



# KRYOGENNÍ ODPAŘOVACÍ SYSTÉMY - OCHRANA PŘED KŘEHKÝM LOMEM

## **IGC Doc 133/06/CZ**

Nahrazuje IGC Doc 133/05

Odborný překlad proveden pracovní skupinou PS6 ČATP.

**EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION  
(EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLOVÝCH PLYNŮ)**

AVENUE DES ARTS 3-5 • B – 1210 BRUSSELS

Tel : +32 2 217 70 98 • Fax : +32 2 219 85 14

E-mail : [info@eiga.org](mailto:info@eiga.org) • Internet : <http://www.eiga.org>

**ČESKÁ ASOCIACE TECHNICKÝCH PLYNŮ**

U Technoplynu 1324, 19800 Praha 9

Tel: +420 272 100 143 • Fax: +420 272 100 158

E-mail : [catp@catp.cz](mailto:catp@catp.cz) • Internet : <http://www.catp.cz/>



# KRYOGENNÍ ODPAŘOVACÍ SYSTÉMY - OCHRANA PŘED KŘEHKÝM LOMEM U ZAŘÍZENÍ A POTRUBÍ

## ZPRACOVALI:

José Ballester Ricart	Praxair España S.L.
Martin Dennehy	Air Products Plc
Lennart Fredriksson	Linde AG
Grant Holland	BOC
Wolfgang Otte	Air Liquide Deutschland GmbH
Pierre Petit	Air Liquide
Herman Puype	EIGA

### Prohlášení o odmítnutí

Veškeré technické publikace EIGA, nebo vydané jménem EIGA, včetně praktických manuálů, bezpečnostních postupů a jakýchkoliv dalších technických informací, obsažené v těchto vyhláškách, byly převzaty ze zdrojů, o kterých se domníváme, že jsou spolehlivé a že jsou založeny na technických informacích a zkušenostech, aktuálně dostupných u členů EIGA a dalších v okamžiku jejich vydání.

Ačkoliv EIGA odkazuje nebo doporučuje použití vyhlášek svými členy, tyto odkazy nebo doporučení k používání vyhlášek EIGA jejími členy nebo třetími stranami jsou čistě dobrovolné a nezávazné.

Z toho důvodu proto EIGA nebo členové její skupiny nedávají žádnou záruku na výsledky a nepředpokládají žádnou spolehlivost nebo zodpovědnost ve spojení s tímto odkazem nebo použitím informací nebo návrhů, obsažených ve vyhláškách EIGA.

EIGA nemá možnost kontroly, týkající se funkčnosti nebo nefunkčnosti, nesprávného výkladu, správného nebo nesprávného použití jakékoliv informace nebo návrhů, obsažených ve vyhláškách EIGA, jakoukoliv osobou nebo jakýmkoliv subjektem (včetně členů EIGA) a EIGA výslovně odmítá jakoukoliv odpovědnost ve spojení s nimi.

Vyhlášky EIGA jsou předmětem pravidelných revizí a uživatelé si musí opatřit vyhlášku v nejnovější platné verzi.

## Obsah

1	<a href="#">Úvod</a> .....	5
2	<a href="#">Rozsah a účel</a> .....	5
3	<a href="#">Definice</a> .....	6
3.1	<a href="#">Křehký lom</a> .....	6
3.2	<a href="#">Tažnost</a> .....	6
3.3	<a href="#">Bezpečnostní systémy</a> .....	6
3.4	<a href="#">Systémy redukce průtoku</a> .....	6
3.5	<a href="#">Systémy pro omezení průtoku</a> .....	6
3.6	<a href="#">Houževnatost</a> .....	6
3.7	<a href="#">Nepřetržité systémy dodávání</a> .....	6
3.8	<a href="#">Pomůcky a technické vybavení</a> .....	7
3.9	<a href="#">Odpařovač</a> .....	7
3.10	<a href="#">Tlak</a> .....	7
4	<a href="#">Příčiny a důsledky nízké teploty</a> .....	8
4.1	<a href="#">Příčiny nízké teploty</a> .....	8
4.2	<a href="#">Důsledky nízké teploty</a> .....	9
5	<a href="#">Typy odpařovače</a> .....	10
5.1	<a href="#">Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu z okolního prostředí</a> .....	10
5.2	<a href="#">Odpařovače s vysokým tepelným balastním množstvím energie (HTB)</a> .....	11
5.3	<a href="#">Odpařovače s nízkým tepelným balastním množstvím energie (LTB)</a> .....	11
6	<a href="#">Filozofie návrhu</a> .....	12
6.1	<a href="#">Vnitřní bezpečnost</a> .....	12
6.2	<a href="#">Posouzení rizika</a> .....	12
6.3	<a href="#">Spolehlivost dodávky zákazníkovi</a> .....	13
7	<a href="#">Hodnocení nebezpečí</a> .....	13
7.1	<a href="#">Tlaková objemová (PV) energie</a> .....	13
7.2	<a href="#">Nebezpečnost látek</a> .....	14
7.3	<a href="#">Pravděpodobnost nízké teploty</a> .....	15
7.4	<a href="#">Provozní model</a> .....	15
8	<a href="#">Kritéria bezpečného návrhu</a> .....	15
8.1	<a href="#">Materiály na výstupu odpařovače</a> .....	15
8.2	<a href="#">Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí</a> .....	16
8.3	<a href="#">Nezávislé úrovně ochrany</a> .....	16
8.4	<a href="#">Uzavírací ústrojí a ventily</a> .....	16
8.5	<a href="#">Škrťící ventily</a> .....	16
8.6	<a href="#">Zařízení pro detekci teploty</a> .....	17
8.7	<a href="#">Čerpací systémy</a> .....	17
8.8	<a href="#">Odpařovače s nízkým tepelným zatížením množstvím energie (LTB)</a> .....	17
8.9	<a href="#">Vyrovnávací nádrže a jejich umístění</a> .....	17
8.9.1	<a href="#">Umístění vyrovnávacích nádrží, které jsou v provedení uhlíkové oceli</a> .....	17
8.9.1.a	<a href="#">Zařízení typu 1: kontinuální dodávka</a> .....	17
8.9.1.b	<a href="#">Zařízení typu 2: pouze záložní dodávka nebo záložní dodávka s krytím špičkových potřeb</a> .....	18
8.10	<a href="#">Různé odpařovače v paralelním zapojení</a> .....	20
9	<a href="#">Úvahy o ochraně proti nízkým teplotám</a> .....	20
9.1	<a href="#">Systém nepřetržité dodávky</a> .....	20
9.1.1	<a href="#">Materiály</a> .....	20
9.1.2	<a href="#">Přebytečný systém</a> .....	20
9.1.3	<a href="#">Omezující clonka</a> .....	20
9.1.4	<a href="#">Škrťící ventil</a> .....	20
9.2	<a href="#">Požadavky na přetržitou dodávku</a> .....	21
9.2.1	<a href="#">Přístroje vybavené systémy odstavení</a> .....	21
9.2.2	<a href="#">Body nastavení teploty</a> .....	21
9.2.2.a	<a href="#">Bod nastavení spuštění</a> .....	21
9.2.2.b	<a href="#">Bod nastavení škrcení</a> .....	21
9.2.3	<a href="#">LTPS pro odpařovače s velkým tepelným balastním množstvím energie (HTB)</a> .....	21
9.3	<a href="#">IEC 61511</a> .....	22
10	<a href="#">Řešení</a> .....	22
10.1	<a href="#">Všeobecné úvahy o ochranném systému proti nízkým teplotám LTPS</a> .....	22
10.2	<a href="#">Odezva na výstražné signalizace</a> .....	22
10.3	<a href="#">Doporučená řešení pro specifické situace</a> .....	22
11	<a href="#">Provoz</a> .....	27
11.1	<a href="#">Monitorování spotřeby</a> .....	27
11.2	<a href="#">Periodická kontrola</a> .....	28

---

<a href="#">12</a>	<a href="#">Periodické zkoušení</a> .....	28
<a href="#">13</a>	<a href="#">Školení pro pracovníky personálu plynárenské společnosti</a> .....	28
<a href="#">14</a>	<a href="#">Uvědomění zákazníka</a> .....	28
<a href="#">14.1</a>	<a href="#">Smlouva se zákazníkem</a> .....	29
<a href="#">14.2</a>	<a href="#">Školení zákazníka a informace pro zákazníka</a> .....	29
<a href="#">15</a>	<a href="#">Reference</a> .....	29

## 1 Úvod

Kryogenické (nebo studené) tekutiny mohou být neúmyslně přivedeny do procesního potrubí nebo do zařízení a to v důsledku poruchy funkce systémů pro odpařování kryogenní kapaliny, což může vést ke katastrofické poruše v důsledku křehkého lomu. Když se určité materiály a to v typickém případě uhlíkové oceli, ochladí, dojde u nich ke změnám v jejich struktuře a toto vede k tomu, že se stanou méně houževnaté, což znamená, že se stanou křehkými. Jiné materiály, jako nerezová ocel, hliník, mosaz, měď a podobně nevykazují takovýto přechod z houževnatého stavu do stavu křehkého a zůstávají houževnaté i při nízkých teplotách. Tento přechod z houževnatého stavu do křehkého stavu může způsobit rozšíření již existující vady do trhliny nebo dokonce může dojít k nastartování růstu trhlín bez působení tlaku. Křehký lom nějaké části se jeví jako více destruktivně působící a to vzhledem k tomu, že taková prasklina či trhlina se šíří rychle a může dojít k oddělení částí materiálu, zatímco v případě poruchy u tažného materiálu se materiál "trhá" a tlak je uvolňován v takovém případě více kontrolovaným způsobem.

## 2 Rozsah a účel

Tento dokument se vztahuje na systémy dodávání kryogenické kapaliny, které jsou umístěné buď v místě zákazníka nebo v místě výroby, kdy kryogenní kapalina je odpařována a potom se dodává jako primární nebo sekundární zdroj plynného produktu.

Tento sekundární zdroj zásobování se normálně používá jako záložní zdroj pro primární výrobní zařízení v případě, že takové výrobní zařízení je vypnuté nebo je odstavené z provozu nebo k doplnění požadavků zákazníka, nebo jestliže požadavky ze strany zákazníka přesahují kapacitu vlastního výrobního zařízení (peak - shaving) a to se v takovém případě jedná o krytí špičkových spotřeb.

Toto se týká následujících kryogenních médií:

- Kapalný dusík
- Kapalný kyslík
- Kapalný argon
- Kapalný vodík
- Kapalný metan
- Kapalný etylén

Zásobovací systémy pracují na bázi odpařování kryogenní kapaliny, v typickém případě se jedná o odezvu na snižující se tlak v potrubí.

Tyto systém jsou sestaveny následujícím způsobem:

- Dodávka kapalného produktu buď z nízkotlakého skladovacího zásobníku a s využitím čerpacího systému nebo přímo z vysokotlakého zásobníku
- Odpařovací systém, který by mohl tvořit vzduchový odpařovač nebo takový, který využívá vnějšího zdroje energie, jako například páry, horké vody, elektřiny, přímého topení a podobně.

Tento dokument nepokrývá situace, jak jsou uvedené v následujícím:

- Dělení vzduchu a jiné kryogenické procesy s kolonami, odlučovači, separátory nebo nádržemi, při kterých je proud plynu dodáván z nádrže přes zařízení pro výměnu tepla, které je umístěné dále ve směru technologického toku.
- Potrubní systémy, ve kterých je médium expandováno ve ventilu nebo přes nějaké omezení, přičemž výsledná teplota se dostane pod teplotu přechodu z houževnatého do křehkého stavu (DBTT) příslušného potrubního systému.
- Nádoby, jejichž odtlakování se provádí rychle – jelikož je práce v nádobě vykonávána expandujícím plynem. Když tento plyn vystupuje z ventilu, teplota uvnitř nádoby a teplota stěny nádoby se může snížit.

Tento dokument byl sepsán s tím cílem, aby identifikoval nebezpečí, která jsou spojena se systémy odpařování kryogenní kapaliny a aby doporučil ochranná opatření, která je nutno v takovém případě přijmout. Tento dokument doporučuje bezpečné způsoby pro navrhování nových systémů pro odpařování kryogenních kapalin. Pro existující systémy musí být provedeno vyhodnocení rizik, aby bylo možno stanovit, jestli je zapotřebí provést nějaké úpravy.

### 3 Definice

#### 3.1 Křehký lom

Křehký lom představuje termín, který přísluší poruše způsobené trhlinou, která se rychle rozšiřuje skrze příslušný materiál. Křehký materiál má malou odolnost proti porušení potom, co bylo dosaženo meze pružnosti. Při takových poruchách se uvolňuje velké množství energie a to je nebezpečné vzhledem k tomu, že fragmenty materiálu mohou být odmrštěny na velkou vzdálenost.

#### 3.2 Tažnost

Jedná se o vlastnost kovu, která umožňuje jeho prodloužení s rychlým zvýšením místních napětí před vlastním porušením.

#### 3.3 Bezpečnostní systémy

Systém se považuje na „bezpečný“, jestliže při všech přiměřeně předvídatelných provozních poruchách nebo poruchách komponent či kabelového propojení vytvoří tento systém společnou odezvu systému, a nevznikne tak žádná nebezpečná situace a je možno v takovém případě přiměřeně očekávat „bezpečnou provozní odezvu“.

#### 3.4 Systémy redukce průtoku

Jedná se o systémy používající odpařovače, kdy je možno za souhlasu zákazníka nebo v souladu s procesem redukovat průtok. Nízkoteplotní ochranný systém (LTPS) se musí navrhnout takovým způsobem, aby zajistil škrcení průtoku tak, aby to odpovídalo energii odpařovače.

#### 3.5 Systémy pro omezení průtoku

Jedná se o řádným způsobem navržené omezovací clonky nebo jiné pevné ústrojí, které je nainstalované bezprostředně ve směru technologického toku za příslušným odpařovačem za účelem omezení průtočného množství na maximální hodnotu.

#### 3.6 Houževnatost

Jedná se o schopnost kovu rozdělit vnitřně jakákoliv namáhání způsobená náhle aplikovaným zatížením. Je to jaksi opak „křehkosti“, což znamená citlivost vůči náhlému porušení.

#### 3.7 Nepřetržitě systémy dodávání

Jedná se o systémy používající odpařovače, kdy z bezpečnostních důvodů je systém navržen takovým způsobem, aby průtok do procesu nebo ke koncovému uživateli nemohl být přerušen, jako na příklad:

- Clony inertního plynu pro nebezpečná prostředí nebo nebezpečný proces,
- Přívodu kyslíku do zdravotnických zařízení.

Pro tyto situace jsou důležité normy, jak je uvedeno v následujícím:

NFPA 50 – Norma pro Objemové kyslíkové systémy v místech Spotřebitele [1].

NFPA 86C – Norma pro průmyslové pece s použitím speciální provozní atmosféry [2].

EN 737-3 1998 – Potrubní systémy medicínálního plynu – Část 3: Potrubní vedení stlačených medicínálních plynů a pro vakuum [3] (bude nahrazeno normou EN ISO 7396 – 1 - Potrubní systémy medicínálního plynu, v řádném průběhu [4]).

NFPA 99 – Norma pro zdravotnická zařízení [5].

### 3.8 Pomůcky a technické vybavení

Výrazy „pomůcky a technické vybavení“, použité v tomto dokumentu, se vtaňují na prostředky k přívodu tepla do odpařovače, který byl navržen na odpařování kryogenní kapaliny a zahrňují všechny z následujících aplikací,:

- Elektrická energie sloužící k pohonu ventilátorů horkého vzduchu nebo ventilátorů vzduchu z okolního prostředí, k pohonu dmychadel, čerpadel vody nebo paliva a ponorných ohříváčů nebo sálavých ohříváčů nebo elektrickým proudem vyhříváných odpařovačů s kovovým blokem.
- Přívod fosilních paliv včetně zemního plynu nebo topného oleje, který je spalován za účelem výroby tepla nebo produkce páry.
- Pára dodávaná zákazníkem nebo z nějakého jiného zdroje.
- Jiné zdroje čerpaných nebo cirkulujících médií sloužících k ohřevu, jako jsou vodní lázně, proudy horké vody, proudy směsi glykolu s vodou, teplosměnná média nebo podobné formy procesní dodávky tepla nebo dodávky tepla z odpadů.

„technické vybavení“ nezahrňují odpařovače vzduchové / s přirozeným tahem. Technické vybavení zahrňují odpařovače vzduchové opatřené ventilátory na vzduch /odpařovače s nuceným prouděním.

### 3.9 Odpařovač

Jedná se v tomto případě o výměník tepla, který zajišťuje změnu stavu kryogenní kapaliny do stavu páry prostřednictvím přenosu tepelné energie z nějakého vnějšího zdroje do tekutiny, média.

### 3.10 Tlak

V rámci tohoto dokumentu bude bar indikovat manometrický tlak či přetlak, pokud to nebude nějakým jiným způsobem stanoveno – to tedy znamená (bar, abs) pro absolutní tlak a (bar, dif) pro diferenciální tlak.

## 4 Příčiny a důsledky nízké teploty

### 4.1 Příčiny nízké teploty

Některé z příčin nízké teploty na výstupu z odpařovače jsou uvedené v následující tabulce:

**Tabulka 1 – Příčiny nízké teploty**

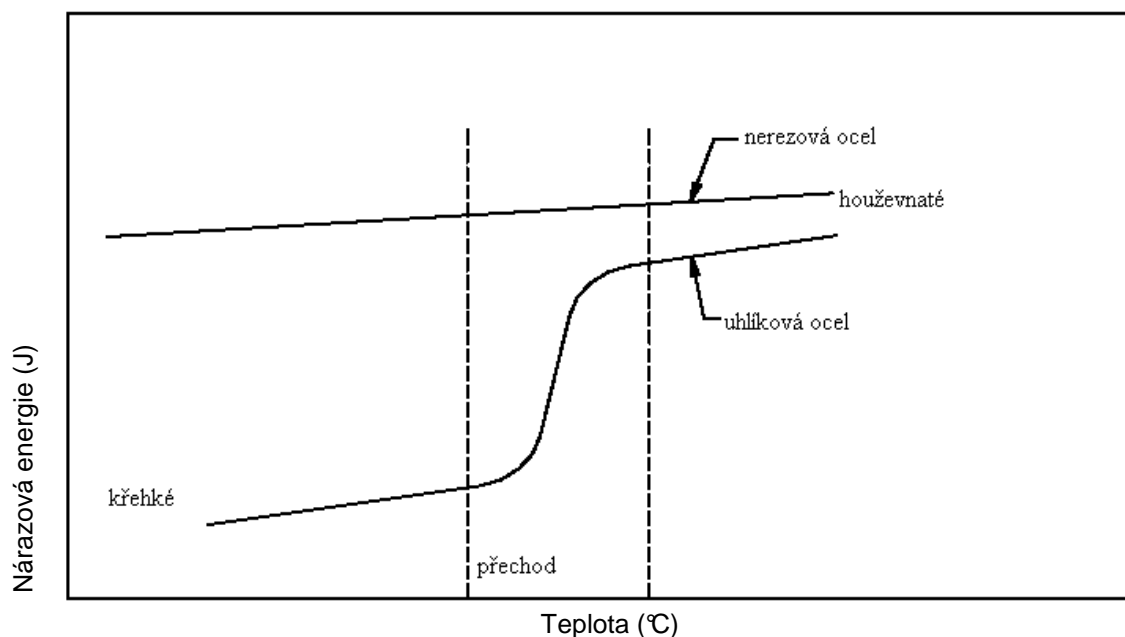
Typ odpařovače	Příčina nízké teploty	Příklad
Všechny typy	Překročení ze strany zákazníka převyšuje návrhovou kapacitu, zvláště, pokud se jedná o delší období.	Zákazník přidává zvláštní zařízení navíc, které si vyžaduje další průtočnou kapacitu, aniž by to oznámil dodavateli plynu.
Všechny typy	Průtok přesahuje jmenovitou kapacitu odpařovače.	Pojistný ventil na potrubí otevírá a uváže v otevřeném stavu. Prodloužené odvětrávání ve směru toku za odpařovačem.
Všechny typy	Tlak v potrubí nebo regulační ventil průtočného množství je plně otevřen.	Porucha ovladače regulačního ventilu. Porucha funkce polohovadla regulačního ventilu.
Všechny typy	Taková porucha regulačního systému, že to vede k nízké teplotě na odpařovači.	Porucha základní regulace tlaku nebo systému regulace průtočného množství.
Vzduchový odpařovač se vzduchem z okolního prostředí nebo s nuceným prouděním, odpařovače s ventilátorem	Odpařovač je silně omrznut v důsledku vysokého požadavku na výkon, krytí špičkové spotřeby (peak – shaving), hlavní zařízení dodávky plynu vypíná a podobně.	Odpařovače jsou jmenovitě navrženy pro nějaké dané průtočné množství a čas. Jestliže toto je překročeno, pak teplota plynu na výstupu může poklesnout.
Vzduchový odpařovač se vzduchem z okolního prostředí nebo s nuceným prouděním, odpařovače s ventilátorem	Odpařovač je silně omrznut.	V případě přepínacího systému odpařovače vede k takové situaci stav, kdy přepínací ventil vzhledem ke své poruše se nepřesune do své správné polohy.
Vzduchový odpařovač se vzduchem z okolního prostředí nebo s nuceným prouděním, odpařovače s ventilátorem	Nízká teplota okolního prostředí po delší dobu neumožní příležitost pro odmrazení odpařovače.	Porucha časového přepínání, jestliže toto je instalováno. Špatné umístění odpařovače, jestliže není možno zajistit jeho odmrazení. Změny v dispozičním uspořádání okolo odpařovače, které ovlivní jeho účinnost (stěny vybudované v jeho blízkosti).
Odpařovače plně ve vodní lázni	Ve vodní lázni je nízká hladina nebo žádná hladina.	Vypouštěcí ventil zůstal otevřen. Netěsnosti, úniky, ve vodní lázni. Porucha systému přívodu vody / páry.
Parní odpařovače	Regulační ventil na páře neotevřel. Porucha dodávky páry z ohřivače.	Porucha ovladače ventilu. Porucha funkce polohovadla. Porucha funkce regulátoru. Přehřátá pára odpařuje obsah vodní lázně.
Odpařovače s elektrickým ohřevem	Porucha na elektrickém ohřevu.	Porucha na přívodu elektrické energie. Porucha spínacího ústrojí. Vyhořelý topný článek.
Odpařovače s vodní lázní ohřivanou topným ohřivačem	Porucha na topném plynu.	Nesprávná funkce systému řízení hořáku. Nedostatečný přívod paliva.
Vzduchové odpařovače s nuceným prouděním,	Zastavení ventilátoru. Odmrazovací ohřivače, tam,	Porucha na přívodu elektrické energie. Porucha přepínacího ústrojí.



vzduchové odpařovače s ventilátorem	kde jsou nainstalované, nepracují.	Mechanická porucha na ventilátoru.
Odpařovače na vzduch z okolního prostředí s vypínacími ohřivači	Tento vypínací ohřivač není schopen udržet teplotu plynu nad požadovanou minimální teplotou.	Porucha na přívodu elektrické energie. Porucha přepínacího ústrojí. Spálené topné články. Příliš velké průtočné množství.
Odpařovače opatřené čerpáním topného média	Porucha na zdroji tepla. Nízký nebo žádný průtok tepelného média.	Porucha na přívodu elektrické energie. Porucha přepínacího ústrojí. Mechanická porucha čerpadla.

## 4.2 Důsledky nízké teploty

Každý materiál, který je citlivý na křehký lom vykazuje tak zvanou s tím spojenou „přechodovou teplotu z houževnatého stavu do křehkého stavu“ (DBTT). Tato teplota DBTT představuje teplotu, pod kterou hodnota zkoušky vrubové houževnatosti podle Charpyho vykazuje velice rychlé snížení a k poruše v tomto případě dochází bez plastické deformace, jako na příklad bez výskytu významné míry prodlužování nebo poddajnosti. Vztah mezi houževnatostí a teplotou pro typický případ oceli s nízkým obsahem uhlíku je uveden na Obrázku 1. Ocel s nízkým obsahem uhlíku vykazuje snížení hodnoty energie při lomu se snižující se teplotou. Obvyklé konstrukční materiály, jako je uhlíkatá ocel nebo nízkolegovaná ocel nejsou vhodné pro použití pro nízkoteplotní zařízení a jsou citlivé na křehký lom při těchto nízkých teplotách.



**Obrázek 1: Závislost mezi nárazovou energií a teplotou pro uhlíkové oceli a austenitické nerezové oceli**

Austenitické nerezové oceli jsou houževnaté a zůstávají houževnaté při nízkých teplotách.

Materiály, jako jsou nerezové oceli, hliník, mosaz a měď, nevykazují žádný přechod mezi houževnatým / křehkým stavem a mohou se používat až do oblasti kryogenních teplot.

Jakákoliv část zařízení (potrubí, nádoby, ventily a podobně), která by mohla být vystavena působení nízkých teplot, musí být posouzena, aby bylo zajištěno, že takový materiál je vhodný k tomu, aby vydržel působení takové teploty.

Jestliže se uvažuje použití nekovových materiálů ve směru toku za odpařovačem, pak v takovém případě se musí provést vyhodnocení vlastností materiálů při nízkých teplotách a teprve potom se může učinit rozhodnutí o použití takových materiálů.

Křehký lom může vést k následujícím nebezpečným důsledkům:

**Uvolnění tlakové, objemové (PV) energie:** Uvolnění tlakové energie obsažené v zařízení.

Tlaková energie může způsobit poškození nebo úrazy v důsledku účinku tlakových sil trhací vlny na konstrukce a na pracovníky personálu. Vyrovnávací nádoby a potrubí o velkém průměru, které jsou spojené s odpařovači a které jsou zhotovené z materiálů, které jsou citlivé na křehký lom, představují zvláště velké nebezpečí pro pracovníky personálu a to vzhledem ke zvýšené tlakové a objemové energii PV, která je v takovém případě k dispozici při porušení a vzhledem ke z toho vyplývající zvětšené oblasti, kde by mohlo dojít k takovému úrazu či smrtelnému postižení.

**Tříštění zařízení na kousky:** Takové vrhání kousků nebo celých kusů v případě takto porušeného zařízení s vysokou rychlostí z místa vzniku je schopno způsobit poranění pracovníků personálu nebo to může způsobit další poškození zařízení, které se nalézá v blízkosti tříštěného zařízení.

**Ztráta obsahu:** Nekontrolované uvolňování procesní tekutiny obsažené v zařízení může zvýšit nebezpečné důsledky mimo zónu, která je ovlivněna působením odlétajících kousků zařízení nebo důsledků přetlaku v případě poruchy. Takto uvolněné procesní tekutiny mohou způsobit poranění pracovníkům personálu a mohou způsobit škody na zařízení, v závislosti na fyzikálních a chemických vlastnostech příslušného média.

**Kryogenní kapaliny unikající** ze zařízení mohou způsobit velké rozlití kapaliny a vznik oblaku páry. V tomto případě může dojít k popáleninám v důsledku působení kryogenních kapalin, může dojít ke zhoršené viditelnosti a k souběžnému poškození sousedních zařízení.

**Toxické tekutiny** zapříčiní nepříznivé efekty na zdraví pracovníků personálu nebo mohou vést k úmrtí, jestliže dojde dostatečnému vystavení se působení toxické koncentrace procesní látky. Tento dokument nepojednává o žádných toxických kryogenních látkách, avšak výsledek porušení v důsledku křehkého lomu například v kryogenním odpařovacím systému dusíku, který se používá k profukování v nějakém chemickém zařízení může spočívat v tom, že dojde k uvolnění toxických látek z procesu příslušného uživatele.

**Hořlavé látky**, jako je vodík, etylén nebo metan, budou tvořit hořlavý mrak nebo proud par. Zapálení takového mraku potom povede k přetlaku, jehož účinek se přidá k účinku uvolnění tlakové energie. Po uvolnění takového produktu může pokračovat požár proudu, požár ze vzplanutí nebo požár vznikly z takové rozlité kaluže tekutiny a toto vše může vést k popáleninám pracovníků personálu těmito kryogenními kapalinami a / nebo to může vést k poškození zařízení.

**Uvolnění kyslíku** povede k vytvoření na kyslík bohaté atmosféry, která může podporovat rychlé hoření mnoha materiálů.

**Uvolnění asfyxiantních či dusivých tekutin**, jako na příklad dusíku, argonu, povede k vytvoření atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku, což vede k nebezpečí postižení nebo ke smrtelnému nebezpečí pro osoby, které se pohybují v takovémto prostředí s nedostatečným množstvím kyslíku.

**Studené popáleniny:** Jako druhotné nebezpečí je tu nebezpečí ze studených popálenin v důsledku styku kůže se studeným potrubím nebo se studenými nádobami po takovém uvolnění produktu.

**Dodávka plynu, která je k dispozici:** Zkřehnutí a porucha systému mohou mít také za následek výpadek v dodávce zákazníkovi, což v některých případech může představovat další nebezpečí pro zákazníka. V případě uvedení do činnosti nízkoteplotního systému povede také k přerušení dodávky zákazníkovi, avšak obnovení dodávky v takovém případě je mnohem rychlejší než v případě, kdy dojde ke křehkému lomu.

## 5 Typy odpařovače

Tento dokument pojednává o následujících typech odpařovačů.

### 5.1 Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu z okolního prostředí

Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu z okolního prostředí jsou odpařovače, kde konvekční proudy atmosférického vzduchu v blízkosti povrchu žebrovaných trubek využívají tepla vzduchu okolního prostředí

k zajištění tepla k odpařování a ke zvýšení teploty plynu na výstupu z takového odpařovače na hodnotu pod teplotou okolního vzduchu.

## 5.2 Odpařovače s vysokým tepelným balastním množstvím energie (HTB)

Odpařovač s vysokým tepelným balastním množstvím energie HTB je odpařovač, který má uložené významné stabilizační množství energie, která zůstává v okamžiku výpadku elektrické energie, v případě poruchy v dodávce energie nebo v případech přetížení. Při poruše přívodu hmot a energií představuje čas k tomu, aby teplota na výstupu poklesla na teplotu křehnutí, několik minut nebo více. K poruše v dodávce energie může dojít v případě výpadku přívodu páry nebo paliva pro hořák nebo v poruše elektrického ohřevu v případě odpařovače s vodní lázní nebo v případě vytvoření ledu nebo omrznutí u vzduchového odpařovače s použitím vzduchu z okolního prostředí nebo u vzduchového odpařovače s nuceným prouděním. V následujícím jsou uvedeny příklady takového Odpařovače s vysokým tepelným zatížením (HTB):

- **Odpařovač s vodní lázní** – vodní lázeň je udržována na požadované teplotě prostřednictvím cirkulace horké vody, vstřikováním páry nebo prostřednictvím topných článků nebo pomocí ohřivačů topných uhlovodíkovým palivem. Odpařovací spirála, vinutý svazek nebo trubkový svazek ve vodní lázni využívají tepla vody k odpařování kryogenní kapaliny a k zajištění přehřívání ke zvýšení teploty plynu na výstupu z odpařovače. Tepelná hmota vody pomáhá snižovat změny procesní teploty na výstupu.
- **Odpařovače s elektrickým ohřevem v provedení jako kovový blok** – elektrická energie se v tomto případě používá v člancích elektrického ohřivače, který je zabudován v kovovém bloku a kterým je blok ohříván. Odpařovací spirála je také uložena v tomto bloku a tedy teplo přestupuje z tohoto bloku do kryogenní kapaliny k zajištění odpařování a přehřívání této tekutiny.
- **Vzduchové odpařovače využívající vzduchu z okolního prostředí, s nuceným prouděním, vybavené ventilátorem** - ventilátor se tu používá ke dmychání vzduchu na povrch žebrovaných trubek a tak se využívá značného množství tepla vzduchu okolního prostředí k zajištění tepla k odpařování a ke zvýšení teploty plynu na výstupu z takového odpařovače na hodnotu pod teplotou okolního vzduchu. V případě, že ventilátor není v provozu, má odpařovač sníženou kapacitu.
- **Vzduchové odpařovače využívající vzduchu z okolního prostředí s vyrovnávacími ohřivači** – elektrické ohřivače jsou nainstalované ve směru technologického toku za vzduchovými odpařovači na vzduch z okolního prostředí a zajišťují přehřátí plynu ke zvýšení teploty plynu na výstupu z odpařovače nad minimální dovolenou teplotu pro systém ve směru toku za odpařovačem.
- **Vzduchový odpařovače využívající vzduchu z okolního prostředí s přepínacím systémem** – jedná se o dva odpařovače nebo o skupiny odpařovačů paralelně zapojených, kde proud je přepínán mezi odpařovači nebo skupinami odpařovačů, aby se tak umožnilo odmazování jednoho odpařovače nebo skupiny odpařovačů.

## 5.3 Odpařovače s nízkým tepelným balastním množstvím energie (LTB)

Odpařovač LTB s nízkým tepelným balastním množstvím energie je odpařovač, který má uložené malé nebo žádné stabilizační množství energie, která zůstává v okamžiku výpadku elektrické energie, v případě poruchy v dodávce energie nebo v případech přetížení. Při poruše přívodu hmot a energií může teplota na výstupu poklesnout na teplotu křehnutí za méně než jednu minutu. Konstrukční materiály odpařovače a zadržované množství média pro výměnu tepla (na příklad voda) definují takový tepelný balast.

Jako příklady jsou:

- **Odpařovače opatřené čerpáním ohřivačí tekutiny odpařovačem**, bez balastu, vzduchové odpařovače s použitím vzduchu z okolního prostředí, s použitím teplé nebo horké vody, kdy se využívá zjevného tepla vody k zajištění tepla k odpařování a ke zvýšení teploty na výstupu plynu z odpařovače.
- **Odpařovače s pláštěm na ostrou páru** – pára je vstřikována do výměníku tepla v regulovaném množství, aby kondenzovala na trubkách s produktem, přičemž skupenské teplo páry se používá k odpaření kryogenní kapaliny a k zajištění přehřátí ke zvýšení výstupní teploty plynu na hodnotu

teploty vzduchu okolního prostředí nebo nad teplotu okolního prostředí. Není v tomto případě žádná významná tepelná hmota, která by pomohla redukovat kolísání procesní teploty na výstupu, jestliže průtočné množství páry mění.

## 6 Filozofie návrhu

### 6.1 Vnitřní bezpečnost

Pokud se jedná o křehnutí za nízkých teplot, odpařovací systém s vnitřní bezpečností je takový systém, kde teplota na výstupu plynu nemůže poklesnout pod minimální jmenovitou teplotu pro potrubní materiál nebo materiál přidruženého zařízení. Za takového stavu není zapotřebí aplikovat žádná ochranná opatření proti nízké teplotě a tedy, toto by měla být alternativa procesu, které by se mělo dávat přednost.

Příkladem by v tomto případě měl být odpařovací systém, kdy komponenty ve směru technologického toku za odpařovačem a potrubí až k místu konečného použití včetně místa takového konečného použití jsou provedené z materiálů vhodných pro kryogenní teploty (jako na příklad nerezová ocel, měď mosaz).

### 6.2 Posouzení rizika

Za všech ostatních situací se musí celý systém (včetně všech systémů procesního měření, systémů monitorování a regulace teploty a průtočného množství) vyhodnotit na základě rozboru nebezpečí a musí být tedy podrobeny zhodnocení rizik. Toto vyhodnocování se může provádět na všeobecně uznávaném základě. Je třeba, aby byly zhodnoceny důsledky, když je možná porucha systému pod tlakem a tyto důsledky potom musí být sníženy, kde je to možné (na příklad odstraněním vyrovnávacích nádob, kde nejsou zapotřebí).

Zhodnocení rizik by mělo zahrnovat následující:

- pravděpodobnost výskytu jevu nízké teploty, přičemž se bere v úvahu typ odpařovače a stávající nebo předpokládaná model použití,
- důsledky působení nízké teploty, přičemž se bere v úvahu povaha tekutiny, uskladněná energie, umístění zařízení a pravděpodobnost přítomnosti osob v blízkosti takového zařízení,
- přítomnost jakýchkoliv úrovní ochrany existujících v takových oblastech, jako všeobecný návrh procesu a základní systém řízení procesu,
- přítomnost poplachů, výstražných signalizací, na které lze odpovědět včasným způsobem a účinným způsobem,
- jakákoliv jiná zmírňující opatření nebo jakékoliv zmírňující faktory, které mohou snížit pravděpodobnost nebo důsledky takového jevu, jako na příklad frekvence provádění kontrolních prohlídek a návštěv za účelem monitorování vytváření ledu, namrzání potrubí a podobně.

Tyto faktory by se měly uvažovat při stanovování požadované pravděpodobnosti poruchy při poptávání jakéhokoliv potřebného ochranného systému proti nízkým teplotám.

Mezinárodní norma IEC 61511 [6] poskytuje metodiku pro určování potřebné pravděpodobnosti poruchy při poptávání nějakého ochranného systému proti nízkým teplotám a to ve vztahu k definované cílové míře rizika.

Rozbor nebezpečí a zhodnocení rizik musí ideálně zahrnovat systém zákazníka. Tam, kde to není možné v důsledku nedostatku informací o systému zákazníka, musí být jasně definované hranice dodávky (battery limit) s normálními a nenormálními procesními parametry.

Specifikace nízkoteplotního ochranného systému může používat jakékoliv kombinace ochran, bezpečnostních opatření, která jsou přehledně uvedena v následujících odstavcích. Není třeba, aby byly opatřeny všechny takové ochrany a všechna taková bezpečnostní opatření, avšak návrh takového systému musí zahrnovat dostatečné ochrany a bezpečnostní opatření tak, aby zhodnocení systému ochrany potom vyústilo v nějaké přijatelně nízké riziko.

V typickém případě takové ochrany a bezpečnostní opatření sestávají ze systémů a komponent, které jsou navrženy tak, aby splňovaly následující:

- Snížit na minimum pravděpodobnost takových procesních požadavků a odchylek, které by mohly způsobit unášení či přestřik studených par nebo kapalin z odpařovačů do systému dále za

odpařovačem ve směru technologického toku, jako na příklad škrcením průtoku na maximální mez nebo s použitím pevných zařízení na omezování průtoku.

- Monitorovat a detekovat nízkou teplotu, vysoká průtočná množství studené kapaliny nebo výpadek přívodu tepla do výměníků tepla.
- Uzavírací zařízení k zastavení procesních toků.
- Opatřit alternativní, náhradní odpařovač nebo systém přívodu plynu.

V typickém případě zahrnuje monitorovací zařízení s připojenými poplachy, výstražnými signalizacemi a odstaveními, jak se to požaduje podle zhodnocení rizik, následující:

- Nízkoteplotní detekce v procesních proudech vycházejících z odpařovačů.
- Detekce výpadku přívodu hmot a energií do ohřívacích jednotek odpařovačů.
- Nízkoteplotní detekce nebo nízkotlaká detekce na přívodu hmot a energií do jednotek ohřevu v systému odpařovače.

Bezpečnostní uzavírací zařízení mohou zahrnovat následující:

- Blokování průtoku procesního plynu vystupujícího z odpařovače nebo z ohřivače.
- Blokování (uzavření) čerpadel.
- In line (spřažené) uzavírací ventily z kteréhokoliv ze shora uvedeného zařízení a to včetně skladovacích nádrží.

Při poptávání ochrany a bezpečnostních zařízení se musí uvažovat při posuzování rizik pravděpodobnost poruchy. Tyto údaje musí být k dispozici od výrobce zařízení, od plynárenské společnosti nebo z uznávaných veřejně publikovaných zdrojů.

Jakékoliv následné změny v návrhu nebo provozní změny musí být předmětem kontroly, revize rozboru nebezpečí a posouzení rizik.

### 6.3 Spolehlivost dodávky zákazníkovi

Jako součást zhodnocení rizik se musí uvažovat dopad navrhovaných ochrany a bezpečnostních zařízení na spolehlivost dodávky zákazníkovi. Toto je obzvláště důležité v případech systémů nepřetržité dodávky zákazníkovi. V takových případech, kde se to požaduje, se může zvýšená spolehlivost ve směru proudu podpořit na příklad zajištěním dostatečné zálohy komponent (nebo systému) (na příklad volbou dvou ze tří teplotních snímačů, zdvojenými paralelně nainstalovanými uzavíracími ventily, nebo zdvojenými linkami odpařovačů) nebo povýšením materiálové volby na vnitřně bezpečný systém.

## 7 Hodnocení nebezpečí

Jako součást procesu hodnocení rizik se musí brát v úvahu pravděpodobnost jevů nízké teploty a důsledky nízkoteplotních jevů. Musí se hodnotit relativní závažnost důsledků a relativní pravděpodobnost začátku takových jevů. Následující odstavce poskytují vodítko k celkovému hodnocení rizik.

### 7.1 Tlaková objemová (PV) energie

Uvolnění tlakové energie, která je obsažena v zařízení, může způsobit škody na zařízení nebo zranění pracovníků personálu v důsledku uvolněných lokalizovaných tlakových sil. Takovéto vrhání kousků nebo celých kusů porušeného zařízení s vysokou rychlostí z místa vzniku je také schopno způsobit poranění pracovníků personálu v místě nebo to může způsobit další poškození na zařízení, které se nalézá v blízkosti zařízení, ze kterého odlétají kousky materiálu.

Vyrovňovací nádoby a potrubí o velkém průměru, které jsou spojené s odpařovači a které jsou zhotovené z materiálů, které jsou citlivé na křehký lom, představují zvláště velké nebezpečí pro pracovníky personálu a to vzhledem ke zvýšené tlakové a objemové energii PV, která je v takovém případě k dispozici při porušení a vzhledem ke z toho vyplývající zvětšené oblasti, kde by mohlo dojít k úrazu či smrtelnému postižení v důsledku trhavé přetlakové vlny. Velikost takového nebezpečí se může seřadit či hodnotit prostřednictvím klesající stupnice, jak je to uvedeno v následujícím, kde P znamená maximální provozní tlak vyjádřený v barech přetlaku a V je objem nádoby vyjádřený v litrech.

Tabulka 2 – Klasifikace energie PV

Úroveň ostrosti PV	Typ	Příklad
P3	Odpařovač, u kterého součin maximálního provozního tlaku (bar g) a vodní kapacity vyrovnávací nádoby (litry) je větší než 180 bar. litry nebo součin maximálního provozního tlaku (bar g) a vnitřního průměru výstupního potrubí (mm) je větší než 3500 bar.mm.	Vyrovnávací nádoba dále ve směru technologického toku.
P2	Odpařovač, u kterého součin maximálního provozního tlaku (bar g) a vnitřního průměru výstupního potrubí (mm) je větší než 1000 bar.mm, avšak menší nebo roven 3500 bar.mm nebo součin maximálního provozního tlaku (bar g) a vodní kapacity vyrovnávací nádoby (litry) je menší nebo roven 180 bar.litry.	Potrubí o velkém průměru ve směru technologického toku za odpařovačem.  Příklad: maximální provozní tlak 17,5 bar (g), průměr potrubí 200 mm (jmenovitý průměr 8 palců)
P1	Odpařovač, u kterého součin maximálního provozního tlaku (bar g) a vnitřního průměru výstupního potrubí (mm) je menší nebo roven 1000 bar.mm.	Potrubí o velkém průměru ve směru technologického toku za odpařovačem.  Příklad: maximální provozní tlak 10 bar (g), průměr potrubí 100 mm (jmenovitý průměr 4 palců)

POZNÁMKA – Shora uvedené hodnoty jsou založeny na rozboru skupin a kategorií podrobně rozvedených ve Směrnici o tlakových zařízeních, PED 97/23/EC. [7]

## 7.2 Nebezpečnost látek

Kryogenní kapaliny unikající ze zařízení mohou způsobit velké rozlití kapaliny a vznik oblaku páry. V tomto případě může dojít k popáleninám v důsledku působení kryogenních kapalin, může dojít k nejasnému vidění a k souběžnému poškození sousedních zařízení a může dojít k postižení osob. Velikost takového nebezpečí se může vyhodnocovat v sestupném pořadí, jak je to uvedeno v následujícím:

Tabulka 3 – Klasifikace nebezpečí tekutin

Úroveň velikosti nebezpečí	Typ nebezpečí vztahovaný na úroveň nebezpečnosti PV	Příklad
H3	Toxické nebo hořlavé. Všechny třídy	Porušení, prasknutí potrubí ve směru technologického toku za odpařovačem by mohlo mít za následek uvolnění toxického plynu, který by se vrátil ze systému uživatele nebo porušení, prasknutí potrubí ve směru technologického toku za odpařovačem by mohlo mít za následek uvolnění hořlavého plynu ze systému uživatele nebo z odpařovače kapalného vodíku nebo kapalného metanu nebo z odpařovače kapalného etylénu.
H2	Kyslík pro PV třídy P3 a P2	Uvolnění kyslíku způsobí tvorbu na kyslík bohaté atmosféry, která může podpořit rychlé spalování mnoha materiálů. V nebezpečí jsou v tomto případě zvláště osoby, které jsou v blízkosti a kouří, řidiči vozidel nebo provádějící práce tepelného zpracování, práce za tepla.
H1	Inerty pro všechny třídy PV a kyslík pro třídu P1	Uvolnění dusivých plynů [na příklad dusík, argon] způsobí tvorbu atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku, což představuje nebezpečí postižení nebo smrtelného postižení osob pohybujících se v takové atmosféře s nedostatkem kyslíku.

### 7.3 Pravděpodobnost nízké teploty

Pravděpodobnost výskytu jevu nízké teploty je ovlivňována návrhem procesu a stupněm zátěže stabilizační energie odpařovače. Pravděpodobnost nebezpečí může být zhodnocena v klesajícím pořadí následujícím způsobem:

**Tabulka 4 – Klasifikace pravděpodobnosti výskytu nízké teploty**

Úroveň pravděpodobnosti výskytu nízké teploty	Typ
L2	Odpařovače s vysokým tepelným zatížením či stabilizačním množstvím energie (HTB), jako jsou odpařovače s vodní lázní, ohříváné parou, topené palivem nebo vyhříváné elektrickou energií. Odpařovač opatřený ventilátorem nebo vzduchový odpařovač na okolní vzduch s vhodným dodatečným ohřivačem nebo systém přepínací.
L1	Vzduchový odpařovač na okolní vzduch bez přepínacího systému.

POZNÁMKA: Odpařovače s nízkým tepelným zatížením či stabilizačním množstvím energie jsou specificky vyloučeny z tabulky 4 a z tabulek 6.1, 6.2 a 6.3 z důvodů uvedených v části 8.8.

### 7.4 Provozní model

Pravděpodobnost výskytu jevu nízké teploty je ovlivňována provozním modelem odpařovače. Pravděpodobnost nebezpečí je možno zhodnotit v klesajícím pořadí následujícím způsobem:

**Tabulka 5 – Klasifikace typu provozu**

Provozní model	Typ
S2	Kontinuální dodávka nebo záloha pro krytí špičkových potřeb.
S1	Pouze záložní dodávka.

## 8 Kritéria bezpečného návrhu

### 8.1 Materiály na výstupu odpařovače

Když potrubí ve směru technologického toku za kryogenním odpařovačem včetně přívodního potrubí pro zákazníka a připojeného procesního zařízení jsou zcela vyrobené z materiálů vhodných pro použití za nízkých teplot, pak není zapotřebí nízkoteplotního uzavíracího systému.

Každý odpařovací systém vyžaduje na výstupu z odpařovače určitou délku potrubí navrženou na kryogenní podmínky. Délka kryogenního potrubí musí být dostatečně velká, aby teplota plynu za náročnějších podmínek při narušení ustáleného stavu, což by mohlo vést k odstavení systému, nevedla ke snížení teploty zařízení pod teplotu přechodu mezi houževnatostí a křehkostí na konci takové délky potrubí dříve, než se provedou příslušné nápravné akce.

Jakékoliv měřicí zařízení pro detekci nízké teploty, které se pro tento systém požaduje, musí být nainstalované na vstupu této linie kryogenního potrubí, aby tak takové přístrojové vybavení měření a regulace mělo k dispozici přiměřený čas k tomu, aby reagovalo na změny v podmínkách na výstupu.

Veškeré potrubí a zařízení, vybavení (na příklad regulátory a ručně ovládané ventily), které jsou nainstalované na kryogenní délce potrubí musí být specifikovány z materiálu vhodného provoz za kryogenních podmínek.

Pro pojistná zařízení pro odlehčení tlaku, která jsou umístěná na výstupu z odpařovače kryogenní kapaliny, musí být vstupní potrubí do takových pojistných – odlehčovacích zařízení tlaku a výstupní potrubí, kde je to příslušné a odpovídající, specifikována z takových materiálů, které jsou vhodné pro provoz za kryogenních podmínek. Normálně se musí pojistné, odlehčovací zařízení dimenzovat na podmínky teplého plynu, které jak se předpokládá, se budou vyskytovat za normálních podmínek provozu, avšak musí vydržet působení kryogenních podmínek v případě, že dojde k přetížení odpařovače nebo ke stavu výpadku ohřevu, k čemuž by mohlo dojít za stavu zablokování, během kterého by pojistné zařízení bylo vyzváno k zareagování.

Odpovídající, přiměřená pružnost zařízení musí být udržena pro celý systém ve směru technologického toku za odpařovačem až ke hranici dodávky se zákazníkem a včetně této hranice.

## 8.2 Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí

Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí jsou bezpečnější než takové návrhy či konstrukční provedení vyžadující vnější přívod tepla. Dimenzování takové jednotky bere v úvahu očekávané, předpokládané podmínky okolního prostředí, předpokládanou dobu kontinuálního provozu odpařovače a deklarované průtočné množství a model spotřeby ze strany zákazníka. Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí, které byly správným způsobem dimenzované, s větší pravděpodobností zabrání výskytu stavu nízké teploty za předpokládaných podmínek než je tomu v případě odpařovačů využívajících hmoty a energie. Je tu však stále ještě určité nebezpečí spočívající v tvorbě ledu a neodmrazování).

Vysoce spolehlivé systémy dodávky plynu využívají vzduchových odpařovačů s použitím vzduchu okolního prostředí kdykoliv je to jen možné.

## 8.3 Nezávislé úrovně ochrany

Systém ochrany proti nízkým teplotám v typickém případě zahrnuje tři komponenty:

- Zařízení pro detekci teploty,
- Logické řešící ústrojí,
- Uzavírací zařízení.

Logickým řešícím ústrojím může být systém relé nebo programovatelný logický regulátor nebo nějaký jiný elektronický řídicí systém.

Kde jsou opatřeny dva nebo více LTPS, pak komponenty v takovém případě u každého LTPS na sobě musí být nezávislé, aby se tak snížila možnost společné poruchy režimu, to tedy znamená, že LTPS jsou nezávislými úrovněmi ochrany.

## 8.4 Uzavírací ústrojí a ventily

Cokoli z následujících možností představuje přijatelné uzavírací prostředky:

- Uzavírací ventil na výstupu z odpařovače,
- Uzavírací ventil na vstupu do odpařovače,
- Odstavení motoru čerpadla na čerpadle či na čerpadlech přivádějících kapalinu do odpařovače.

Tam, kde použito uzavíracího ventilu nebo uzavíracích ventilů, musí být tyto uzavírací ventily přednostně navrhované na selhání ohledně zavření při výpadku energie nebo média přístroje. Ventily na selhání při otevření se u odpařovacích systémů nesmí používat pokud příslušné podrobné zhodnocení rizika neukáže, že takové řešení je přijatelné.

Může být jako přijatelné pro funkce nouzového odstavení zahrnout stávající regulační ventil (na příklad namontováním solenoidu na přívod vzduchu k regulačnímu ventilu na selhání při zavření). Takový systém musí být odpovídajícím přiměřeným způsobem navržen pro takový účel a musí být konfigurován tak, aby umožnil periodické testování funkce uzavírání a opětné obnovení průtoku přes snímač teploty potom, co došlo k odstavení.

Jak však bylo uvedeno v Tabulce 1, porucha základní regulační smyčky procesu může také být příčinou nízké teploty, takže toto se musí vzít v úvahu při volbě řešení LTPS.

Zkapalněný plyn nesmí být uzavřen mezi automaticky ovládané nebo ručně ovládané uzavírací ventily nebo zpětné ventily, aniž by taková část systému byla opatřena pojistným ventilem tlaku.

## 8.5 Škrťací ventily

Škrťací ventily a regulační obvody musí být navrženy tak aby snížily průtočné množství pro koncového uživatele v poměru ke sníženému množství energie, které je k dispozici pro odpařovací zařízení.

Funkce regulace teploty se často používá k působení na regulační ventil umístěný na potrubí. Tento regulační ventil bude redukovat průtočné množství produktu v závislosti na klesající teplotě, a zabrání tak stavu nízké teploty a možnému následnému vypnutí.

Jestliže by odezva škrťacího ventilu neregulovala odpovídajícím způsobem na teplotu plynu na výstupu z odpařovacího zařízení, pak musí dojít k odstavení průtoku, pokud podrobné zhodnocení rizika v tomto případě neukáže, že to není přijatelné nebo to není nezbytné.



## 8.6 Zařízení pro detekci teploty

Zařízení pro snímání teploty, které se používá nebo která se používají u systémů ochrany před nízkými teplotami, by měly být umístěné na proudu plynu v blízkosti výstupu z odpařovacího zařízení. Jednotlivá snímací zařízení nebo jeden ze dvou systémů volby může být zapotřebí a to v závislosti na požadované pravděpodobnosti poruchy v odběru. Z důvodů spolehlivosti dva ze tří systémů volby mohou být zapotřebí k aktivaci systému pro odstavení.

Při volbě příslušného zařízení a při navrhování systému by měly být brány v úvahu požadavky na údržbu a na testování. U pasivních zařízení, jako jsou na příklad spínače, mají intervaly zkoušek přímý vztah k pravděpodobnosti poruchy v odběru. Je dobře známým problémem, že zařízení kapilárního typu, která jsou namontována bez teploměrné jímky, mohou být testována na příklad pouze během odstávky.

## 8.7 Čerpací systémy

V případech, kde se používá kryogenních čerpadel k zajištění přívodu zkapalněného plynu do odpařovacího zařízení, určuje kapacita čerpadla maximální průtočné množství, které je k dispozici pro zákazníka a tedy, kapacita příslušného odpařovacího zařízení musí být uzpůsobena kapacitě čerpání. Signál nízké teploty může být použit k zastavení motoru čerpadla, což tedy v tomto případě poskytuje ústrojí pro odstavení v důsledku nízké teploty.

## 8.8 Odpařovače s nízkým tepelným zatížením množstvím energie (LTB)

V důsledku extrémně rychlého poklesu teploty vystupujícího plynu v případě výpadku hmot a energií u trubkových parních ohřivačů a odpařovačů s čerpanou kapalinou bez balastního množství stabilizační tepelné energie se jejich použití u nových zařízení nedoporučuje. V případech, kdy se v důsledku omezeného prostoru uvažuje o jejich použití je zapotřebí provést podrobný rozbor rizik.

## 8.9 Vyrovnávací nádrže a jejich umístění

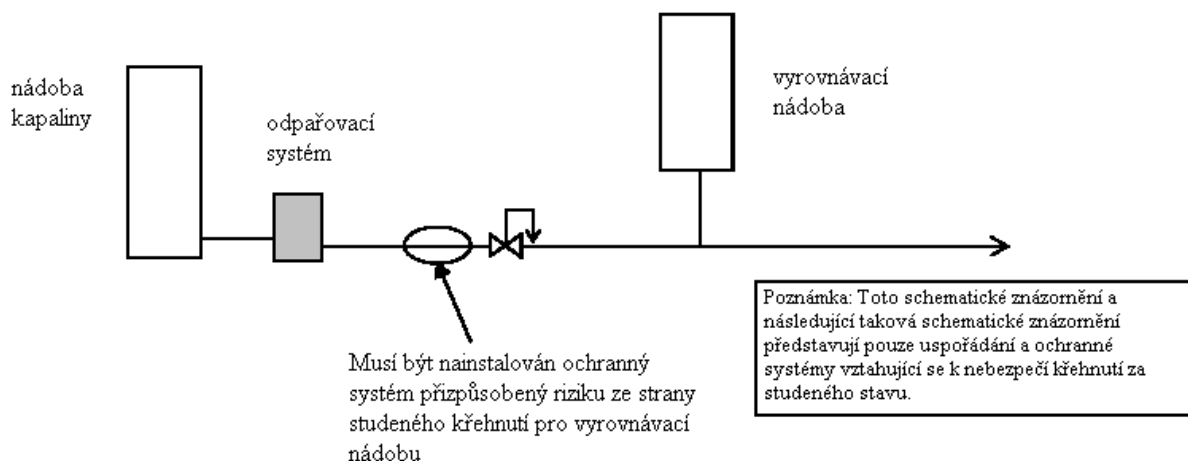
### 8.9.1 Umístění vyrovnávacích nádrží, které jsou v provedení uhlíkové oceli.

Vyrovnávací nádrže, které jsou nainstalované ve směru technologického toku za odpařovacími systémy, by se měly používat pouze v takových případech, kdy je to důležité, zásadní. A to vzhledem k tomu, že takové vyrovnávací nádrže představují zvláštní nebezpečí pro pracovníky personálu a to v důsledku zvýšené tlakové – objemové (PV) energie, která se vyskytuje při nízkoteplotní poruše a v důsledku následného zvětšení oblasti, kde by mohlo docházet k poraněním nebo ke smrtelným úrazům vyplývajícím z účinku trhavé přetlakové vlny.

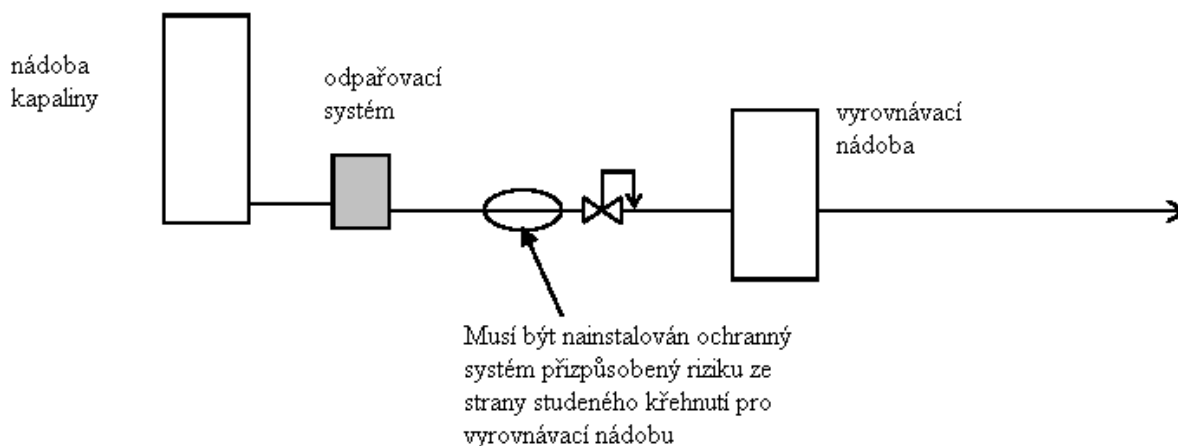
V takových případech, kdy se těchto vyrovnávacích nádrží použije, musí umístění těchto vyrovnávacích nádrží snižovat na minimální hodnotu nebezpečí plynoucí z toho, že by mohlo dojít k vniknutí studeného média do těchto vyrovnávacích nádrží. V závislosti na typu zařízení jsou možná různá umístění v systému dodávky:

#### 8.9.1.a Zařízení typu 1: kontinuální dodávka

Zařízení, která jsou opatřena nádobou na kapalinu, odpařovacím systémem a vyrovnávací nádobou: V takových případech, kde je to možné, vyrovnávací nádrž by se měla instalovat nikoliv na hlavním vedení, ale na odbočkovém vedení.



Obrázek 2: Schéma 1 – Přednostní instalace vyrovnávací nádrže pro potřeby kontinuálního provozu



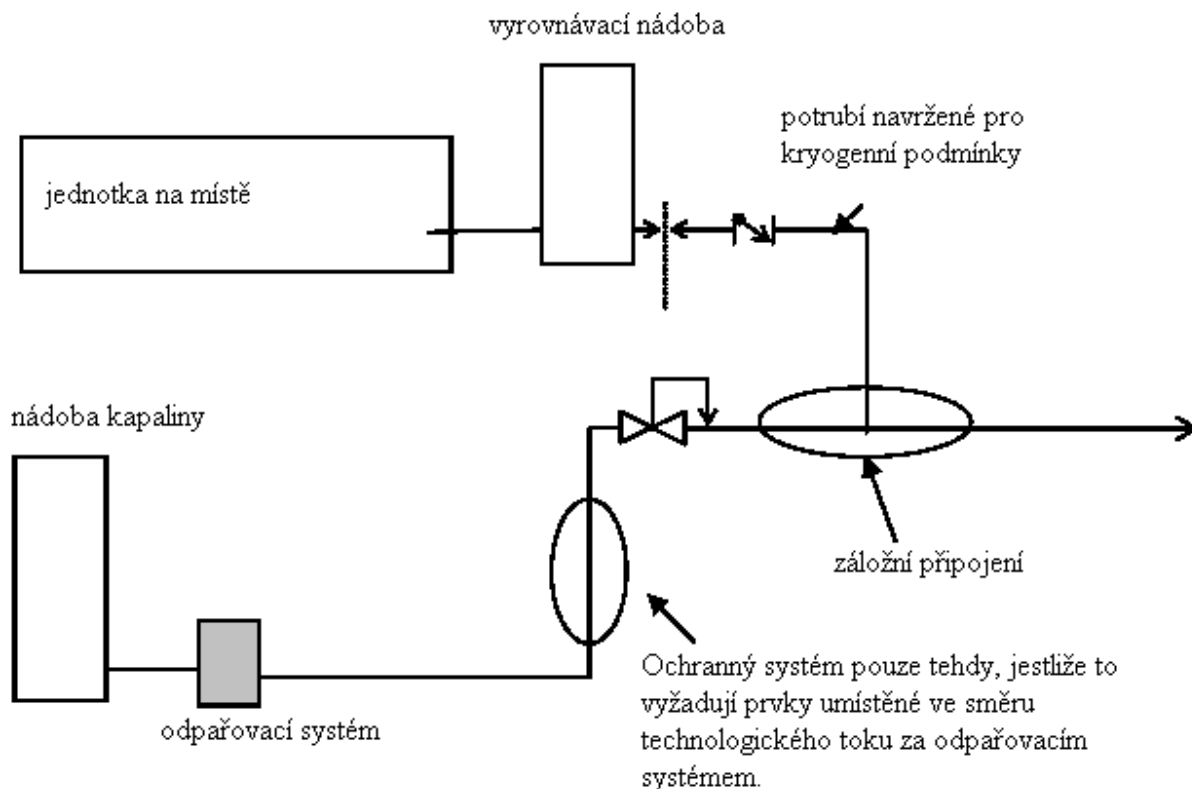
Obrázek 3: Schéma 2 – Další možné montáže vyrovnávací nádrže pro potřeby kontinuálního provozu

V obou případech (vyrovnávací nádrž je nainstalována na odbočkovém vedení nebo je vyrovnávací nádrž nainstalována na hlavním vedení) musí být ochranný systém přizpůsobený nebezpečí křehkého lomu pro tuto vyrovnávací nádrž nainstalován ve směru toku před touto vyrovnávací nádrží.

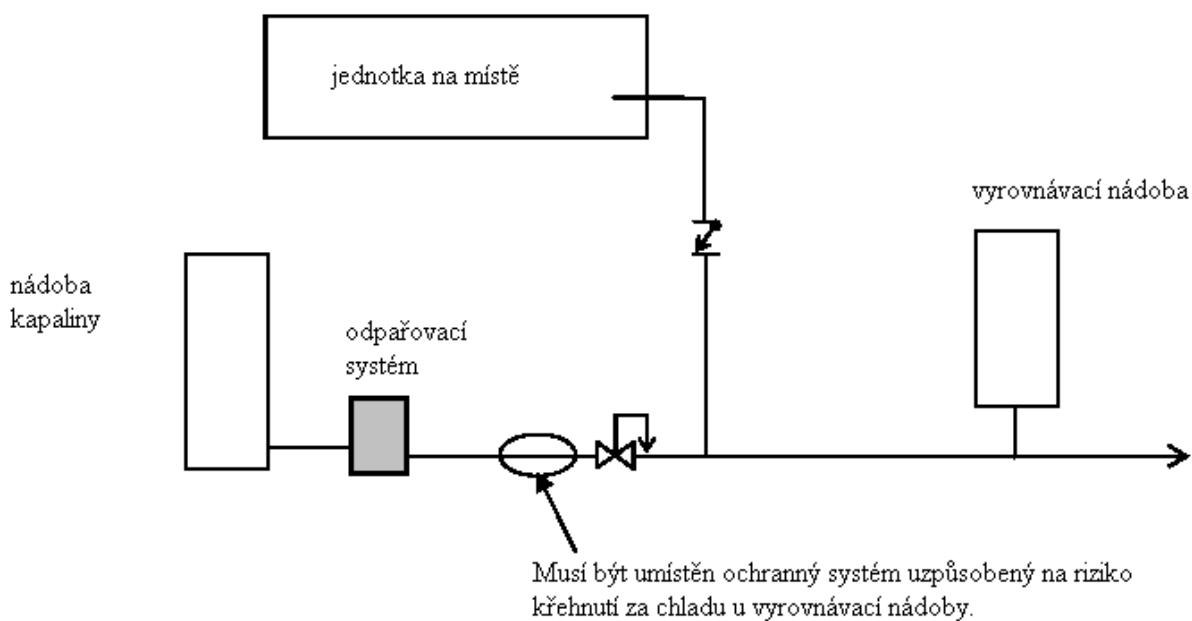
#### 8.9.1.b Zařízení typu 2: pouze záložní dodávka nebo záložní dodávka s krytím špičkových potřeb

Zařízení s nádobou na kapalinu, s odpařovacím systémem, generátorem plynu na místě a s vyrovnávací nádrží: Jsou dvě možná umístění takové vyrovnávací nádrže, jak je uvedeno v následujícím:

1. Kdykoliv to bude možné, měla by se vyrovnávací nádrž umístit v části generátoru plynu, za odpařovacím systémem, ve vedení produktu nebo na odbočkovém vedení a měla by být chráněna zpětným ventilem. Viz níže uvedené schéma 3. Při tomto uspořádání s vyrovnávací nádrží umístěnou na výstupním vedení z jednotky na místě není třeba tuto vyrovnávací nádrž brát v úvahu při rozhodování o tom, zda instalovat ochranný systém ve směru technologického toku za odpařovacím systémem a při jeho navrhování. Vyrovnávací nádoba je chráněna svým umístěním.
2. Vyrovnávací nádrž se může nainstalovat ve směru technologického toku za odpařovacím systémem (na hlavním vedení nebo na odbočkovém vedení), ale v takovém případě se musí před touto vyrovnávací nádobou nainstalovat ochranný systém uzpůsobený na riziko křehkého lomu u této vyrovnávací nádoby. Viz níže uvedené schéma 4.



Obrázek 4: Schéma 3 – Přednostní instalace vyrovnávací nádoby pro záložní provoz



Obrázek 5: Schéma 4 – Jiná možná instalace vyrovnávací nádoby pro záložní provoz

## 8.10 Různé odpařovače v paralelním zapojení

Různé odpařovače v paralelním zapojení (na příklad vzduchový odpařovač či vzduchové odpařovače jako záložní k odpařovači s vodní lázní s ohřevem parou nebo přidání druhého odpařovače od jiného výrobce s odlišným výkonem a podobně) mohou vytvářet situace vedoucí k nebezpečí.

Jestliže hydraulické a tepelné parametry dvou odpařovacích systémů nejsou stejné, pak tedy kryogenní kapalina přednostně proudí do menšího odpařovače, který obvykle vykazuje menší tlakovou ztrátu. Když tento menší odpařovač začíná být chladnější a kapacita odpařování je snižena, pak tlaková ztráta se dále snižuje (v důsledku toho, že v trubkách odpařovače je větší množství kapaliny). Jestliže toto pokračuje, pak veškerá kapalina bude proudit pouze do menšího odpařovacího systému a druhý odpařovací systém potom nebude vůbec využíván.

Teplota na výstupu potom může poklesnout pod návrhovou teplotu části ve směru toku za odpařovačem, což vytváří nebezpečí. Je tedy důležité během přípravy k provozu a při uvádění do provozu vyrovnat proudy mezi odpařovači seřízením ventilů na vstupu a výstupu odpařovače, aby se tak zabránilo potenciálnímu nebezpečí.

## 9 Úvahy o ochraně proti nízkým teplotám

### 9.1 Systém nepřetržité dodávky

Tento typ systému se používá pro proces zákazníka nebo koncového užití, kde:

- Odstavení, které plně přeruší procesní tok k zákazníkovi, nemůže být bezpečně tolerováno.
- Kde se používá omezování proudu, musí být akceptováno zákazníkem.

Požadavek nepřetržitého toku produktu k místu použití může být zajištěn čtyřmi způsoby: viz odstavce 9.1.1 až 9.1.4.

V důsledku důležitosti kontinuity dodávky může být za určitých situací spolehlivost dodávky zvýšena instalací výstražné signalizace vysokého průtočného množství a/nebo nízké teploty. Část 10.2 popisuje požadavky na odezvy na výstražné signalizace.

#### 9.1.1 Materiály

Používejte kryogenně kompatibilní komponenty, tedy vyhovujících pro nízké teploty (na příklad nerezová ocel, vysokolegované niklové oceli, měď, vhodná těsnění a podobně) v celém systému až k hranici dodávky zákazníka. Zákazník musí být řádným způsobem upozorněn a musí mu být náležitě doporučeno, že systém až k místu konečného použití včetně tohoto místa konečného použití musí být vhodný pro kryogenní podmínky. Základem tohoto přístupu je potřeba zajistit odpovídající pružnost potrubí v celém teplotním rozsahu.

#### 9.1.2 Přebytný systém

Používejte redundantní, nadbytečný nezávislý systém dodávky poskytující tok do stejných míst použití. Každý nezávislý zdroj kryogenní dodávky musí být vybaven systémem LTPS.

#### 9.1.3 Omezující clonka

V systému dodávky se může použít omezující clonka. Tato clonka je dimenzována tak, aby omezovala průtok kapaliny po definované maximální časové období tak, aby nikdy nedošlo k přetížení odpařovače. Toto si však vyžaduje pečlivého výpočtu. Toto řešení je použitelné pouze pro vzduchové odpařovače s využitím vzduchu okolního prostředí, jak je to definováno v odstavci 5.1 a doporučuje se, aby toto bylo omezeno pouze na zařízení s úrovněmi P1 nebo P2 ostrosti PV (tabulka 2) a s úrovní H1 míry ostrosti nebezpečí (tabulka 3). Při tomto řešení není třeba instalovat LTPS.

#### 9.1.4 Škrťací ventil

Škrťací ventil, jak je popsán v odstavci 8.5, se může použít k omezení průtoku, aby nikdy nebyla překročena kapacita odpařovačů. Musí však být navržen tak, aby se ventil nemohl dostat do plně uzavřené polohy (na příklad při použití zařízení pro mechanické zastavení). Toto minimální zbývající průtočné množství musí být tak dostatečně malé, aby teplota na výstupu z odpařovače neklesla po určité definované časové období pod dovolenou minimální teplotu. Toto řešení je použitelné pouze pro vzduchové odpařovače s využitím vzduchu okolního prostředí, jak je to definováno v odstavci 5.1 a doporučuje se, aby toto bylo omezeno pouze na zařízení s úrovněmi P1 nebo P2 ostrosti PV (tabulka 2) a s úrovní H1 míry ostrosti nebezpečí (tabulka 3). Při tomto řešení není třeba instalovat LTPS.

## 9.2 Požadavky na přetržitou dodávku

Kteroukoliv ze shora uvedených metod ochrany proti nízké teplotě vyjmenovaných v oddíle „Nepřetržitý průtok“ je možno použít i za situací, kdy přerušit tok lze.

### 9.2.1 Přístroje vybavené systémy odstavení

Pro požadavky na přetržitou dodávku se v typických případech setkáváme se dvěma režimy odezvy:

- Okamžité odstavení (což znamená, bez snížení průtoku před odstavením).
- Škrcení, po kterém následuje odstavení.

Zvolený bod spuštění specifického nízkoteplotního odstavení je funkcí použitého materiálu potrubí a použitých požadavků návrhu, jak je to popsáno níže v textu.

### 9.2.2 Body nastavení teploty

#### 9.2.2.a Bod nastavení spuštění

Uhlíková ocel nebo jiné materiály, které nejsou pro podmínky kryogenických teplot nebo pro teploty chladných tekutin použitelné musí být chráněné před stykem s kryogenickou látkou. Při stanovování vhodnosti materiálů pro použití u odpařovacích systémů by se měly brát v úvahu národní normy a sbírky norem pro tlakové nádoby a potrubí.

Tak na příklad, ASME B31.3, Procesní potrubí [8] definuje minimální provozní teplotu určitých jakostí uhlíkové oceli jako  $-29\text{ °C}$ , jestliže tyto oceli jsou použité s plnými hodnotami namáhání podle sbírky norem ASME Code bez provádění zkoušky na vrubovou houževnatost podle Charpyho. Dovoluje také použít při nízkých teplotách jiných jakostí, jestliže jsou splněna přísnější kritéria.

Rázové zkoušky uhlíkových ocelí na vrubovou houževnatost (specificky takové uhlíkové oceli rázově zkoušené, které splňují pouze minimální požadavky ASTM, ASME nebo API) nezaručují odolnost proti křehkému lomu, avšak jemnozrná struktura těchto „nízkoteplotních“ ocelí poskytuje určitou odolnost proti iniciaci křehkého lomu.

Volba materiálu a tedy nastavení teploty, při které pracuje nízkoteplotní zařízení by měly být určované podmínkami okolí a veškerými tolerancemi nebo zpožděními systému snímání, aby tak bylo zajištěno, že nebude překročena minimální přípustná teplota. Jako minimum, se toto kritérium musí používat pro potrubí až k hranici dodávky zákazníka a včetně takové hranice. Zákazník musí být náležitě upozorněn o tom, že je jeho odpovědností dodržovat příslušnost přiměřenost návrhu, konstrukce na své straně hranice dodávky.

V takových případech, kdy jsou aplikovatelné jiné sbírky norem by body nastavení spuštění LTPS měly být určovány obdobným postupem.

Není přijatelné nastavovat takovou teplotu spuštění níže než je návrhová teplota ve směru toku za zařízením. Taková teplota spuštění bude normálně nastavena na vyšší teplotu.

V případech, kdy je to jako nezbytné by se mělo nainstalovat „ochranné ústrojí“, které by zabránilo tomu, že by se mezi periodicky prováděnými zkouškami mohlo nějak ručně manipulovat s nastavením teploty spuštění.

#### 9.2.2.b Bod nastavení škracení

Škracení průtoku (jestliže je použito) je iniciováno při definované teplotě, která je vyšší než je zvolený bod nastavení spuštění LTPS. Použitá teplota bodu nastavení škracení je ovlivňována následujícími:

- Omezení rozpětí přístrojového systému pro měření teploty,
- Vlivy teploty okolí,
- Rychlost jakou se mění teplota jako funkce průtočného množství.

### 9.2.3 LTPS pro odpařovače s velkým tepelným balastním množstvím energie (HTB)

„Pomalou“ reagující ovládací orgány LTPS, které jsou příslušným způsobem přizpůsobené charakteristikám dozríváním teploty na výstupu z odpařovacího zařízení, jestliže uvažujeme všechny předvídatelné poruchy provozu, jsou pro takové případy použití akceptovatelné. Vzdálenost mezi snímačem LTPS a uzavíracím

zařazením musí být definována s použitím doby odezvy, časové konstanty přístrojového vybavení LTPS a s použitím rychlosti tekutiny.

### 9.3 IEC 61511

Norma IEC 61511 pro Funkční bezpečnost – Bezpečnost systémů vybavených přístroji pro sektor procesního průmyslu byla publikována v roce 2003 jako implementace či realizace obecné normy IEC 61508 v procesním sektoru, která se zaměřuje na bezpečnost systémů vybavených přístroji založených na použití elektrické / elektronické / programovatelné elektronické technologie. Tato norma podporuje koncepci spočívající v tom, že bezpečnost přístroji vybavených funkcí je specifikována, navrhována, integrována a její platnost ověřována na základě hodnocení rizik. Jednou částí této specifikace je stanovit potřebnou Úroveň integrity bezpečnosti (SIL) každé funkce.

Řešení uvedená v části 10 jsou založena spíše na přístupu kvalitativního hodnocení rizik s použitím dobrých způsobů průmyslového návrhu a mnohaletých zkušeností v plynárenském průmyslu než na přístupu, jak je popsán v normě IEC 61511. Norma IEC 61511 se však může použít jako metoda podporující hodnocení rizik a proces návrhu systému, jak je to popsáno v tomto dokumentu.

## 10 Řešení

Požadavky na ochranu proti nízkým teplotám u odpařovacích zařízení jsou uvedeny v Tabulkách 6.1, 6.2 a 6.3.

### 10.1 Všeobecné úvahy o ochranném systému proti nízkým teplotám LTPS

Předchozí hodnocení rizik ukázala, že systémy ochrany proti nízkým teplotám musí být opatřeny tam, kde existuje nebezpečí křehnutí v důsledku působení nízkých teplot. Pravděpodobnost poruchy, pokud se jedná o LTPS, by měla být přiměřené, odpovídající úrovni týkající se pravděpodobnosti, s jakou dojde k výskytu jevu nízké teploty, důsledků takového křehnutí a přítomnosti jakýchkoliv zabezpečovacích ochranných opatření. Jako obecné pravidlo tu platí, že systém musí být chráněn tak, že se zabrání tomu, aby potrubí a zařízení dále ve směru toku za odpařovacím zařízením, se staly příliš chladnými, což je zajišťováno detekcí takových nízkých teplot na výstupu z odpařovacího zařízení a buď:

- automatickým odstavením odpařovacího systému s použitím jednoho nebo více zařízení pro odstavení a s použitím jednoho nebo více přístrojů pro detekci teploty,
- nebo jak je to popsáno v tabulkách, zajištěním výstražné signalizace nízké teploty jako ochrany za určitých situací, vystavené požadavkům na odezvu, jak je to uvedeno v odstavci 10.2.

K aktivaci výstražné signalizace podrobené požadavkům na odezvu, jak je to uvedeno v odstavci 10.2, je možno použít jednoho nebo více snímačů na přívodu hmot a energií (na příklad spínač reagující na nízké průtočné množství vody, tlakový spínač nízkého tlaku páry a podobně).

### 10.2 Odezva na výstražné signalizace

V takových případech, kde Tabulka 6.1, 6.2 nebo 6.3 indikuje, že ochrana proti nízkým teplotám LTPS může být opatřena výstražnými signalizacemi, je důležité, aby příslušné místo bylo dosažitelné pro pracovníka obsluhy zařízení, pro technika údržby nebo pro vyškoleného pracovníka zákazníka v takovém čase, aby to bylo dostatečné k zajištění odezvy či odpovědi na stav výstražné signalizace nízké teploty. Signál výstražné signalizace musí být vyslán, přenášen na místo, kde je obsluha po 24 hodin denně. Když je v činnosti výstražná signalizace, musí být na místě k dispozici Plán pro všechny případy k pokrytí nepředvídaných situací a příslušné administrativní postupy, aby se tak mohlo zabránit křehkému lomu. Toto může zahrnovat přepínání mezi paralelně zapojenými skupinami vzduchových odpařovačů využívajících vzduchu okolního prostředí, omezení průtočného množství pro zákazníka, zvýšení přívodu příslušných hmot a energií, nastartování přebytečného, tedy záložního systému odpařování a podobně.

V takových případech, kdy není možno dosáhnout příslušného místa v dostatečně krátké době nebo nelze zajistit odpovídající odezvu na místě, je zapotřebí zastavení v důsledku nízké teploty.

### 10.3 Doporučená řešení pro specifické situace

Tabulky 6.1, 6.2 a 6.3 uvádějí kvalitativní hodnocení systému ochrany proti nízkým teplotám ve vztahu ke vnímaným rizikům plynoucím z výskytu jevu nízké teploty, která se zakládají na zkušenostech členů EIGA, přičemž se berou v úvahu sekundární efekty vyplývající z uvolnění plynu a stejně tak akumulovaná energie a příslušná pravděpodobnost výskytu takového jevu a současně se přitom také bere v úvahu provozní model a typ odpařovacího zařízení.

Ve všech případech se musí provádět dokumentovaný kritický rozbor rizik. Obecné kritické rozbor rizik mohou být vyvinuty pro standardní návrhy a pro místa zařízení. Následující tabulky přehledně uvádějí doporučené minimální ochranné systémy pro definované situace.

Specifický kritický rozbor rizik může doporučit další výstražné signalizace. Počet a typ takových výstražných signalizací bude záviset na typu odpařovacího zařízení. Pro odpařovače využívající hmoty a energie by měly být uvažovány výstražné signalizace stavu výpadku kterékoliv z hmot a energií.

Může být zapotřebí periodický kritický rozbor se zákazníkem ohledně spotřeby odpařovacího systému a může být zapotřebí modifikovat systém ochrany proti nízkým teplotám LTPS, aby bylo možno zohlednit změny ve spotřebě nebo může být zapotřebí přidat další odpařovací kapacitu navíc.

V Tabulkách 6.1, 6.2 a 6.3 nejsou uvedeny všechny možnosti systému ochrany proti nízkým teplotám LTPS.

Další alternativy jsou uvedené v části 9, jako je použití škrtecích ventilů, clonek a podobně a tyto možnosti se též mohou uvažovat při hodnocení rizik zařízení.

Tabulka 6.1 – DOPORUČENÁ VOLBA LTPS – Úroveň P1 ostrosti PV

Úroveň ostrosti nebezpečí Tabulka 3	Pravděpodobnost nízké teploty Tabulka 4	Provozní model Tabulka 5	Řešení LTPS
H1	L1	S1 a S2	Jestliže specifický kritický rozbor rizik ukáže, že je to nezbytné, pak by se měla namontovat výstražná signalizace nízké teploty nebo snímač nízké teploty a uzavírací zařízení. V případech, kdy se riziko považuje za nízké, pak výstražná signalizace a / nebo uzavírací zařízení nejsou zapotřebí.
H1	L2	S1	Odpařovače s vodní lázní pro záložní provoz by v této kategorii měly být minimálně vybaveny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením. Vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí s dodatkovými ohřivači pro záložní provoz nebo systémy přepínání a odpařovače s ventilátorem by v této kategorii měly být minimálně vybaveny výstražnou signalizací nízké teploty.
H1	L2	S2	Odpařovače s vodní lázní, odpařovače opatřené ventilátorem y vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí s dodatkovými ohřivači nebo systémy přepínání v kontinuálním provozu nebo při provozu na krytí špičkových potřeb v této kategorii by měly být opatřeny minimálně výstražnou signalizací nízké teploty a uzavíracím zařízením.
H3	L1	S1 a S2	Tato kategorie vzduchových odpařovačů s použitím vzduchu okolního prostředí by měla být minimálně opatřena snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením.
H3	L2	S1 a S2	Odpařovače HTB by měly být opatřeny minimálně dvěma snímači teploty a dvěma nezávislými uzavíracími zařízeními.

POZNÁMKA: - definice P1 až P3, H1 až H3, L1 a L2 a S1 a S2 jsou uvedené v Tabulkách 2, 3, 4 a 5.



Tabulka 6.2 – DOPORUČENÁ VOLBA LTPS – Úroveň P2 ostrosti PV

Úroveň ostrosti nebezpečí Tabulka 3	Pravděpodobnost nízké teploty Tabulka 4	Provozní model Tabulka 5	Řešení LTPS
H1	L1	S1	Pro vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí v záložním provozu by minimálně v této kategorii měla být nainstalována výstražná signalizace nízké teploty. Jestliže specifický kritický rozbor indikuje, že je to nezbytné, měly by se přidat snímač nízké teploty a uzavírací zařízení.
H1	L1	S2	Pro vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí v kontinuálním provozu nebo v provozu pro krytí špičkových potřeb by v této kategorii měly být minimálně namontovány snímač nízké teploty a uzavírací zařízení.
H1	L2	S1 a S2	Odpařovače s vodní lázní, odpařovače s ventilátorem a vzduchové odpařovače s použitím okolního vzduchu s dodatečnými ohřivači nebo přepínací systémy by v této kategorii měly být minimálně vybaveny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením.
H2	L1	S1 a S2	Tyto vzduchové odpařovače s použitím okolního vzduchu by měly být minimálně opatřeny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením.
H2	L2	S1	Odpařovače s vodní lázní pro záložní provoz, odpařovače s ventilátorem pro záložní provoz a vzduchové odpařovače s použitím okolního vzduchu s dodatečnými ohřivači pro záložní provoz nebo přepínací systémy by v této kategorii měly být minimálně vybaveny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením.
H2	L2	S2	Odpařovače s vodní lázní, odpařovače s ventilátorem a vzduchové odpařovače s použitím okolního vzduchu s dodatečnými ohřivači nebo přepínací systémy pro kontinuální provoz nebo pro provoz ke krytí špičkových potřeb by měly být minimálně opatřeny 2 nebo více nezávislými snímači nízké teploty, z nichž každý uzavírá jedno uzavírací zařízení.
H3	L1	S1 a S2	Tato kategorie vzduchových odpařovačů s použitím okolního vzduchu by měla být vybavena minimálně dvěma snímači teploty, z nichž každý bude uzavírat jedno uzavírací zařízení.
H3	L2	S1 a S2	Tyto odpařovače HTB by měly být opatřeny minimálně dvěma snímači teploty, z nichž každý bude uzavírat dva nezávislé uzavírací ventily.

POZNÁMKA: - definice P1 až P3, H1 až H3, L1 a L2 a S1 a S2 jsou uvedené v Tabulkách 2, 3, 4 a 5.

Tabulka 6.3 – DOPORUČENÁ VOLBA LTPS – Úroveň P3 ostrosti PV

Úroveň ostrosti nebezpečí Tabulka 3	Pravděpodobnost nízké teploty Tabulka 4	Provozní model Tabulka 5	Řešení LTPS
H1	L1	S1 a S2	Tyto vzduchové odpařovače s použitím vzduchu okolního prostředí by měly být v této kategorii minimálně vybaveny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením. Tento snímač by měl poskytnout výstražnou signalizaci nízké teploty.
H1	L2	S1	Tyto odpařovače HTB by měly být minimálně opatřeny dvěma snímači teploty, z nichž každý bude uzavírat uzavírací zařízení.
H1	L2	S2	Tyto odpařovače HTB by měly být minimálně opatřeny dvěma snímači teploty, z nichž každý bude uzavírat uzavírací zařízení. Snímač na přívodu hmot a energií by měl zajistit výstražnou signalizaci.
H2	L1	S1 a S2	Tyto vzduchové odpařovače s využitím vzduchu okolního prostředí by měly být minimálně vybaveny snímačem nízké teploty a uzavíracím zařízením. Snímač by měl zajistit výstražnou signalizaci nízké teploty.
H2	L2	S1	Tyto odpařovače HTB by měly být minimálně vybavené dvěma teplotními snímači, z nichž každý bude uzavírat jedno uzavírací zařízení. Snímač na přívodu hmot a energií by měl zajistit výstražnou signalizaci.
H2	L2	S2	Tyto odpařovače HTB by měly být minimálně vybavené dvěma teplotními snímači, z nichž každý bude uzavírat dvě nezávislá uzavírací zařízení.
H3	L1	S1 a S2	Tato kategorie vzduchových odpařovačů s využitím okolního vzduchu by měla být minimálně opatřena dvěma snímači teploty, z nichž každý bude uzavírat dvě nezávislá uzavírací zařízení.
H3	L2	S1 a S2	Tyto odpařovače HTB by měly být minimálně vybavené dvěma teplotními snímači, z nichž každý bude uzavírat dvě nezávislá uzavírací zařízení. Snímač na přívodu hmot a energií (na příklad snímač průtoku nebo tlaku) by měl zajistit výstražnou signalizaci.

POZNÁMKA: - definice P1 až P3, H1 až H3, L1 a L2 a S1 a S2 jsou uvedené v Tabulkách 2, 3, 4 a 5.

## 11 Provoz

### 11.1 Monitorování spotřeby

Monitorování spotřeby může významným způsobem přispět k bezpečnému provozu odpařovacího systému. Z původního smluvního ujednání a původního návrhu budou požadavky zákazníka často růst, jelikož jejich obchodní činnost vzrůstá.

Jsou dvě proměnné veličiny, které by měly být monitorovány:

- Za prvé průtočné množství, které představuje jeden z klíčových parametrů návrhu při dimenzování odpařovacích systémů. Jakékoliv zvýšení spotřeby u zákazníka může způsobit přetížení odpařovacího zařízení, což by mohlo vyústit v nebezpečný stav.
- Z druhé je to model použití, provozu, který má také významný dopad na schopnost odpařovacího zařízení. A toto by také mělo být bráno v úvahu v návrhové fázi, ale také by to mělo být monitorováno, aby tak bylo zajištěno, že jakákoliv změna v modelu provozu je v případě potřeby sledována a prošetřována.

Efekt zvýšení spotřeby u odpařovacích systémů může být často maskován, a to zvláště u systému s využitím okolního prostředí, kdy příznivé podmínky okolního prostředí budou kompenzovat zvýšené požadavky a problém se může projevit až za chladnějších podmínek okolního prostředí.

Monitorování spotřeby je možno dosáhnout řadou různých způsobů a to včetně místního měření průtočného množství a totalizací či součtováním průtoku nebo prostřednictvím monitorování míry spotřeby kapaliny.

Měření průtočného množství dovolí provádění podrobnějšího rozboru spotřeby kapaliny. Měření průtočného množství může poskytnout okamžité a podle času v průměrných hodnotách výstražné signalizace vysokého průtočného množství nebo může poskytnout vstup pro funkci regulace omezování průtoku.

Monitorování spotřeby kapaliny se obvykle provádí jako metoda časového rozepisování dodávek kapaliny do skladovacího zásobníku zákazníka. Dálkové monitorování skladování je možno dosáhnout s použitím systémů telemetrie či dálkového měření. Tyto systémy zaznamenávají hladinu kapaliny a mohou počítat rychlost změny hladiny kapaliny ve skladovací nádrži. Toto monitorování je možno také zajistit ručním zaznamenáváním hladiny kapaliny ve skladovacím zásobníku nebo kontrolou frekvence dodávek kapaliny. Je možno provádět automatické výstražné signalizace vytvářené programovým vybavením monitorování nebo je možno provádět periodické zkoumání spotřeby kapaliny, aby tak bylo zajištěno, že spotřeba zákazníka nepřekračuje návrhové parametry systému.

Při monitorování spotřeby by se měly brát v úvahu následující parametry:

- schopnosti odpařovacího systému,
- příslušné úrovně výstražné signalizace pro výstražné signalizace vysoké míry spotřeby,
- časové období, po které by měly být nastaveny výstražné signalizace vysoké míry spotřeby (okamžitě, každou hodinu, každý den, každý týden a podobně), což bude záviset na případu užití u zákazníka a na modelu provozu, užití,
- akce, která bude podniknuta, jestliže se zjistí vysoká spotřeba, zdali to povede ke spuštění revize a rozboru návrhu nebo se bude jednat o urgentnější akci, když se takové zvýšení pohybuje významně nad návrhovými hodnotami.

V případech, kdy bezpečný provoz odpařovacího systému závisí pouze na provozu v rámci návrhových mezí nějakého odpařovacího systému (jako jsou vzduchové odpařovací systémy s využitím vzduchu okolního prostředí, kde není žádný systém pro odstavení v případě nízkých teplot nebo kde není nainstalována výstražná signalizace kvůli nízkým teplotám a kde není namontované žádné zařízení k omezování průtoku), by měla být na místě aplikace metody monitorování spotřeby.

## 11.2 Periodická kontrola

S definovanou frekvencí by se měla provádět vizuální kontrola odpařovacího systému. Takováto vizuální kontrola by měla zahrnovat následující:

- Přílišnou tvorbu ledu.
- Namrzání potrubního vedení.
- Fyzické poškození.
- Netěsnosti, úniky procesní tekutiny nebo hmot a energií.
- Změny v okolním prostředí odpařovače, jako jsou stěny stavby, které jsou kolem vzduchových odpařovačů užívajících vzduch okolního prostředí.
- Změny ve stupni vystavení pracovníků personálu, ohrazení systému nebo jiné faktory hodnocení rizik.
- Přidání vyrovnávací nádoby nebo jiného dodatečného zařízení zákazníkem.

Frekvence provádění těchto prohlídek by měla být ovlivňována následujícími faktory:

- Typ odpařovacího zařízení.
- Průtočná množství a modely užití.
- Frekvence výstražné signalizace nízké teploty nebo odstavení, jak se projevilo během provozu.
- Vyšší prioritu pro provádění těchto kontrol mají zařízení, která nejsou opatřena žádnými výstražnými signalizacemi na nízkou teplotu nebo uzavíracími systémy.

## 12 Periodické zkoušení

Periodické zkoušení ochranných systémů je důležité pro udržení spolehlivosti funkce ochrany proti nízkým teplotám. Pro každý systém musí být vyvinuty příslušné intervaly zkoušek a zkušební postupy. Tyto budou záviset na návrhu systému, na typu zařízení a na tom, jak je systém k dispozici pro testování.

Když plánovaná frekvence odstavení zařízení je menší než jak to požaduje interval zkoušení systému ochrany proti nízkým teplotám LTPS. Pak tedy by měl být systém navržen tak, aby umožnil zkoušení systému ochrany proti nízkým teplotám bez přerušení dodávky zákazníkovi.

Procedura testování by měla brát v úvahu opatření k tomu, aby se zabránilo přerušení dodávky zákazníkovi a aby byla kontrolována všechna přejetí u spouštěcích zařízení, jestliže se takové zkoušení provádí on-line. Pro každé zařízení musí být záznamy dokumentovány. Záznamy o zkouškách se musí uchovávat po celou dobu životnosti odpařovacího systému.

## 13 Školení pro pracovníky personálu plynárenské společnosti

Následující osoby by měly být proškoleny, aby si uvědomily možné příčiny a důsledky nebezpečí plynoucích z křehnutí v důsledku působení nízkých teplot:

- Techničtí pracovníci projektu, kteří jsou odpovědní za montáž odpařovacích systémů a systémů ochrany proti nízkým teplotám LTPS.
- Vedoucí údržby a technici, kteří jsou odpovědní za údržbu odpařovacích systémů a ze periodické zkoušení funkce systému ochrany LTPS.
- Pracovníci obsluhy a dozoru nad zařízením odpovědní za provoz zařízení a přidružených záložních systémů.
- Technici a projektanti návrhu odpovědní za vývoj technologických schém a specifikací odpařovacích systémů a systémů ochrany LTPS musí být také takto vyškoleni a kromě toho by měli mít znalosti o příslušných normách pro navrhování nízkoteplotních ochranných systémů.

## 14 Uvědomění zákazníka

## 14.1 Smlouva se zákazníkem

Smlouva se zákazníkem by měla obsahovat dohodu o následujícím:

- odhadnutá průtočná množství a modely použití,
- návrhový provoz odpařovacího systému a teplotní extrémy, o kterých se dá předpokládat, že se vyskytnou na zařízení zákazníka,
- odezva v nouzovém případě, kdy náhodně dojde k náhlému zvýšení průtočného množství u zákazníka,
- postup, který se bude realizovat a to včetně doby přehřívání, když dojde ke zvýšení potřeby plynu ze strany zákazníka,
- kontaktní osoba a telefonní číslo plynárenské společnosti pro nouzové případy,
- odpovědnost za údržbu, kontrolu a podobně odpařovacího zařízení.

Kromě toho ještě by měla smlouva se zákazníkem specifikovat použitou metodu ochrany proti nízkým teplotám, jako je:

- zastavení průtoku,
- snížení průtoku před uzavřením,
- pouze snížení průtočného množství nebo
- plynulý tok bez jakékoliv ochrany proti nízkým teplotám.

Zákazník musí být informován o zvolené metodě a jejích důsledcích pro spolehlivost dodávky a návrh systému na rozhraní na straně zákazníka. Zákazník by také měl být informován o požadavku na periodické zkoušení všech namontovaných ochranných zařízeních, které si může vyžadovat v případě potřeby přerušování dodávky. Dodavatel plynu musí vždy písemnou formou informovat svého zákazníka, když smlouva na objemovou dodávku plynu specifikuje, že v rozsahu projektu není zahrnuta ochrana proti nízkým teplotám a že existuje nebezpečí poruchy potrubí a zařízení nainstalovaných ve směru technologického toku za odpařovacím zařízením, jestliže zákazník překročí návrhovou kapacitu odpařovacího zařízení. Projektové záznamy musí uchovávat kopie dokumentace indikující schválenou volbu systému ochrany proti nízkým teplotám.

## 14.2 Školení zákazníka a informace pro zákazníka

Dodavatel plynu musí poskytnout zákazníkovi příslušné informace a informační / školící materiál včetně příslušných Bezpečnostních listů. Velice se doporučuje aby dodavatel také školil všechny pracovníky personálu zákazníka, kteří se podílejí na monitorování nebo na údržbě odpařovacího zařízení. Takové školení by mělo zahrnovat následující:

- Informace o vlastnostech plynu včetně kryogenních rizik.
- Rizika a bezpečnostní opatření ohledně materiálu, který je vystaven působení nízkých teplot.
- Důsledky náhodného uvolnění plynu nebo kapaliny.
- Řádné programy pro nouzové případy, včetně akcí a opatření, která je třeba podniknout, jako je na příklad evakuace bezprostřední oblasti.
- Jakákoliv smluvně definované operace údržby a kontroly.

## 15 Reference

1. NFPA 50 – Norma pro objemové systémy kyslíku v místech zákazníka, Vydání 2001, Národní asociace ochrany proti požáru, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101, USA
2. NFPA 86C – Norma pro průmyslové pece s použitím speciální procesní atmosféry, Národní asociace ochrany proti požáru, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101, USA
3. EN 737-3 1998 – Potrubní systémy medicijního plynu – Část 3: Potrubní vedení pro stlačené medicijní plyny a pod vakuem, CEN Evropský výbor pro normalizaci, European Committee for Standardization 36, rue de Stassart, B – 1050 Brusel, Belgie

4. prEN ISO 7396-1 – Potrubní systémy pro medicínální plyn, - *předpokládá se, že nahradí normu EN 737 – 3*, CEN Evropský výbor pro normalizaci, European Committee for Standardization 36, rue de Stassart, B – 1050 Brusel, Belgie

5. NFPA 99 – Norma pro zařízení péče o zdraví, vydání 2002, Národní asociace ochrany proti požáru, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101, USA

6. IEC 61511 – 2004 – Provozní bezpečnost – Systémy vybavené bezpečnostním přístrojovým vybavením pro sektor procesního průmyslu – všechny části, Mezinárodní Elektrotechnická komise (IEC) 3, rue de Varembe, P.O. Box 131, CH – 1211 Ženeva 20, Švýcarsko

7. Směrnice 97/23/EC Evropského parlamentu a rady ze dne 29. května 1997 o přiblížení zákonů členských států týkajících se tlakových zařízení, Evropská komise, DG Enterprise – G.4.

8. B31.3 – 2002 Procesní potrubí, Americká společnost strojních inženýrů (ASME), Three, Park Avenue, New York, NY 10016 – 5990, USA

9. ANS / ISA – 84.01 – 1996 Aplikace Systémů vybavených bezpečnostním přístrojovým vybavením pro procesní průmysl, 67 Alexander Drive , Research Triangle Park, NC 27709 USA

EN 13480-2 – 2002 – Kovové průmyslové potrubí – Část 2: Materiály, *zvláště Dodatek B*, CEN Evropský výbor pro normalizaci, European Committee for Standardization 36, rue de Stassart, B – 1050 Brusel, Belgie