

# **Bezpečnost práce při skladování sypkých hmot v zásobnících**

## **Obsah**

<b>1 Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2 Nežádoucí události, ke kterým dochází při provozu a obsluze zásobníků</b>	<b>2</b>
<b>3 Základní rizika související s provozem a obsluhou zásobníků</b>	<b>4</b>
<b>4 Doporučené způsoby eliminace, popřípadě snížení základních rizik</b>	<b>7</b>
<b>5 Zásady bezpečného provozu</b>	<b>11</b>
<b>6 Související předpisy</b>	<b>13</b>

**Vydal: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., Jeruzalémská 9, Praha 1  
Rok: 2010**

**Vydání: páté upravené**

**Zpracoval: Ing. Antonín Dušátko**

## 1 Úvod

Zásobníky sypkých hmot – pojem který byl používán v bezpečnostních předpisech v dřívějším období, resp. skladovací zařízení sypkých hmot – pojem který je používán ve stejných předpisech v současnosti (dále jen zásobníky), představují téměř identická zařízení, u kterých je dlouhodobě vykazována zvýšená úrazovost, což se týká i úrazovosti nejzávažnější – smrtelné. O této skutečnosti lze získat představu nejen z odborného, ale i z denního tisku, vedle dalších sdělovacích prostředků. Jako příklad lze uvést deník Metro z 23. října 2000, který informoval o smrtelném úraze dvou dělníků při čištění vnitřního prostoru sila - zásobníku. Tentýž deník počátkem roku 2003 přinesl další otřesnou informaci o tom, že více než tři hodiny bojovali hasiči o záchranu života člověka, který na stejném pracovišti prováděl stejně nebezpečnou činnost, přičemž tuto „otřesnou realitu“ bylo dokonce možno shlédnout i v televizi.

Platí zásada, že podmínkou řešení jakéhokoliv problému je poznání jeho podstaty. V této souvislosti jsou v následujících kapitolách popsána základní rizika související s provozem a obsluhou zásobníků včetně možností jejich eliminace, popř. snížení. Tyto informace by měly být i vodítkem pro malé a střední podniky při zajišťování úkolů v rámci prevence rizik, uložených zaměstnavatelům zákoníkem práce.

## 2 Nežádoucí události, ke kterým dochází při provozu a obsluze zásobníků

K nejčastějším nežádoucím událostem, které jsou vykazovány při provozu, údržbě a prováděných rekonstrukcích zásobníků sypkých hmot patří úrazovost a to i nejzávažnější – smrtelná, dále pak havárie zásobníků nejrůznějšího charakteru, mezi které lze zařadit i výbuch skladované sypké hmoty. **Z analýzy nejzávažnějších nežádoucích událostí vyplynulo, že:**

- v 89,7 % případů se jednalo o smrtelný úraz postiženého,
- v 5,2 % případů se jednalo o havárii spojenou se smrtelným úrazem postiženého,
- v 3,4 % případů se jednalo o havárii zásobníku, která se obešla bez zranění lidí,
- v 1,7 % případů se jednalo o havárii zásobníku se zraněním lidí, ovšem bez zranění smrtelného.

Celkově lze říci, že v 96,6 % sledovaných nežádoucích událostí došlo ke zranění lidí – z toho v 94,8 % se jednalo o úraz smrtelný. U 10,3 % událostí byla zjištěna havárie zásobníku – z toho:

- v 6,9 % případů se jednalo o výbuch – a to zejména mouky, uhelného prachu, dřevních pilin skladovaných spolu s dřevním obrusem a práškového PVC,
- v 3,4 % případů došlo k destrukci - kupř. k nekontrolovatelnému pádu neukotveného zásobníku apod.

Z hlubšího rozboru sledovaných nežádoucích událostí dále vyplynulo, že:

- v 88,9 % dochází ke zranění – usmrcení mužů,
- v 11,1 % dochází ke zranění – usmrcení žen,
- průměrný věk zraněného muže činí 40 roků, přičemž nejmladší měl 16 let a nejstarší 70 let (zjištěno ve dvou případech),
- průměrný věk zraněné ženy činí 46 roků, přičemž nejmladší měla sotva 16 let a nejstarší 54 let,
- alkohol byl zjištěn výhradně u mužů, s tím že:
  - nejmladší muž pod vlivem alkoholu měl 20 let,
  - nestarší muž pod vlivem alkoholu měl 66 let,
- závadný technický stav zásobníku (tento svým provedením či vybavením neodpovídal bezpečnostně technickým předpisům) způsobil 31,1 % událostí,
- špatné jednání zaměstnance (činnost postiženého, popř. jeho spoluzaměstnance /-ců v rozporu s bezpečnostními předpisy) způsobil 21,6 % událostí,
- nebezpečný způsob práce (obdobná činnost postiženého, popř. jeho spoluzaměstnance/ců trpěná zaměstnavatelem) způsobil 43,3 % událostí.

V případech závadného technického stavu zásobníků byly zjišťovány nejčastěji tyto nedostatky:

- 1. nevybavení klenbujících zásobníků vhodným zařízením k rozrušování kleneb, resp. narušování materiálů ulpěných na jejich vnitřních stěnách,**
- 2. nezajištění, popř. nedokonalé zajištění vstupních a plnicích otvorů proti možnosti vstupu či pádu člověka do vnitřního prostoru vlastního zařízení.**

Nezákladnější nedostatky zjišťované u zbývajících dvou příčin – nebezpečného způsobu práce a špatného jednání člověka, které jsou prakticky identické, lze ve stručnosti vyjádřit takto:

1. nedostatečné zajištění zaměstnance vstupujícího do zásobníku (jsou zjišťovány dokonce případy i zcela osamocené vstupu bez jakéhokoliv jistění),
2. nezastavení odběru materiálu ze zásobníku před vstupem do jeho vnitřního prostoru,
3. pohyb po skladovaném materiálu hrozícím proboření, resp. činnost člověka v místech možného zasypání,
4. neprovedení rozboru vnitřní atmosféry v zásobníku před vstupem zaměstnance,
5. nepoužívání osobních ochranných pracovních prostředků, popř. použití nevhodných,
6. neproškolení obsluhy, či nedokonalé proškolení,
7. vliv alkoholu.

### Poznámka:

Alkohol se v počátečním období sledování dlouhodobě podílel, resp. spolupodílel na více jak 25 % smrtelných úrazů, přičemž nejvyšší zjištěná hladina alkoholu činila 4,04 ‰!!! V současné době sice toto procento výrazně pokleslo, ovšem vliv alkoholu na smrtelné úrazovosti vykazované u zásobníků se dosud nepodařilo zcela vyloučit.

Analýzou smrtelné úrazovosti podle nehodové události, konané v kritickém okamžiku, bylo zjištěno že:

- proboření zaměstnance do skladované sypké hmoty způsobilo 63,6 % úrazů,
- sesutí ulpělé sypké hmoty z vnitřní stěny zásobníku na zaměstnance způsobilo 22,7 % úrazů,
- pád zaměstnance z lávky, ochozu apod. způsobilo 4,5 % úrazů,
- zavalení zaměstnance skladovanou sypkou hmotou – po otevření výpustného otvoru zásobníku způsobilo 2,3 % úrazů,
- vdechnutí toxických plynů, par atd. způsobilo 2,3 % úrazů.

Analýzou smrtelné úrazovosti podle prováděného úkonu v kritickém okamžiku bylo zjištěno že:

- uvolňování klenby uvnitř zásobníku způsobilo 40,9 % úrazů,
- pohyb po materiálu hrozcím proboření způsobilo 20,4 % úrazů,
- uvolňování klenby z vnější strany zásobníku způsobilo 13,5 % úrazů,
- uvolňování materiálu ulpěného na vnitřních stěnách zásobníku způsobilo 4,5 % úrazů,
- spouštění se po laně do zásobníku způsobilo 2,3 % úrazů,
- pohyb – chůze po látce uvnitř zásobníku způsobil 2,3 % úrazů.

### **3 Základní rizika související s provozem a obsluhou zásobníků**

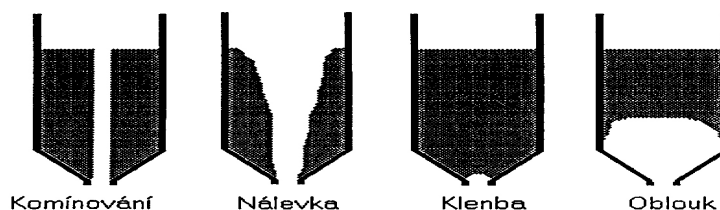
Z předcházejícího rozboru nežádoucích událostí vyplývá, že za základní riziko, související s provozem a obsluhou zásobníků nutno považovat zasypání – zavalení zaměstnance – člověka nalézajícího se uvnitř zásobníku; nejčastěji za účelem uvolnění usazenin z vnitřních stěn, či narušení vzniklé vzpěrné klenby apod. Popsané provozní potíže jsou nejčastěji způsobeny nesprávně navrženou konstrukcí zásobníku, ale též nesprávným provozním režimem. Při návrhu zásobníku (ale i při řešení provozních potíží) je třeba vycházet z fyzikálně technických parametrů a vlastností sypkých hmot – zejména z:

- **úhlu vnějšího tření**, který vyjadřuje velikost tření mezi zrny uložené sypké hmoty a vnitřním kontaktním povrchem zásobníku,
- **úhlu vnitřního tření** – tj. tření mezi zrny uložené sypké hmoty.

Vlastnosti sypkých hmot nejsou ale konstantní. Závisí na celé řadě vlivů – na rozložení tlaku a způsobu zatěžování, obsahu vlhkosti apod. Pokud fyzikálně technické parametry sypké hmoty nejsou známy, je třeba je zjistit.

Jako důsledek konstrukčních chyb při řešení zásobníku, resp. jeho nesprávném provozu, dochází zejména k těmto provozním potížím:

- a) komínování,
- b) nálevce,
- c) klenbě,
- d) oblouku.



Klenba se ve většině případů vytváří u výsypného otvoru výsypky. Má tu vlastnost, že vlastní tíhu sypkého materiálu přenáší do stěn výsypky a žádnou silou nepůsobí do spodních vrstev. Pokud se vytvoří ustálená pevná klenba nad výsypným otvorem, potom vysypávání sypké hmoty ustane. V případě zrnitějšího materiálu je oblast klenby pevnější. Vznik klenby lze předcházet i dostatečně velkým výpustným otvorem – více viz dále.

Další riziko, které v žádném případě nelze podceňovat, představuje výbuch, resp. požár skladované sypké hmoty. Z provedené analýzy vybraných nežádoucích událostí, ke kterým došlo u nás při provozu, údržbě a opravách zásobníků vyplynulo, že z téměř 7 % se na těchto událostech podílel výbuch. Podle německých zkušeností, kdy bylo analyzováno cca 1200 událostí, při kterých nastal výbuch, se zásobníky podílely v rozsahu 25 % na těchto událostech.

Vznícení a nastupující hoření je obecně možné jen tehdy, jestliže na daném místě a ve stejný čas jsou k dispozici:

- látky vedoucí k převažujícím exotermním reakcím,
- dostatečné množství kyslíku, případně obecněji oxidovadla,
- účinný zdroj zapálení.

Pro přechod hoření v explozi jsou příznivé následující podmínky:

- dostatečná jemnost průmyslového prachu,
- koncentrace směsi nacházející se uvnitř výbušného oboru (mezi horní a spodní mezí výbušnosti),

- vznik plynných produktů reakcí a jejich nedostatečný odvod z reakčního prostoru.

Nejsou-li splněny tyto výše uvedené podmínky a předpoklady, nedojde k požáru ani k explozi. Požáry a exploze prachů mohou vznikat nejen při plnění zásobníků, ale i při odprašování, vysávání a přepravě hořlavého prachu do filtrů a odlučovačů, broušení lakovaných či jinak upravených dílců apod.

S rizikem výbuchu souvisí (někdy se dokonce i prolíná) riziko vzniku požáru.

Přehled sledovaných 43 požárů zásobníků dle uložené sypké hmoty a zjištěné příčiny vzniku požáru udává následující přehled:

<b>Skladovaný materiál</b>	<b>Počet požárů</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Piliny	23	9	7	2	-	-	-	5
Uhlí	8	-	-	1	-	2	-	5
Obilí	3	-	1	-	1	-	-	1
Prach	2	-	1	-	-	1	-	1
Saze	4	-	3	-	-	-	-	1
Prázdný zásobník (nehořlavý)	3	-	-	-	-	2	1	-
<b>Celkem</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>12</b>

Poznámka:

Příčiny požáru – řádek č. 1 představují:

1. mechanická jiskra (iniciace pochází od zařízení navazujícího na zásobník),
2. nepředpokládaná změna provozních parametrů (iniciace pochází od zařízení navazujícího na zásobník),
3. jiskra z tepelného zdroje (iniciace pochází od zařízení navazujícího na zásobník),
4. jiskra elektrostatická,
5. svařování,
6. blesk,
7. samovznícení.

Ve výše uvedeném přehledu jsou patrné dva druhy nebezpečí vzniku požáru. Jeden je závislý na povaze skladované sypké hmoty, zejména pak na chemicko fyzikálních vlastnostech. Druhý vyplývá objektivně z vnějšího okolí zásobníku.

Představitelem vzniku požáru vlivem prvé příčiny je samovznícení. Při srovnání počtu vzniklých požárů v zásobnících pilin a uhlí s počtem vzniklých požárů převládá samovznícení u uhlí. Schopnosti uhelného prachu k samovznícení jsou zřejmé. Cesta k zabránění tohoto procesu není ale jednoduchá. Jako preventivní opatření se jeví vytváření atmosféry o malém obsahu kyslíku nebo minimalizaci doby skladování uhelného prachu. Samovznícení, kterými byly zapříčiněny požáry zásobníků s dřevěnými pilinami, mělo ve velké většině případů původ v nerovnoměrné vlhkosti pilin vlivem zatékání vody do zásobníku.

Druhou skupinu příčin vzniku požáru reprezentují zejména zavlečené zdroje vznícení do skladovacího prostoru zásobníku. Mechanická jiskra vzniká často jako produkt střetu cizího kovového předmětu s rotující částí stroje – např. pilového kotouče, ventilátoru apod. Nepředpokládaná změna provozních parametrů je např. zvýšená teplota špatně pracujícího ložiska. Iniciátor požáru byl do zásobníku nejčastěji zanesen pneumatickou cestou.

## 4 Doporučené způsoby eliminace, popřípadě snížení základních rizik

V předchozí kapitole jsou popsána nejzákladnější rizika související s provozem, obsluhou, údržbou apod. zásobníků, kterým by zaměstnavatelé měli věnovat mimořádnou pozornost.

### Eliminace zasypání – zavalení

I přes určité zlepšení, ke kterému došlo zejména v posledním období, stále u nás převládají zásobníky s jádrovým tokem. U jádrového toku vytéká ze zásobníku poslední vrstva nasypaná jako první; materiál se většinou slehává u stěn a výsypky, přičemž může měnit i svoje vlastnosti. Při otevření výsypky se na hladině vytvoří výtokový kužel. U hmotového toku jsou výtokové poměry zcela opačné; jako první vytéká vrstva nasypaná jako první, přičemž se zachovává hladina sypké hmoty a tato plynule klesá. Optimalizací úhlu sklonu výsypky a parametru úhlu vnějšího tření u vnitřních stěn lze docílit toho, že materiál teče celým průřezem. Pro zajištění hmotového toku v zásobníku platí:

**Čím je menší úhel vnějšího tření a současně čím je menší úhel sklonu výsypky, tím snáze lze v zásobníku zajistit hmotový tok**

Zásobníky s hmotovým tokem se vyznačují strmými a hladkými stěnami výsypek, kde sklon stěny výsypky od vertikální roviny by měl být v rozmezí 15° - 25°. Při navrhování nového zásobníku je v současné době zcela reálné zajistit hmotový tok skladované sypké hmoty a tím i eliminovat popisované provozní potíže u starších zařízení, kde úhly výsypek byly zvoleny kolem 45°, u kterých se již dostáváme do přechodové oblasti mezi hmotovým a jádrovým tokem. Zlepšení tokových poměrů v takovémto případě lze dosáhnout dodatečným snížením vnějšího úhlu tření - kupříkladu tím, že výsypku lze vyložit materiálem s lepšími kluznými vlastnostmi.

V současné době jsou k dispozici speciální polyethyleny, vyznačující se nejen výbornými kluznými vlastnostmi, ale i vysokou odolností proti opotřebení, širokým rozsahem teplotního použití (v rozsahu i od -250 °C do +80 °C), chemickou odolností vůči agresivním médiím, fyziologickou nezávadností atd. pod obchodním označením Solidur, materiál „S“ apod. Představu o možnostech snížení úhlu vnějšího tření v závislosti na velikosti zrna skladované sypké hmoty lze získat z následujícího přehledu, kde je

porovnáván klasický beton s ocelí a vysokomolekulárním polyethylenem na bázi suroviny Hostalen GUR:

Sypká hmota	Velikost zrna (mm)	Úhel vnější tření (°)		
		Beton	Ocel 11 373	Hostalen GUR
Vápenec	0-5	-	32,2	17,6
Vápenec	0-56	33,3	29,2	16,7
Vápenec	45-65	34,8	32,0	14,3
Vápenec	60-120	35,5	29,0	14,8
Pálené vápno	10-40	34,3	31,2	15,7
Sádrovec	0-2	36,1	34,8	11,0

po vypuštění zásobníku lze poměrně často zjistit v jeho vnitřních prostorech zbytky ulpěného materiálu, které nelze normálním způsobem vypustit. V takovýchto případech musí být prováděno dodatečné vyčištění usazených zbytků, které jsou většinou slehlé nebo dokonce zatvrdlé. Prováděné práce jsou nejen fyzicky značně namáhavé, ale většinou i mimořádně nebezpečné. K odstraňování nejrozličnějších usazenin, ale i k narušování kleneb či oblouků lze využít celou řadu technických prostředků, které lze instalovat i dodatečně, pracujících na principu:

- mechanickém,
- hydraulickém,
- vibračním,
- pneumatickém.

Pneumatické způsoby v současné době tvoří nejrozšířenější skupinu technických prostředků používaných nejen k odstraňování usazenin a nálepů v zásobnících, ale i pro zlepšení tokových vlastností sypkých hmot. Vzduch jako pracovní médium je využíván při:

- fluidizaci, kdy pomocí porézních materiálů (na těchto spočívá vrstva sypké hmoty), jimiž prochází vzduch, se při určité rychlosti vzduchu sypká hmota začíná chovat jako kapalina,
- změně objemu – kupř. ve vzduchovém polštáři,
- uvolnění tlaku – ve vzduchovém dělu, pulzní trysce apod.

V dřívější době byly v této skupině technických prostředků nejrozšířenější vzduchové polštáře, se kterými se lze stále ještě setkat v provozu. Slouží k uvolňování nálepů, kleneb apod. zejména ve výsypkách; jsou použitelné pro sypké hmoty do velikosti zrna 150 mm a provozní teploty do +50 °C. Nedoporučují se k použití pro spékavé, lepkavé a pryskyřičnaté hmoty, včetně hmot s chemickou abrazivností.

V pozdější době našlo uplatnění vzduchové dělo. Pracuje na principu okamžitého uvolnění tlakového vzduchu – ve zlomcích sekundy a vytvoření vzduchového rázu,



majícího charakter třesku. Tento je směřován do lokální oblasti použití, kde se utvořila usazenina atd. Podle tvaru a provedení zásobníku, velikosti a charakteru vzniklé usazeniny je třeba použít přiměřený počet vzduchových děl. Zdrojem tlakového vzduchu může být buď jeho centrální rozvod nebo běžněji samostatná tlaková nádoba.

V poslední době se k řešení problémů s netekoucí sypkou hmotou a jejím ulpíváním na vnitřních stěnách zásobníků začalo používat tlakové energie ve formě malých vzduchových rázů směřovaných mezi ulpělý materiál a stěnu zásobníku. Tímto způsobem dochází ke skokovému snížení úhlu vnějšího tření a k uvolnění usazeného materiálu. Na tomto principu pracují vzduchové pulzní trysky. Vzduchový ráz pulzní trysky je šikmo usměrněn a silné pulzy vzduchu jsou směřovány mezi ulpělý či usazený materiál a stěnu zásobníku. Uvolněný materiál následně padá do spodní části výsypky a výpustným otvorem vytéká ze zásobníku, čímž je zajištěn i potřebný tok sypké hmoty v celém průřezu zásobníku bez nutnosti fyzického zásahu obsluhy. Naprogramovaný časový chod odstraňování nálepů a úsad, jakož i vhodné umístění pulzních vzduchových trysek podporuje žádoucí a regulovaný tok sypké hmoty s minimální spotřebou vzduchu.

Systém pulzních trysek je vhodný k použití pro klasické ocelové, betonové, dřevěné nebo plastové zásobníky. Lze jej rovněž využít pro násypky, sila všeho druhu, skluzy, dávkovací, dopravní a vynášecí zařízení, dále pak pro míchače, třídírny, ale i pro odstředivky atd. Tento systém je aplikovatelný jak pro hrubé granuláty, tak i jemné materiály výrazně tvořící klenby, ale i pro ztuhlé materiály, včetně materiálů vlhkých. Vzduchové trysky – kupř. Myrlen jsou montovány na vnější stěně zásobníku, do které se pouze zhotoví otvor potřebné velikosti pro vsunutí trysky, čímž při jejich instalaci odpadá nutnost vstupu do vnitřního prostoru zásobníku, který je vždy nebezpečný. Za zmínku ještě stojí, že uvedené vzduchové trysky jsou použitelné až do teplot cca 500 °C.

Systém pulzních trysek nepoškozuje vlastní konstrukci zásobníku - kupř. v důsledku vibrací, pnutí materiálu nebo opotřebení stěn zásobníku. Při jejich instalaci není nutno ani vyprázdnit zásobník a tím i ev. zastavit provoz navazující technologie, neboť pulzní trysky jsou montovány z vnější strany zásobníku. Po zasunutí pulzní trysky do otvoru, zhotoveném ve stěně zásobníku, se tato z vnější strany upevní na zásobník pomocí montážní příruby. V tělese trysky se pohybuje píst, zakončený pístovou hlavicí dosedající na sedlo, který je ovládán zpětnou pružinou. Vlastní píst trysky pak představuje jedinou pohyblivou část celého zařízení. Po opětovném zapnutí a vypnutí během „střílení“ trysky dochází k „odříznutí“ usazeného materiálu na kruhové ploše o průměru cca 600 mm až 2 400 mm. Drobný materiál je při zpětném chodu pístu uvolněn ven, čímž je i vyloučeno ucpání či zaseknutí trysky.

## **Eliminace výbuchu hořlavých prachů**

Jakákoliv protiexplozní ochrana vychází ze znalosti technologie výroby jako celku, jednotlivých částí a zařízení technologického celku v podmínkách normálního provozního režimu i podmínkách přechodových - najíždění nebo odstavování zařízení. Vede-li kvalifikované a odborné posouzení k potencionální možnosti rizika, je nezbytné zabývat se preventivními opatřeními. Rozeznáváme:

- **Aktivní prevenci**, která zabraňuje vzniku exploze.
- **Pasivní prevenci**, která sice nezabraňuje vzniku exploze, avšak omezuje a snižuje účinky a důsledky exploze.

Důležitou podmínkou pro stanovení rizika nebezpečí výbuchu nebo požáru je správné určení prostředí a to jak vně, tak uvnitř zařízení (zásobníku). Prostředí s nebezpečím výbuchu velkého množství hořlavých prachů je prostředí, kde hořlavý prach je v takovém množství, že se výbušná prachová disperze vyskytuje v prostředí buď trvale nebo může vzniknout z usazeného prachu za obvyklých nebo neobvyklých provozních stavů. Prostředí určuje u stávajících zařízení provozovatel, u projektovaných zařízení projektová organizace. U zařízení, uvnitř kterých se vyskytují hořlavé prachy, je nutno určit vnitřní prostředí, aby v případě potřeby bylo možno navrhnout opatření zabezpečující jak zařízení samo, tak jeho okolí proti výbuchu prachu a nebo jeho požáru uvnitř zařízení. Následně pak je nutno stanovená prostředí označit do výkresové dokumentace. U provozů a zařízení s výskytem hořlavých prachů se stanovují zóny, které mají následnou návaznost na projekt a zabezpečení. Zóny pro prašné materiály jsou definovány u hořlavých prachů takto:

**Zóna 20** - prostor, ve kterém je výbušná atmosféra vytvořena oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu, který je přítomen trvale nebo dlouhou dobu nebo často.

**Zóna 21** - prostor, ve kterém je výbušná atmosféra vytvořena oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu, vznikající při běžném provozu příležitostně.

**Zóna 22** - prostor, ve kterém je nepravděpodobný vznik výbušné atmosféry vytvořené oblakem zvířeného hořlavého prachu ve vzduchu při běžném provozu a pokud se tato atmosféra vyskytne, pak pouze po velmi krátkou dobu.

Není-li důsledně proveden rozbor prachových materiálů v různých provozech, postrádá se jakákoli možnost technicky, hospodárně a bezpečně proti eventuálním rizikům působit, což jak praxe ukazuje přináší mnohdy nedozírné materiální a morální škody. Z pohledu hodnocení nebezpečí výbuchu je nebezpečný právě jemný sedimentovaný prach.

Mezi prvky pasivní prevence patří:

### 1. KONSTRUKČNÍ PROTIEXPLOZNÍ OCHRANA

Z podstaty této metody vyplývá, že výbuchem ohrožené části nebo díly technologických zařízení se musí dimenzovat na určitou tlakovou odolnost, odpovídající očekávanému exploznímu tlaku. V závislosti na očekávaném tlaku se rozeznávají tato provedení:

- a) provedení pro maximální explozní tlak
- b) provedení pro redukovaný tlak (odlehčením nebo částečným potlačením exploze).

### 2. ODLEHČENÍ EXPLOZE

Uvolnění exploze zahrnuje souhrn opatření, která původně uzavřenou nádobu - zásobník nebo aparaturu krátkodobě nebo trvale otevrou. Tím se zabraňuje tvorbě nedovoleného vysokého explozního tlaku. Výsledný tlak je nižší než maximální explozní tlak.

Pro správné dimenzování únikové plochy pro odlehčení je nutné znát: konstrukční provedení chráněného zařízení, výbuchové charakteristiky konkrétního hořlavého prachu, statický otevírací tlak pojistného ústrojí a tlakovou odolnost chráněného zařízení.

Za únikovou plochou je nutné vždy aplikovat bezpečnostní zónu, která nesmí zasahovat do prostorů a míst obsluh, komunikací, strojů a zařízení, prostor, kde je stanoveno prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu.

Při explozi uvnitř zařízení s tlakovým odlehčením je nutné vždy uvažovat s výstupem hořících a nespálených prachů, plameny a účinky tlaku. Expanze plamenů může dosahovat délek jednotek metrů až desítek metrů, mnohdy více než 50 m. Plánování a navrhování zařízení musí bezpečně zabránit ohrožení osob.

### 3. POTLAČENÍ EXPLOZE

Potlačení exploze je vhodné uplatnit při ochraně nádob tak, že vhodné hasivo potlačí explozní hoření již v počátečním stadiu, zabrání tak vzniku nedovoleného explozního tlaku. Toto preventivní opatření předpokládá obdobné konstrukční opatření pro chráněné nádoby a aparáty do redukovaného explozního tlaku, jako při uvolnění exploze.

## 5 Zásady bezpečného provozu

V souvislosti se zajišťováním bezpečného a bezporuchového provozu zásobníků jsou zaměstnavatelé (vedle všeobecných povinností) povinni zejména:

- 1) Provozovat jednotlivé zásobníky za podmínek, pro které byly navrženy a vyrobeny a v souladu s dodanou provozní dokumentací. Konstruktor při návrhu zásobníku vychází z vlastností sypké hmoty (okruhu sypkých hmot), které mají být v příslušném zásobníku skladovány, z jejich rizikových vlastností apod., což zohlední i v provozní dokumentaci.
- 2) Zabránit přístupu k nebezpečným místům a do nebezpečných prostorů, kde by mohlo dojít k zachycení obsluhy či dalších zaměstnanců.

- 3) Zajistit ochranu před nebezpečnými účinky statické a atmosférické elektřiny.
- 4) Zabránit vzniku požáru nebo výbuchu s následným požárem pro případ možného nebezpečí nahromadění plynných nebo tuhých emisí či jejich směsí ve výbušných koncentracích.
- 5) Stanovit velikosti a tvary otvorů ochranných zařízení s přihlédnutím k nebezpečnému prostoru a s ohledem na vlastnosti, strukturu a množství skladovaných sypkých hmot a na možnosti propadnutí zaměstnanců do zásobníku.
- 6) Zabezpečit vstupy a otvory do uzavřených nebezpečných prostor zásobníků proti nežádoucímu vstupu zaměstnanců nebo jejich nahodilému pádu. Současně zabezpečit ochranu vstupů k otevřeným zásobníkům (v těch případech, kde je možnost přístupu k horním otvorům) před pádem do vnitřních prostorů pevným zábradlím s vrchním madlem ve výšce 1,1 m.
- 7) Zajistit spolehlivé těsnosti vypouštěcích otvorů a jejich uzávěrů tak, aby tyto odpovídaly vlastnostem skladované sypké hmoty, největšímu přípustnému tlaku, resp. podtlaku a aby nemohlo dojít k jejich náhodnému otevření.
- 8) Zřídit plošiny a přístupové lávky pro obsluhu, údržbu apod. o šířce alespoň 500 mm.
- 9) V případě nutnosti vybavit zásobníky účinným ochranným zařízením k omezení nebezpečné koncentrace škodlivin.
- 10) Přijetí potřebných bezpečnostních opatření k zabránění vytváření kleneb, trychtýřů, převisů atd. skladovaných sypkých hmot nebo jejich ulpívání na stěnách zásobníků. Současně přijmout opatření k zabránění nahnování skladované sypké hmoty v okolí plnicích otvorů zásobníků umístěných pod úrovní terénu nebo podlahy nad výšku 1500 mm od úrovně okolního terénu nebo podlahy.
- 11) Zajistit řádné osvětlení včetně osvětlení nouzového v manipulačním prostoru a tam kde se zdržuje obsluha a zaměstnanci.
- 12) V souladu s průvodní dokumentací zpracovat místní provozně bezpečnostní předpis a v tomto stanovit zejména:
  - zaměstnance oprávněné k obsluze - užívání zásobníku a požadavky na jejich teoretické zaškolení a praktické zapracování,
  - režim údržby zásobníku(ků) včetně termínů, rozsahu a způsobu provádění, tento specifikovat v knize údržby (obdobném dokumentu) a určit zaměstnance k vedení dokumentace o údržbě,
  - podmínky pro bezpečný vstup do zásobníku (a to jak normální v rámci běžného provozu, tak i mimořádný – v případě vzniku provozní poruchy, či mimořádné situace), včetně určení způsobu zajištění vstupujícího zaměstnance, resp. zaměstnanců a způsob jeho či jejich jištění po dobu pobytu v zásobníku,
  - termíny, rozsah a způsob kontroly vlastností uložených sypkých hmot – zejména pak z hlediska možného samovznícení, výbuchu, změny vlastností uložených sypkých hmot apod.,
  - opatření k zajištění bezpečnosti práce ve škodlivém prostředí – při zjištění výskytu nebezpečných látek a na ochranu proti výbojům statické elektřiny,
  - způsob zajištění vstupních otvorů do uzavřených zásobníků,

- technologický postup pro obsluhu pro případ přerušeno vyprazdňování zásobníku,
- zakázané úkony a činnosti pro obsluhu a další zaměstnance,
- další specifika vyplývající z místní situace provozovatele zásobníku/ků.

## 6 Související předpisy

- 1) Zákon č. 262/2006 Sb. - zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů
- 2) Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci), ve znění pozdějších předpisů
- 3) Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- 4) Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí
- 5) Nařízení vlády č. 23/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu
- 6) Nařízení vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu
- 7) Nařízení vlády č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení
- 8) ČSN ISO 1819 (26 0005) - Zařízení pro plynulou dopravu nákladů. Bezpečnostní předpisy. Všeobecná ustanovení
- 9) ČSN ISO 8456 (26 6202) – Skladovací zařízení sypkých hmot. Bezpečnostní předpisy
- 10) ČSN 73 5570 – Navrhování konstrukcí zásobníků
- 11) ČSN EN 1127-1 (83 3250) – Výbušná prostředí-Zamezení a ochrana proti výbuchu – Část 1: Základní pojmy a metodologie

