

Breviář bezpečnosti vodíkových systémů

Je určen pro projektanty, dodavatele a provozovatele vodíkových systémů během řešení projektu a k identifikaci možných slabých míst provozovaných vodíkových technologií. Breviář, vytvořený jako kontrolní seznam okruhů, má pomoci novým i zkušeným uživatelům vodíkových technologií identifikovat aspekty nezbytné pro zajištění bezpečné instalace a provozu. Kontrolní seznam okruhů je určen k denní pozornosti, ale není určen k tomu, aby nahradil závazná ustanovení technických norem a dalších legislativních předpisů. Spíše představuje stručnou tabulku kritických bezpečnostních opatření. Obecné zásady uvedené v kontrolním seznamu platí pro všechny typy a velikosti vodíkových systémů.

Bezpečnost vodíku, stejně jako bezpečnost všech hořlavých plynů, závisí na zvládnutí 5 zásadních témat:

- Rozpoznat nebezpečí a definovat zmírňující opatření;
- Zajistit integritu systému;
- Zajistit řádné větrání;
- Zajistit, aby byly detekovány a izolovány netěsnosti;
- Kvalifikace personálu.

Kontrolní seznam je uspořádán na základě následujících klíčových aspektů. Příklady jsou zahrnuty, aby pomohly uživatelům nastavit konkrétní techniky prevence.

Kontrolní seznam má pomoci lidem vyvíjejícím návrhy vodíkových systémů, a kteří se zabývají hodnocením rizik vodíkových systémů. I když jsou tyto úvahy poměrně inkluzivní, není možné zahrnout všechny proměnné, které je třeba vzít v úvahu. Proces analýzy rizik proto musí zahrnovat kromě členů týmu s odbornými znalostmi v technických aspektech konkrétního projektu také pracovníky, kteří jsou obeznámeni se souvisejícími platnými předpisy a normami.

	Metoda/přístup	Opatření
Plánování práce	Rozpoznat nebezpečí a definovat opatření ke zmírnění	☐ Identifikace rizika, jako je hořlavost, toxicita, reaktivní materiály atd. ☐ Identifikace potenciálního nebezpečí ze sousedních zařízení a blízkých technologií. ☐ Identifikace potenciálního nebezpečí ze strany vodíkového systému vůči blízkému okolí. ☐ Řešení běžné poruchy součástí, jako jsou netěsnosti armatur, selhání ventilů, netěsnost ventilů, odchylky nebo poruchy přístrojového vybavení, poruchy řídicího hardwaru a softwaru a výpadky napájení (elektrická energie, stlačený vzduch a podobně). Řešením musí být uvedení systému do bezpečného, definovaného stavu. ☐ Řešení neobvyklých poruch, jako zpětný ventil, zaseknutý pojistný ventil, ztráta integrity potrubí nebo zařízení. ☐ Definice protiopatření na ochranu osob a majetku. ☐ Dodržování platných předpisů a norem, případné odchylky mít řádně projednané a odsouhlasené příslušnými autoritami.
	Izolovat nebezpečí	☐ Skladování vodíku řešit jako otevřená technologická zařízení; skladovat pouze taková množství vodíku uvnitř v dobře větraných prostorech, která jsou v souladu s ČSN 07 8304 ☐ Zajištění horizontálního oddělení částí technologie schválenými odstupovými vzdálenostmi, aby se zabránilo šíření nebezpečí do/z jiných systémů, konstrukcí z materiálů s vhodnými protipožárními vlastnostmi. ☐ Vyhnout se nebezpečím způsobeným nadzemními i podzemními sítěmi a instalacemi, včetně rostlinstva.
	Zajistit dostatečný přístup	☐ Operátorům při provozu, včetně zásobování. ☐ Odborným pracovníkům při údržbě. ☐ K nouzovému východu do volného prostoru. ☐ Hasičské a záchranářské technice, včetně přístupu k RHP.

		☐ K průvodní a provozní dokumentaci vodíkového systému, včetně OOP, lékárničky, nouzovým vypínačům a podobně.
	Metoda/přístup	Opatření
Zajištění vodíkové technologie	Návrh systému pro hraniční podmínky	☐ Určení maximálního tlaku s ohledem na abnormální provoz, chyby ze strany operátorů atd. ☐ Návrh nebo výběr zařízení, potrubí a přístrojového vybavení, které jsou schopny udržet maximální provozní i zkušební tlak pomocí materiálů kompatibilních s vodíkovým provozem. ☐ Zajištění odlehčovacího zařízení, pro bezpečné odvětrávání vodíku ze systému, aby se zabránilo nežádoucímu překračování provozního tlaku vodíku a schválených provozních podmínek systému jako celek. ☐ Provádění tlakových zkoušek systému, pro ověření integrity po uvedení do provozu, údržbě, výměně spojů atd. ☐ Zajistit provedení elektroinstalace v souladu s Protokolem o určení vnějších vlivů, včetně eliminace další zdrojů iniciace zahoření vodíku v systému.
	Ochrana systému	☐ Návrh systému tak, aby bezpečně udržel systém v mezích provozních parametrů, jako jsou tlaky vodíku v jednotlivých úsecích systému, teplota vodíku a její nárůst, rychlost průtoku vodíku, přípustná koncentrace vodíku ve vzduchu v určených místech, systém nouzového odstavení systému z provozu, informační a signalizační prostředky. ☐ Zajistit bezpečnou montáž všech prvků vodíkového systému kvalifikovanou společností s příslušným oprávněním. ☐ Navržený systém musí fungovat a být udržován v nepříznivém počasí a za všech v projektu předpokládaných atmosférických podmínek pro provoz. Proti nepředvídatelným vlivům a událostem systém chráněný není! ☐ Zajistit ochranu systému před vandalismem. ☐ Použít výstražné cedule a bezpečnostní značení. ☐ Instalovat bezpečnostní zařízení s přenosem údajů do místa s trvalou obsluhou, včetně bezpečnostních kamer.

	Návrh zdroje vodíku	☐ Respektovat zásady návrhu jednotlivých typů zdrojů vodíku (například reforming biometanu, elektrolýza vody či solí, vodík vznikající při jiných chemických výrobních procesech). ☐ Výrobní proces kontrolovat i kvalitou výstupního vodíku v souladu s projektovanými parametry zdroje. ☐ Dodržovat profylaktické prohlídky zdroje a dodržovat plán údržby. ☐ Pro servis mít zajištěnou kvalifikovanou sílu s příslušným vybavením. ☐ Řídicí systém vybavit možností dálkového přenosu rozhodných dat o bezpečnosti provozu, výkonu zdroje vodíku a dalších okrajových podmínkách pro spolehlivou funkci zdroje vodíku podle specifik instalace.
	Návrh skladovacích zásobníků pro vodíkovou technologii	☐ Návrh dostatečných skladovacích prostor z hlediska bezpečnosti a provozu. ☐ Na zásobnících instalovat telemetrii o jejich stavu. ☐ Dodržet odstupové vzdálenosti zásobníků od ostatních částí systému a od sousedících instalací. ☐ Zajistit možnost provádění periodických kontrol TNS v souladu s Nařízením vlády č. 192/2022 Sb. ☐ Nepřekročit povolené cyklické namáhání tlakových nádob. ☐ Zajistit ochranu proti blesku.
	Zařízení pro zvyšování tlaku vodíku	☐ Návrh musí respektovat příslušné předmětové normy, například ČSN 10 5190., nebo vyhlášky ČÚBP č. 8/1982 Sb. ☐ Chladicí systém musí být neoddělitelnou částí instalace zařízení pro zvyšování tlaku. ☐ Při návrhu zařízení vždy kontrolovat emise hluku a přijímat vhodná opatření k zamezení jeho nežádoucího šíření. ☐ Volit takovou technologii komprimace vodíku, která zabrání kontaminaci vodíku znečišťujícími látkami, například olejem. ☐ Instalovat takové řídicí systémy, které umožní dálkové přenosy dat, zejména o stavu bezpečnosti kompresorové jednotky, zpravidla do míst se stálou obsluhou.

	Transport vodíku	☐ Při plnění/vyprazdňování transportních prostředků mít jako první uzemňovací propoj zajišťující jejich uvedení na stejný potenciál se spolupracujícím zařízením. ☐ Po přechodnou dobu plnění/vyprazdňování transportního prostředku respektovat vytvořenou zónu v souladu s Protokolem o určení vnějších vlivů. ☐ Dodržovat správnou technologickou praxi při připojování transportního prostředku k navazujícím zařízení z hlediska čistoty vodíku (například dostatečné promytí hadice a „mrtvých“ prostor přípojky vodíkem). ☐ Přepouštět stlačený vodík z transportního prostředku do zařízení, které je na daný tlak dimenzováno. Pokud tomu tak není, tak přepouštět vodík pouze přes redukční ventil seřízený na příslušný tlak plněné nádoby/zařízení.
	Aplikační zařízení vodíku	☐ Návrh musí zajistit spolehlivé a bezpečné dodávky vodíku do aplikace, která je schválená k provozu. ☐ Mezi aplikace vodíku řadíme vodík pro mobilitu pro motorová vozidla s čistotou vodíku vhodnou pro palivové články, vodík pro energetické účely například jeho vtláčením do plynárenské soustavy, vodík jako materiálový vstup pro chemický průmysl, vodík pro akumulaci energie při její potřebě v jiném čase, než je její výroba, případně jiné speciální užití. Použití materiálů se pak řídí provozními parametry a použité součásti musí být určeny a označeny pro použití na vodík.
	Řešení uzávěrů pro izolaci systému	☐ Instalovat automatické uzavírací ventily uzavřené při poruše v kritických bodech systému (jako je výstup ze skladu, vstup do budov, vstupy do testovacích částí atd.), aby se systém dal uvést do bezpečného stavu, když dojde k poruše. ☐ Případná instalace redundantních nebo záložních ovládacích prvků. ☐ Instalace ručních ventilů pro údržbu a nouzové situace.
	Zabránit kontaminaci systému	☐ Zabránit zpětnému toku z jiných systémů pomocí ventilů, tlakového rozdílu atd. ☐ Zabránit znečištění vodíku rezidui, které by devastovaly aplikační zařízení, například palivové články nebo směsi vodíku se zemním plynem. Stav čistoty vodíku se musí ve vhodných místech systému výroba – spotřeba průběžně monitorovat.

	Metoda/přístup	Opatření
Řízení systému	Zabezpečení všech procesních plynů, pojistných ventilů, proplachů a průduchů	☐ V případě potřeby vypouštění vodíku do otevřeného prostoru nebo do ventilačního systému, který zajistí správné ředění. ☐ Zajištění výtlačného potrubí proti prudké expanzi vodíku (potlačení Joule-Thomsonova jevu). ☐ Použit systemizované odtlakovací komíny s řízeným bezpečným vznícením vodíku, případně trvale inertizované dusíkem.
	Zabránit hromadění hořlavých směsí plynů v uzavřených prostorách	☐ Neumístit zařízení nebo potrubní spoje/armatury ve špatně větraných místnostech nebo uzavřených prostorách. V takových oblastech používat pouze bezešvé nebo svařované trubky s koeficientem 1, a potrubí spojovat svařováním. ☐ Zajistit dostatečné větrání a/nebo prostor pro ředění hořlavých směsí vzduchem. ☐ Zabránit hromadění vodíku pod stropy/střechami a jinými částečně uzavřenými prostory. ☐ Instalovat snímače koncentrace vodíku ve vzduchu. Překročení mezí koncentrace vodíku signalizovat a automaticky od signálu řídit ventilaci prostoru, případně odepínat možné zdroje iniciace pro zahoření vodíku. ☐ Technologická zařízení přednostně konstruovat jako otevřená s přirozeným větráním. ☐ Ventilační systém musí mít spolu se snímačem koncentrace vodíku zajištěné náhradní zásobování po dobu aspoň 30 minut při výpadku napájení nebo po jeho odstavení.
	Odstranit potenciální zdroje iniciace hořlavých prostor/zón	☐ Správné připojení a uzemnění zařízení. ☐ Uvést jednotlivé části technologie na stejný potenciál. ☐ Zamezení otevřeného ohně. ☐ Použit řádně klasifikovaná elektrická zařízení bez hrozby zkratu, jiskření a vysokých povrchových teplot určená k instalaci podle rozhodnutí v protokolu o určení vnějších vlivů, ATEX. ☐ V případě zvýšené koncentrace vodíku ve vzduchu odpojit elektrické napájení. Výjimku tvoří vlastní měření koncentrace vodíku ve vzduchu a ventilační systém., které se napájí z UPS.

	Metoda/přístup	Opatření
Detekce a mitigace	Detekce a eliminace netěsností	☐ Zajištění detekce a automatického vypnutí/izolaci v případě přítomnosti hořlavých směsí, zejména v uzavřených prostorech. ☐ Použití metody pro automatickou detekci netěsností v průběhu procesu. ☐ Ruční měření koncentrace vodíku ve vzduchu používat před zahájením servisních prací jako ověření skutečného stavu systému. ☐ Zajistit pravidelnou kontrolu těsnosti systému.
	Ztráta řízeného větrání v interiéru	☐ Automatické vypnutí přívodu vodíku, v případě poruchy ventilace. ☐ Automaticky uvést systém do výchozího stavu vypnutím kompresorů. ☐ Větrací systém mít zajištěn náhradním napájením i v případě výpadku hlavního napájení vodíkové aplikace. ☐ Aktivovat signalizaci o poruchovém stavu.
	Sledování výrobního procesu a ochrana před poruchami	☐ Zajištění alarmů, například. pro evakuaci. ☐ Zajistit schopnost automaticky detekovat a zmírňovat nebezpečné a kritické situace. ☐ Zvážit zajištění redundantních prvků pro zmírnění poruchy senzorů nebo řízení procesů, SIL. ☐ Zajistit, aby systém mohl plynule přejít do "bezpečného stavu" pokud dojde k výpadkům napájení nebo poruchám řídicí jednotky.
	Detekce a eliminace požáru	☐ Zajistit vhodnou protipožární ochranu (hasicí přístroje, sprinklery atd.). ☐ Automatické vypnutí technologie a její izolaci v případě zjištění požáru. ☐ Mít zpracované provozní protipožární směrnice pro každé pracoviště samostatně. ☐ Pro techniku integrovaného záchranného systému udržovat příjezdové komunikace ve stavu průjezdnosti.
	Metoda/přístup	Opatření

Řízení provozu	Stanovení a dokumentace postupů	☐ Určení odpovědnosti pro každou ze zúčastněných stran. ☐ Provozní postupy. ☐ Nouzové postupy. ☐ Havariijní postupy. ☐ Stanovení plánů preventivní údržby pro servis zařízení, kalibrace senzorů, kontroly těsnosti atd. ☐ Určení bezpečných pracovních postupů, jako je uzamčení, označení, povolení k práci, čištění vodíkového potrubí atd. ☐ Přezkoumání a schválení konstrukčních a procedurálních změn. ☐ Zpracovat Místní provozní řád vyhrazeného plynového zřízení v souladu s ČSN 38 6405
	Zaškolení personálu	☐ Přístup k informacím o vodíku a dalších nebezpečných materiálech, a k zařízení jako celku. ☐ Závažné postupy a pracovní pokyny pro výměnu lahví, dodávky, provoz, údržbu, nouzové a bezpečnostní pracovní postupy, kontrolní činnost a podobně. ☐ V souladu s Nařízením vlády č. 191/2022 Sb., § 12 zařízení obsluhuje pouze odborně způsobilá osoba. Ověření jejích znalostí se provádí podle odstavce 6 uvedeného paragrafu.
	Monitorování	☐ Sledování možných technologických komplikací a stanovit nápravná opatření. ☐ Sledovat dodržení všech postupů a pracovních pokynů. ☐ Vyhodnocovat funkční zkoušky. ☐ Kontroly a revize se provádějí u elektrických částí zařízení v souladu s Nařízením vlády č. 190/2022 Sb., u plynové části zařízení podle Nařízení vlády č. 191/2022 Sb., a u tlakových podle Nařízení vlády č. 192/2022 Sb. ☐ Revize provádí revizní technici s potřebným druhem a rozsahem osvědčení odborné způsobilosti.