeho úniku.
2. Instalované systémy kontinuální detekce vodíku musí být udržovány plně funkční a servisovány v periodách stanovených výrobcem detekčního systému, minimálně však 1 × za 12 měsíců dle požadavků Vyhl. č. 246/2001 Sb.
3. V prostoru laboratoře jsou instalovány potrubní rozvody kyslíku. Je nutno zabránit jakémukoli kontaktu kyslíku s mastnotou (tuky, oleje apod.).
4. V prostoru laboratoře je nutno dodržovat striktní zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm.
5. Jednotlivá zařízení musí být ze strany provozovatele pravidelně kontrolována a udržována, aby byla zajištěna maximální provozuschopnost tohoto zařízení dle dokumentace výrobce. Prováděné revize a kontroly zařízení musí být dle platných předpisů a bezpečnostních norem. O těchto revizích musí být vedena písemná dokumentace.
6. Údržba, popř. obsluha musí dbát všech ustanovení vyplývajících z provozních předpisů, bezpečnostních postupů, požárních řádů, Dokumentace o ochraně před výbuchem, zpracovaných pro prostor laboratoře.

5.5 Analýza rizik - závěr

Stanovisko k možnosti instalace nového modulárního zařízení pro elektrolytickou výrobu vodíku v prostoru laboratoře vodíkových technologií bylo vypracováno externí společností – VVUÚ, a.s. Ostrava – Radvanice.

Provozovatelem LVT byly poskytnuty podkladové materiály, které jsou uvedeny v kapitolách č.1., 2. a další informace formou technických konzultací, které byly použity jako výchozí podklady pro zpracování tohoto posudku.

Zpracovaný odborný posudek a z něj plynoucí závěry, rizika a povinnosti byly průběžně konzultovány s provozovatelem technologie.

Při splnění všech opatření, uvedených v kap. 5, je z hlediska protivýbuchové ochrany možno považovat hodnocený prostor laboratoře vodíkových technologií za bezpečný.

Projektová dokumentace je zpracována v plném souladu s požadavky objednatele, včetně dodržení platné legislativy, tj. zákona č. 309/2006 Sb., zákona č. 406/2000 Sb. a vyhlášky č. 264/2020 Sb.

6. Závěr

Projektová dokumentace pro rozšíření technologie Laboratoře vodíkových technologií (LVT) CEETe VŠB-TUO byla vypracována s plným respektováním platné legislativy. To zahrnuje dodržení zákona č. 309/2006 Sb., zákona č. 406/2000 Sb. a vyhlášky č. 264/2020 Sb., a to ve znění platném v době zpracování.