

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

**SPRĀDZIENBĪSTAMAS DARBA VIDES
NOVĒRTĒŠANAS METODOĻĢIJA**

MAGISTRA DARBS

Autors: **Ainārs Jurgelāns**

Stud. apl.: aj15051

Darba vadītājs: Dr.sc.admin., asoc. prof Henrijs Kaļķis

RĪGA 2017

ANOTĀCIJA

„Sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas metodoloģija”. Darba autors: Ainārs Jurgelāns. Darba zinātniskais vadītājs: Asociētais profesors, Dr. sc. Admin. Henrijs Kaļķis. Darbs izklāstīts uz 99 lappusēm, ietver 18 attēlus, 43 tabulas, 4 pielikumus, 69 literatūras avotus.

Sprādzienbīstamās darba vides novērtēšanas nepieciešamību paredz vairāki normatīvie akti, tomēr vienotās metodoloģijas tās novērtēšanai nav. Pētījums sastāv no 5 daļām. Pētījumā ir analizēta literatūra par sprādzienbīstamību, sprādzienbīstamas darba vides ietekmi uz nodarbinātajiem un par sprādzienbīstamās darba vides novērtēšanas iespējām. Pētījumā ir aprakstītas lietotās metodes un veikta iegūto datu apkopošana un rezultātu analīzes izklāsts. Darbā tiek piedāvāta autora izstrādāta vienkāršota metodoloģija sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanai. Pētījumā ir veikts sprādzienbīstamas darba vides riska izvērtējuma piemērs pēc piedāvātās metodoloģijas soļiem.

Atslēgas vārdi: sprādzienbīstamība, riska novērtēšana, metodoloģija.

ANNOTATION

“Evaluation methodology of explosive work environment” The author: Ainārs Jurgelāns. Research adviser: Dr. sc. Admin. asoc. prof. Henrijs Kaļķis. Master Thesis is on 99 pages, which contains 18 figures, 43 tables, 4 appendices, 69 literature references.

The necessary of explosive work environment evaluation provides by many of laws, but there is no methodology how to assess it. The master thesis consists 5 parts. In master thesis has been analyzed the literature of the risk of explosion, explosive working environment for the employees and risk assessment capabilities for potentially explosive working environment. In master thesis are describes used research methods, carried out data collection and done analysis of results. The master thesis containing offer of maximum simplified methodology of explosive work environment. The master thesis is carried out explosive work environment risk assessment by the proposed methodology steps.

Keywords: explosion hazard, risk assessment, methodology.

SATURA RĀDĪTĀJS

| | |
|--|----|
| IEVADS | 5 |
| 1. LITERATŪRAS APSAKTS UN ANALĪZE | 8 |
| 1.1. Sprādziena definīcija un veidi | 11 |
| 1.2. Sprādzienbīstamās vides jēdziens un raksturojums | 19 |
| 1.3. Klasifikācija sprādzienbīstamās zonās | 26 |
| 1.4. Sprādzienbīstamo maisījumu un zonu klasifikācijas ārvalstu piemēri | 34 |
| 2. PĒTIJUMĀ IZMANTOTĀS METODEDES | 40 |
| 2.1. Darba aizsardzības speciālistu aptauja | 40 |
| 2.2. Somijas 5 baļļu metode | 40 |
| 2.3. Kļūdu loģiskās analīzes jeb „Kļūdu koka” metode (<i>Fault Tree analysis, Event Tree analysis</i>) | 44 |
| 2.4. Kļūdu iespējamības un seku analīzes metode (FMEA) | 45 |
| 2.5. Specializētā risku novērtēšanas metode | 48 |
| 3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA | 56 |
| 3.1. Darba aizsardzības speciālistu aptaujas rezultāti | 56 |
| 3.2. Darba vides risku novērtēšanas rezultāti | 58 |
| 3.2.1. Somijas 5 baļļu metode | 58 |
| 3.2.2. Kļūdu loģiskās analīzes jeb „Kļūdu koka” metode | 59 |
| 3.2.3. Kļūdu iespējamības un seku analīzes metode | 62 |
| 3.2.4. Specializētā 5 soļu metode | 64 |
| 4. METODOLOĢIJAS SOĻI SPRĀDZIENBĪSTAMAS DARBA VIDES IZVĒRTĒŠANAI | 66 |
| 4.1. Sprādzienbīstamas darba vides noteikšana | 68 |
| 4.2. Sprādzienbīstamas darba vides analīze | 70 |
| 4.3. Praktisks piemērs sprādzienbīstamas darba vides izvērtēšanā pēc piedāvātās metodoloģijas soļiem | 78 |
| 4.3.1. Sprādzienbīstamas darba vides risku analīze | 78 |
| 4.3.2. Autora izstrādātās metodoloģijas analīze, pēc veiktās praktiskās piemērošanas ... | 84 |
| SECINĀJUMI | 86 |
| PRIEKŠLIKUMI | 88 |
| LITERATŪRAS AVOTI | 89 |
| PIELIKUMI | 94 |
| 1. pielikums Aptaujas anketa | 94 |
| 2. pielikums Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 1 | 95 |
| 3. pielikums Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 2 | 96 |
| 4. pielikums Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 3 | 98 |

IEVADS

Nozīmīgu lomu darbinieka dzīvē ieņem darba vide, jo aptuveni trešo daļu, dažkārt pat vairāk, no sava darba mūža cilvēks pavada darbā. Darba vide tā ir cilvēka darba vieta ar visiem tajā esošajiem darba vides riska faktoriem, kas ietekmē vai var ietekmēt cilvēka drošību un veselību. Ļoti svarīgi ir pareizi un racionāli ierīkot darbinieku darba vietas, lai darbinieks varētu justies labi, ērti un droši. Darba devējam nepieciešams nodrošināt darba aizsardzības pasākumus, lai nodrošinātu nodarbināto drošību un veselību darbā. Darba aizsardzības pasākumus visbiežāk nosaka darba aizsardzības speciālists, kura pienākums ir organizēt un kontrolēt darba aizsardzības pasākumus un veikt darba vides iekšējo uzraudzību. Darba aizsardzības speciālistam, pareizi organizējot darba aizsardzības pasākumus, ir iespēja izveidot drošu un veselībai nekaitīgu darba vidi, kā arī novērst nelaimes gadījumus darbā un arodslimības. Darba aizsardzības speciālistam nepieciešams noteikt dažādas prasības, lai tiku nodrošināti visi nepieciešamie darba aizsardzības pasākumi, tai skaitā darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē. Bieži vien darba aizsardzības speciālistiem pieredzes trūkuma vai nezināšanas dēļ ir apgrūtināti noteikt, darba aizsardzības prasības darbam sprādzienbīstamā vidē. Neprecīzi noteiktu darba aizsardzības prasību rezultātā darbinieks var gūt nopietnas traumas vai pat iet bojā.

Sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējums ir aktuāls, jo Latvijas Republikas Ministru kabinets ir noteicis, ka darba devējam jānodrošina, ka no jauna izveidotās vai rekonstruētās darba vietās pirms darba uzsākšanas tiek veikta pārbaude, lai noteiktu, vai darba vide ir sprādzienbīstama. Ja šīs pārbaudes laikā tiek konstatēts, ka darba vide ir sprādzienbīstama, tad darba devējs nodrošina sprādzienbīstamas darba vides radītā riska novērtēšanu. Sprādzienbīstamas darba vides riska novērtēšanu, jāveic atbilstoši uzņēmuma darba vides iekšējās uzraudzības un darba vides risku novērtēšanas kārtībai. Kā arī 2016. gada 1. septembrī spēkā stājušies jaunie Ministru kabineta 2016. gada 19. aprīļa noteikumi Nr. 238 „Ugunsdrošības noteikumi” (turpmāk – Ugunsdrošības noteikumi), kas nosaka, ka: "Objektā un teritorijā, kurā pastāv vai var veidoties sprādzienbīstama vide, elektroinstalācija, elektroiekārtas un elektroierīces, ir sprādziendrošā izpildījumā ievērojot sprādzienbīstamas vides zonējumu". Svarīgi ir novērtēt sprādzienbīstamas darba vides riskus pirms darbu uzsākšanas, lai ēku un būvju projektēšanas laikā jau tiktu noteikti nepieciešamie pasākumi drošai šo būvju ekspluatācijai.

Aizvien vairāk darba devēji sāk interesēties par sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanu. Iespējams, ka interese ir saistīta tieši sakarā ar normatīvo aktu izmaiņām. Darba devēji vēlas izvērtēt esošo bīstamību un izvēlēties nepieciešamos aizsardzības pasākumus, lai

novērstu vai mazinātu sprādzienbīstamības riskus. Bieži vien uzņēmumos darba vides iekšējās uzraudzības un darba vides risku novērtēšanas kārtībā nav noteikts, kā veikt sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanu, jo šie riski ir specifiski. Sprādzienbīstamas darba vides riska novērtējumu nepieciešams veikt ne tikai tāpēc, ka to nosaka Latvijas Republikas normatīvie akti, bet pirmkārt tāpēc, ka, veicot šo riska novērtējumu iespējams apzināt šīs vides radītos riskus, tādā veidā novēršot vai samazinot iespējamās nelabvēlīgās sekas avāriju gadījumā. Sprādziena gadījumā darba vietā var veidoties nekontrolējams ugunsgrēks un izplatīties kaitīgas vielas. Notiekot sprādzienam, spiediena efekta gadījumā var tikt nodarīts liels materiālais kaitējums darba vidē izvietotajām iekārtām, būvēm, bet vislielāko kaitējumu tas var nodarīt nodarbinātajam. Sprādziena rezultātā nodarbinātais var gūt nopietnas traumas, apdegumus, vai var iestāties nodarbinātā nāve. Precīzs sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējums, pirmkārt palīdz identificēt briesmas. Savukārt, laicīgi identificējot šīs briesmas iespējams noteikt specifiskus pasākumus, lai nodrošinātu nodarbināto drošību sprādzienbīstamā vidē. Tādā veidā darba devējs spēj nodrošināt drošu darba vidi. Protams jāpadomā arī par to, lai pēc sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas atbilstoši tiktu izpildīti tajā minētie norādījumi un atbilstoši tiktu nodrošināta tās uzraudzība, kamēr nodarbinātie atrodas sprādzienbīstamā darba vidē.

Maģistra darba izstrādes laikā autors praktiski veiks sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējums stikla šķiedras ražošanas uzņēmumā. Mūsdienās stikla šķiedru izmanto ļoti daudzās nozarēs. Tas ir plaši izmantots materiāls būvniecībā, elektrotehnikā, mašīnbūvē, medicīnas tehnikā, dažādu mājsaimniecībā preču ražošanā u.c. Stikla šķiedras ražošanas procesā tiek izmantotas dažādas ķīmiskās vielas, lai sasniegtu nepieciešamās ražoto preču kvalitātes prasības. Daudzas no šīm ražošanas procesā izmantojamām vielām ir ļoti kaitīgas cilvēka veselībai un dzīvībai. To ķīmiski – fizikālās īpašības darba vidē var radīt sprādzienbīstamību. Stikla šķiedras ražošanas process ir tehnoloģiski sarežģīts, tādēļ veicot praktisko sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējumu tiks vērtētas atsevišķas lokālas darba vietas.

Likumdevējs bieži nosaka prasības, kas darba devējam ir jāizpilda, bet nenosaka veidu kādā to paveikt. Piemēram, ņemot vērā Ugunsdrošības noteikumus elektroinstalācijai, elektroiekārtām un elektroierīcēm jābūt sprādziendrošā izpildījumā ievērojot sprādzienbīstamas vides zonējumu, bet kā noteikt šo zonējumu nav minēts. Pašlaik darba aizsardzības speciālisti veic sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanu pēc personīgajiem, profesionālajiem ieskatiem. Tāpēc veicot sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanu bieži tiek pieļautas būtiskas kļūdas, kā rezultātā sprādzienbīstamas darba vides riska novērtējums ir nepilnīgs un neprecīzs. Sprādzienbīstamas darba vides novērtēšana ir

sarežģīts process, kurā darba aizsardzības speciālistam, kas veic šo novērtējumu nepieciešamas labas zināšanas ķīmijas un fizikas nozarēs. Sprādzienbīstamas darba vides novērtēšana no darba aizsardzības speciālistiem prasa padziļinātu izpēti par vielām un materiāliem, kas tiek izmantoti darba vidē. Sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanai ir nepieciešama speciāla pieeja un vienotas vadlīnijas, tieši tāpēc, ka no speciālistu puses pastāv subjektīva pieeja šo darba vides risku novērtēšanā. Darba aizsardzības speciālisti varētu veikt pilnvērtīgu sprādzienbīstamās darba vides risku izvērtējumu, ja vadītos pēc vienotas sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas metodoloģijas. Darba aizsardzības speciālistiem, veicot darba vides risku novērtējumu, būs iespējams pielietot izstrādāto sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas metodoloģiju. Tādā veidā būs iespējams identificēt sprādzienbīstamas darba vietas bīstamības līmeni un atbilstoši tam noteikt nepieciešamos pasākumus sprādzienbīstamības riska mazināšanai vai/un novēršanai.

Maģistra darba mērķis ir pētīt sprādzienbīstamu darba vidi, tās novērtēšanas iespējas un izstrādāt sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas metodoloģiju. Lai sasniegtu mērķi izvirzīti šādi uzdevumi:

1. pētīt zinātnisko literatūru par sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanu;
2. pētīt citu valstu pieredzi sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanā;
3. izvēlēties pētījumam atbilstošākas pētniecības metodes;
4. veikt darbinieku un darba aizsardzības speciālistu aptaujas saistībā ar sprādzienbīstamu darba vidi;
5. veikt praktisku sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanu stikla šķiedras ražošanas uzņēmumā;
6. noteikt specifiskus pasākumus pēc veiktās riska novērtēšanas, kas nepieciešami, lai nodrošinātu nodarbināto drošību sprādzienbīstamā darba vidē.

Maģistra darba praktiskā nozīmība saistīta ar to, lai praktiski palīdzētu darba aizsardzības speciālistiem veikt sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanu vadoties pēc noteiktas sprādzienbīstamības darba vides riska novērtēšanas metodoloģijas. Vēlamais rezultāts ir, lai visi visiem darba aizsardzības speciālistiem, kas vērtē sprādzienbīstamu darba vidi, būtu vienota pieeja, novērtējot sprādzienbīstamības darba vides risku.

1. LITERATŪRAS APSAKTS UN ANALĪZE

Ikviens nelaimes gadījums darbā ir potenciāls iemesls nodarbināto darbspēju zaudēšanai, tas var izraisīt fiziskas un psiholoģiskas ciešanas, uztraukumu cietušā ģimenē, kā arī neapšaubāmi, tas nesaraujami saistīts ar ekonomiskiem zaudējumiem gan nodarbinātiem, gan arī darba devējam. Tādēļ darba devēja interesēs ir pēc iespējas izvairīties no nelaimes gadījumiem darba, maksimāli izslēdzot to rašanās iespējamus faktorus. Tas arī ir atzīstams par galveno darba drošības mērķi. Lai to būtu iespējams paveikt, ir nepieciešami maksimāli precīzi identificēt uzņēmumā pastāvošos darba vides riska faktorus. [1] Turklāt, primāri tieši darba devējam ir pienākums nodrošināt darba aizsardzības prasību ievērošanu uzņēmumā, kas arī no juridiskās puses darba devējam uzliek par pienākumu rūpēties par darba drošību konkrētajā uzņēmumā.

Mūsdienu darba aizsardzības mērķis ir nodrošināt kompleksu pieeju, veicot darba vides risku novērtēšanu un labākajā gadījumā pilnīgu izslēgšanu, bet ja tas nav iespējams, tad konstatēto risku samazināšanu. Tādējādi darba devēja uzdevums primāri izslēgt identificētus darba vides riskus, kas var nodarīt kaitējumu nodarbinātiem vai uzņēmumam kopumā, nevis cīnīties ar sekām. Turklāt nopietno nelaimes gadījumu rezultātā radītās sekas var būt arī neatgriezeniskas, kas nesīs gan negatīvās emocionālās, gan ievērojamas finansiālās sekas.

Darba vides risku faktori pastāv dažādās nozarēs, tādējādi ievērojams skaits nodarbināto ikdienā tiek pakļauti dažādu riska faktoru ietekmei. Tādējādi risku analīze ir pie konkrētā darba devēja nodarbināto veselības un drošības pārvaldīšanas sistēmas sastāvdaļa, jo no tās ir atkarīga gan darba aizsardzības sistēmas izveide, gan darba vides veselības un drošības politikas uzņēmumā uzturēšana. Kaut arī nav iespējams pilnībā izslēgt nelaimes gadījumu rašanās riskus darba vietā, darba devēja uzdevums ir maksimāli pielāgot darba aizsardzības sistēmu, izstrādājot un ieviešot darba aizsardzības stratēģiju un pasākumu plānu risku mazināšanai, lai panāktu pieļaujamu riska līmeni uzņēmumā.

Darba vides riska faktori pēc būtības var būt vadāmi, ja uzņēmumā tiek izveidots riska vērtējuma juridiskais pamats, metodiskais nodrošinājums un vērtēšanas procedūra, kā arī noteiktas speciālās prasības riska mazināšanai. Darba vides risku vadība katrā uzņēmumā ir individuāla, tomēr jāievēro galvenie darba vides risku vadības soļi:

- riska noteikšana (identificēšana);
- riska novērtēšanā;
- riska mazināšana vai novērtēšana (profilakses pasākumu izstrāde un ieviešana);
- riska pārraudzība. [2]

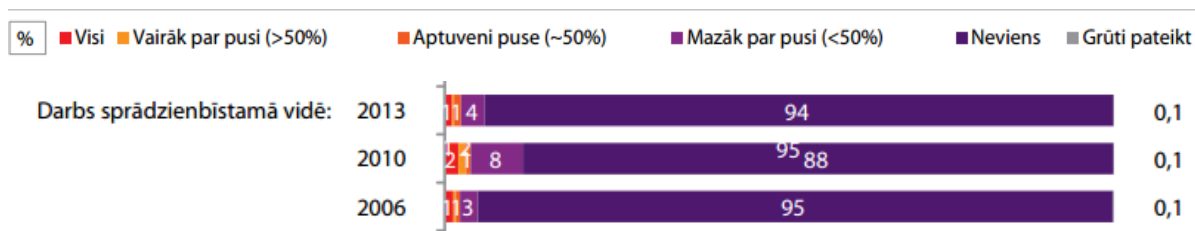
Pastāv uzskats, ka Latvijas uzņēmumos prevalē tradicionālie darba vides risku faktori – troksnis, vibrācija, putekļi, ķīmiskās vielas u.c., taču attīstītajās Eiropas Savienības valstīs priekšplānā izvirzās psihosociālie, organizatoriskie un ergonomiskie riska faktori. Gan pētījumā “Darba apstākļi un riski Latvijā, 2005–2007”, gan arī 2009.–2010. gadā iegūtais situācijas raksturojums parādīja, ka nozīmīgākie darba vides riska faktori ir dažādi psihoemocionālie riska faktori (laika trūkums, virsstundu darbs, garas darba stundas u.c.) un ergonomiskie darba vides riska faktori (darbs ar datoru, smagumu pārvietošana, darbs piespiedu pozā, vienveidīgas kustības). Tas liecināja par darba vides tradicionālo riska faktoru nomaiņu ar jauniem, mūsdienīgiem riska faktoriem. Savukārt veikto darba vides laboratorisko mērījumu apkopojums liecināja, ka par ļoti būtiskām darba vides problēmām jāuzskata darba vides mikroklimats un putekļi (it īpaši abrazīvie putekļi un metināšanas aerosols). [3]

Vai iepriekš minētajos pētījumos identificētie riska faktori ir atzīstami par visnozīmīgākajiem darba vides riska faktoriem ir diskutabls jautājums, bet nenoliedzami, minētie riska faktori pieskaitāmi pie tradicionālajiem un izplatītākajiem riska faktoriem, kuru ietekmei var tikt pakļauti strādājošie.

Arī Valsts darba inspekcijas 2015. gada darbības pārskatā kā viens no Darba inspekcijas prioritārajiem darbības virzieniem tika noteikts letālo nelaimes gadījumu darbā un to nelaimes gadījumu darbā, kuru rezultātā cietušajam radušies smagi veselības traucējumi, skaita samazināšana, organizējot tematiskās pārbaudes darba aizsardzībā un Eiropas informatīvo kampaņu „Veselīgas darba vietas uzvar stresu”, kā arī būtiski palielinot preventīvo apsekojumu skaitu darba aizsardzībā. [4] Tomēr arī šeit, kaut arī sprādziena risks var potenciāli izraisīt letālu nelaimes gadījumu darbā vai tādu nelaimes gadījumu darbā, kura rezultātā cietušajam var rasties smagi veselības traucējumi, netika konstatēts un aplūkots detalizētāk. Piemēram, analizējot kokapstrādes un mežizstrādes uzņēmumos organizēto tematisko pārbaužu datus pēdējo piecu gadu periodā, tika secināts, ka kopējam konstatēto pārkāpumu skaitam ir tendence samazināties, taču joprojām tāds augstākās bīstamības pārkāpums kā darba aprīkojuma kustīgo daļu neaprīkošana ar aizsargiem vai iekārtām, kas nepieļauj darbinieku piekļūšanu bīstamajai zonai, tiek konstatēts salīdzinoši bieži. Tomēr netiek analizēts, ka putekļi, kas rodas kokapstrādes uzņēmumos, paši par sevi jau ir sprādzienbīstami, kā rezultātā pastāv sprādzienbīstamas vides veidošanās risks, kas arī var būt potenciāli par pamatu nelaimes gadījumam. Kokapstrādes uzņēmumos koksne var tikt pakļauta arī krāsošanai vai lakošanai, kas arī potenciāli var radīt sprādzienbīstamās vides rašanās risku. Var piekrist, ka Latvijā statistikas dati par sprādziena rezultātā nodarbinātiem nodarīto kaitējumu, kura rezultātā cietušajam radušies smagi veselības traucējumi, nav

pieejami, tomēr praksē tiek konstatēts, ka arvien vairāk uzņēmumu sāk interesēties par sprādzienbīstamo vidi un tās novērtēšanu.

Pētījuma “Darba apstākļi un riski Latvijā, 2012–2013” [3] aptaujas ietvaros par uzņēmumos / iestādēs nodarbināto skaitu, kuri pakļauti dažādiem darba vides riska faktoriem tika aptaujāti 1044 darba devēji. Analizējot un apkopojot aptaujas rezultātus, tika secināts, ka nodarbināto skaits, kas pakļauti darbam sprādzienbīstamā vidē, salīdzinoši ar citiem darba vides riskiem, ir mazāks (sk. 1.1. att.). Piemēram, 2013. gadā 10 uzņēmumos/iestādēs no 1044 visi nodarbinātie tika pakļauti darbam sprādzienbīstamā vidē, vēl 10 uzņēmumos/iestādēs (1% no visiem aptaujātiem darba devējiem) vairāk par pusi no visiem nodarbinātiem tika pakļauti darbam sprādzienbīstamā vidē. Aptuveni puse no visiem nodarbinātiem tika pakļauti darbam sprādzienbīstamā vidē vēl 10 uzņēmumos/iestādēs (1% no visiem aptaujātiem darba devējiem), savukārt aptuveni 41 darba devējs (4% no visiem aptaujātiem darba devējiem) atzina, ka uzņēmumā darbam sprādzienbīstamā vidē pakļauts mazāk par pusi no visiem nodarbinātiem. Savukārt 94% no aptaujātiem darba devējiem norādīja, ka viņu uzņēmumos/iestādēs nodarbinātie nav pakļauti darbam sprādzienbīstamā vidē.



1.1. att. Uzņēmumos / iestādēs nodarbināto skaits, kuri pakļauti darba vides riska faktoriem. Izvilkums [3]

Kopumā analizējot aptauju datus secināms, ka 2013. gadā 6 % no 1044 darba devējiem ir saskārušies ar sprādzienbīstamās darba vides noteikšanu un risku analīzi. Minētajā pētījumā nav norādes, kādās jomās darbojas aptaujātie darba devēji. Neapšaubāmi, ka birojā strādājošie faktiski nav pakļauti sprādzienbīstamās vides veidošanās riskam, salīdzinājumā, piemēram, ar rūpnieciskajā rasošanā strādājošiem. Ņemot vērā, ka jomas, kur pastāv sprādzienbīstamā darba vides veidošanās risks, ir ļoti dažādas un plašas (tiks analizētas turpmāk), minētā statistika var netieši liecināt, ka darba devējiem Latvijā trūkst iemaņu ar sprādzienbīstamo vidi saistīto risku identificēšanā un novērtēšanā.

Analizējot Latvijas tautsaimniecības attīstību secināms, ka 2014.-2020. gada Eiropas Savienības fondu plānošanas periods paver iespēju investēt 4,4 miljardus eiro Latvijas izaugsmē un attīstībā, tai skaitā, jaunu produktu un iekārtu ieviešana ražošanā. 2015. gadā apstrādes rūpniecības izlaide pieauga par 4,3%. Lielākais pozitīvais devums apstrādes rūpniecības izaugsmē bija kokapstrādes, metālu ražošanas, datoru, elektrisko un optisko

iekārtu, kā arī mašīnu un iekārtu ražošanas nozarēm. Lielākajā rūpniecības nozarē – kokapstrādē ražošanas apjomi 2015. gadā stabili pieauga (par 7,1%). Būtisks devums kopējā apstrādes rūpniecības izaugsmē 2015. gadā bija metālapstrādes nozarei, ko ietekmēja darbības atsākšana vienā no lielākajiem rūpniecības uzņēmumiem “KVV Liepājas Metalurgs”. Straujš ražošanas apjomu pieaugums 2015. gadā turpinājās datoru, elektrisko un optisko iekārtu ražošanā (kāpums par 16,7%). Tāpat gada laikā pieauga ražošanas apjomi mēbeļu ražošanā, mašīnu un iekārtu, kā arī transportlīdzekļu ražošanas nozarēs. [5] Attīstoties ražošanas nozarēm, rodas jaunas darba vietas, kā arī uzņēmumi, kā rezultātā darba vides risku vadības jautājums kļūst arvien aktuālāks, tai skaitā, sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas jautājums. Katrā konkrētā gadījumā pastāv nepieciešamība apkopot datus par riska iespējamību, analizēt riska faktorus, izstrādāt pasākumus to novēršanai vai mazināšanai, kā arī nepārtraukti pārraudzīt un pārskatīt tos. [2] Ikvienam riska faktoram ir nozīme, un to ir nepieciešams atklāt. Tomēr, analizējot iepriekšminēto statistiku var secināt, ka Latvijā lielākoties uzmanība tiek pievērsta tradicionāliem risku faktoriem kopumā – ķīmiskās vielas (piemēram, lakas, krāsas, sintētiskie mazgāšanas līdzekļi u.c.), fizikālie faktori (troksnis, vibrācija, mikroklimats, apgaismojums u.c.), putekļi (metināšanas aerosols, abrazīvie putekļi, koka putekļi u.c.), bioloģiskie faktori (ērču encefalīta izraisītāji, HIV/AIDS u.c.), mehāniskie faktori (strādājot ar darba aprīkojumu, ar bīstamām iekārtām, augstumā, tai skaitā, sprādzienbīstamā vidē u.c.), ergonomiskie faktori (darbs piespiedu pozā, vienveidīgas kustības, smaguma pārvietošana u.c.), psihoemocionālie faktori (laika trūkums, virsstundu darbs, darbs naktīs, sliktas attiecības ar vadību, kolēģiem, konflikti u. c.), savukārt sprādzienbīstamā vide kā darba vides riska faktors Latvijas specializētajā literatūrā ir maz pētīta un analizēta. Vēl jo vairāk, apkopojot nacionālajā literatūrā par risku identificēšanu un vadību sniegto informāciju, secināms, ka nav pieejama vienota metodoloģija attiecībā uz sprādzienbīstamas darba vides risku noteikšanu, vērtēšanu, kā arī mazināšanu un novēršanu. Risku vadības neatņemama sastāvdaļa ir uzņēmumā pastāvošo procesu izpratne un analīze, izmantojamo vielu fizikālais un ķīmiskais raksturojums, kā arī iespējamās reakcijas ar citām vielām vai to iedarbība. Tādējādi turpmāk padziļināti tiks analizēti sprādzienbīstamās darba vides risks, proti, sprādziens kā tāds, tā definīcijas un raksturojums, iespējamās sprāgstvielas, jomas, kuru ietvaros potenciāli var rasties sprādzienbīstamā vide, kā arī sprādzienbīstamās darba vides riska noteikšana.

1.1. Sprādziena definīcija un veidi

Visiem zināms, cik katastrofālas sekas rada sprādzieni. Tās ir postošākas un negaidītākas par ugunsgrēkiem. Aizsardzība pret sprādzienbīstamas vides radīto risku ir īpaši

svarīga, jo sprādzieni un to radītās sekas apdraud strādājošo dzīvību un veselību sakarā ar nekontrolējamām sekām, ko rada liesmas un spiediens, kaitīgu reakcijas produktu klātbūtne, un to, ka apkārtējā gaisā samazinās skābeklis, ko elpo nodarbinātie. Par laimi, momentālu uguns uzliesmojumu un sprādzienu gadījumi nav izplatītākie negadījumi darbā, tomēr, ievērojot sprādziena radītās sekas, gan cilvēku upuru ziņā, gan ekonomisko seku ziņā, ir jāatzīst, ka sprādzienu sekas bieži vien ir iespaidīgas un dramatiskas.

Sprādzieni, kas izraisa smagas avārijas un cilvēku upurus, bieži notiek dažādās rūpnīcās. Uzsprāgst siltuma katli, gāzes, benzīna tvaiki un citi komponenti, koka putekļi un laku krāsošanas tvaiki kokapstrādes rūpnīcās, gāzu kondensāti gāzes noplūdes dēļ u.c. [6] Tā kā sprādzieni ir ātri un spēcīgi, praktiski nav iespējams veikt evakuāciju. Sprādziena rezultātā var sabrukt ēku konstrukcijas, un tas var radīt lidojošo priekšmetu risku, kas savukārt, var ievainot cilvēkus un radīt ievērojamus zaudējumus uzņēmuma īpašumam. Tādējādi bieži vien šāda veida nelaiemes gadījumi pārvēršas katastrofā. Jāatzīmē, ka atkarībā no tā, cik spēcīgs ir sprādziens, postošas un dramatiskas sekas var iestāties ne vien uzņēmējam un konkrētajā uzņēmuma nodarbinātiem, bet arī tuvākās apkārtnes iedzīvotājiem un blakus esošajiem uzņēmumiem, jo pastāv risks, ka sprādziena vilnis būs tik spēcīgs, ka radīs postījumu arī ārpus konkrētā sprādziena objekta.

Jēdzienu „sprādziens”, atkarībā no jomas, kur tas tiek lietots, var definēt dažādi. Arī plaši pazīstama ugunošana pēc savas būtības ir sprādziens, tomēr šī darba ietvaros sprādziens tiks definēts piemērošanai darba vides risku novērtēšanas procesā, neanalizējot jēdziena „sprādziens” citas, nesaistītās ar darba mērķi, nozīmes.

Plašākā nozīmē sprādziens ir parādība, ko izraisa pēkšņas fizikālas un ķīmiskas izmaiņas kādas masas stāvoklī, kā rezultātā atbrīvojas milzīga enerģija un palielinās gāzu vai tvaiku tilpums (gaiss, ūdens tvaiki, gāzes, kas rodas degšanas procesā utt.) vidē, kura pastāv pretestība minētā spiediena pieaugumam (tvertne, atmosfēra, telpa utt.). Sprādziens ir momentāna (eksplozīva) vielas vai maisījuma ķīmiska pārvērtība, kurā izdalās liels enerģijas daudzums, kas rada paaugstinātu spiedienu un temperatūru. Savukārt spiediena paaugstināšanās ir atkarīga no telpas, kas pieejama, lai paplašinātos. Eksplozija momentāli aptver visu vielu tilpumu, rodas 1500-3000°C temperatūrā un ievērojami palielinās spiediens. Eksplozējot cietām vielām, spiediens sasniedz vairākus simtus atmosfēru. Sprādzienu vienmēr pavada stiprs troksnis un triecienviļņi, kas sagrauj apkārtējos priekšmetus. [7]

Kvalitātes standartā ISO 80079-36:2016 sprādziens tiek definēts kā pēkšņs spiediena vai temperatūras pieaugums oksidēšanās vai citas eksotermiskās reakcijas rezultātā. [8] Savukārt, Amerikas Savienoto valstu Nacionālā ugunsdrošības asociācija (no angļu valodas *National fire protection association* jeb *NFPA*) sprādzienu definē kā pēkšņu potenciālu

enerģijas (ķīmiskās vai mehāniskās) pārveidošanos uz kinētisko enerģiju, veidojot gāzu atbrīvošanos zem spiediena vai gāzes izplūdi zem spiediena. Attiecīgi minētās gāzes noplūdes var veidot mehānisko darbu, piemēram, pārvietot, mainīt vietām, satricinot tuvumā esošos materiālus. [9] Savukārt, atšķirībā no parastiem degšanas procesiem, sprādziens pēc būtības veido pašpietiekamu (pašuzturošu) paplašināšanās reakciju caur sprādzienbīstamo atmosfēru. [10] Apkopojot iepriekš minēto, kodolīgi sprādzienu var definēt kā notikumu, kas sākotnēji (laika un paaugstinātas temperatūras ietekmē) augs strauji un neierobežoti.

Sprādziens, atkarībā no tā norises, var būt ierobežots vai neierobežots. Sprādziens ir ierobežots, ja tas notiek konkrētā platībā vai rezervuārā, piemēram, sprādziens ķīmiskā reaktorā. To var radīt arī degšana ierobežotā telpā, piemēram, ēkā, telpu grupā, uz kuģa vai apstrādes iekārtā, kur degšanas rezultātā izveidots spiediens potenciāli rada sprādziena risku. [11] Savukārt neierobežots sprādziens ir tad, ja tas notiek gaisā, procesā piedaloties lielam daudzumam degoša materiāla, piemēram, uzliesmojošu tvaiku ātra aizdegšanās. Ar aizdegšanos saprot eksotermisku reakciju, piemēram, strauju uzliesmojošo putekļu vai tvaiku oksidēšanos gaisā, kurā reakcija norisinās caur nesadegušo materiālu ar ātrumu, kas ir mazāks par skaņas ātrumu. [12] Lai notiktu aizdegšanās, maisījumam, kas atrodas gaisā jābūt tādā koncentrācijas diapazonā, ko parasti sauc par uzliesmojamības vai sprādziena robežu. Uzliesmojamības vai sprādziena robežu raksturo augstākā un zemākā uzliesmojuma vai sprādziena robeža, kas tiek attēlota procentuāli. Kad vielas koncentrācija gaisā atrodas starp zemāko un augstāko uzliesmojuma vai sprādziena robežu, notiek uzliesmojums (aizdegšanās). Savukārt, ja vielas daudzums gaisā ir ievērojams (piemēram, māja, kas piepildīta ar dabasgāzi), sekojošu uzliesmojumu raksturos sprādzienbīstamas sekas. [13] Datus par vielas augstāko un zemāko uzliesmojuma/sprādziena robežām var atrast konkrētās vielas drošības datu lapās.

Sprādzienus pēc to izcelsmes var iedalīt ķīmiskajos, pneimatiskajos jeb mehāniskajos, elektriskajos un nukleāros. Ķīmiskos sprādzienus izraisa strauja ķīmiska degšanas reakcija, piemēram, nitroglicerīna, nitrocelulozes, dinamīta gāzu un uzliesmojošu tvaiku degšana. Šādu sprādzienu energoavots var būt cietas, šķīdņas un gāzveida vielas, kā arī degošo maisījumu aerosoli, kas atrodas gaisā. Pneimatiskos jeb mehāniskos sprādzienus izraisa tvertnes plīsums, palielinoties iekšējam spiedienam, piemēram, tvaika katla sprādziens, automašīnas riepas plīsums. Šī veida sprādzienus izraisa fiziskie procesi, tādi kā saspiesto gāzu sprādzieni un pārkarsēto tvaiku sprādzieni. Kā piemēru šāda veida sprādzienam var minēt 1986. gada 26. aprīlī notikusī katastrofu Černobiļas AES, Ukrainas PSR (tagadējā Ukrainas teritorijā), PSRS. Tā tiek uzskatīta par vēsturē lielāko kodolkatastrofu un ir viena no divām, kura novērtēta ar 7. līmeni pēc Starptautiskās kodolnegadījumu skalas. Veicot eksperimentu, kļūdas dēļ

atomelektrostacijas reaktora jauda tika pārāk samazināta, kā rezultātā atomelektrostacijas reaktors kļuva nestabils, un veicot eksperimentu, reaktora jauda strauji pieauga. Reaktora ārkārtas izslēgšanas procesā, reaktora konstrukcijas dēļ, izslēgšanas procesa sākumā tā jauda palielinājās vēl vairāk, kā rezultātā reaktors pārkarsa, kas izraisīja tvaika eksploziju, kurai zibenīgi sekoja spēcīgs sprādziens. [14] Elektriskais sprādziens rodas elektriskā loka izlādēšanās rezultātā, kad notiek strauja iztvaikošana strāvas vadītājā uzkāšanās rezultātā. Savukārt nukleārie sprādzieni rodas atomu kodolu sintēzes un skaldīšanas rezultātā. [15]

Savukārt ārzemju literatūrā izdala trīs galvenos sprādzienu veidus: sprāgstvielu detonācija, neparedzēta sadegšanas procesu detonācija un mehāniskos sprādzienus. Ar sprāgstvielu detonāciju saprot sprāgstvielu izmantošanu konkrētam mērķim, piemēram, veco konstrukciju nojaukšanai. Šis process tiek stingri kontrolēts no tā iniciatora puses. Neparedzēta degšanas procesu detonācija pēc ķīmiskā raksturojuma ir līdzīga parastam ugunsgrēkam, tomēr tā sprādziena procesi ir daudz ātrāki un veido uz āru vērstu spiediena vilni, paplašinoties materiāli (*expanding material*) un izdalot siltumu. Viens no šī veida sprādzieniem ir putekļu sprādziens, kas rodas pie noteiktas degošo materiālu koncentrācijas gaisā. Šādi sprādzieni no izcelsmes vietas izplatās ļoti strauji pa visu putekļus saturošu telpu, paaugstinot gaisa temperatūru, izraisa paaugstinātu spiedienu un radot turbulenci. Pie šī sprādzienu veida tiek pieskaitīti arī tādi sprādzieni, kas rodas eksotermisko ķīmisko reakciju rezultātā. [16]

Sprādziena radīto postījumu faktoru galvenokārt raksturo sprādziena gaisa vilnis, kura galvenais parametrs ir pārmērīgs spiediens tā frontē un šķembu vilnis, kuru veido uzsprāgušo objektu atlūzas, kuru radītais postījums nosakāms atkarībā no lidojošo atlūzu skaita, to kinētiskās enerģijas un lidošanas rādiusa. [17] Savukārt sprādziena robežas ietekmē temperatūra un spiediens. Sprādziena koncentrācijas diapazons palielinās, palielinoties spiedienam un temperatūrai. [18]

Latvijas normatīvajos aktos sprāgstviela definēta kā ķīmisks savienojums, ķīmisko savienojumu mehāniski maisījumi vai to šķīdumi, kas ārēju faktoru iedarbībā ātri reaģē, izdalot lielu daudzumu gāzes vai siltumenerģijas. [19] Tādējādi ar sprāgstvielām saprot vielas, kas spēj radīt ķīmiskā sprādziena reakciju, un tās var iedalīt rūpnieciskajās sprāgstvielās un gadījuma rakstura sprāgstvielās.

Ar rūpnieciskajām sprāgstvielām saprot specializētas sprāgstvielas, kuras izmanto apzināti, ar mērķi izraisīt sprādzienu. Šādām sprāgstvielām parasti nepieciešama spridzināšanas ietaise, proti, līdzeklis, kas nodrošina sprādzienu noteiktā vietā un laikā vai konkrētas iedarbības rezultātā (spridzināšanas līdzekļi un palaišanas ierīces — detonatori). Tādējādi rūpniecisko sprāgstvielu radītais sprādziens ir kontrolējams un prognozējams.

No darba drošības viedokļa daudz bīstamākas ir gadījuma rakstura sprāgstvielas. Tās tiek definētas kā degošas vielas, kuru degšana parasti tiek kontrolēta, tomēr noteiktajos apstākļos var rasties eksplozija. Piemēram, gāzu vai uzliesmojošu tvaiku uzkrāšanās noplūdes gadījumā, organisko putekļu suspensija gaisā, amonija nitrāts, kas strauji reaģē ar degvielu, metāla pulveriem u.c. [15] Pat situācijā, ja viela pati par sevi nav sprādzienbīstama, mainoties tās agregātstāvoklim, var mainīties tās sprādzienbīstamība, piemēram, benzīns kā tāds nav sprādzienbīstams, savukārt benzīna tvaiki atzīstami par sprādzienbīstamiem. Attiecībā uz gadījuma rakstura sprāgstvielām potenciālo bīstamību rada nevis pati viela, bet gan tās mijiedarbība vai sajaukšanas spēja ar gaisu. Tādējādi ir svarīgi noskaidrot uzliesmojošas vielas un gaisa maisījuma raksturlielumus. Minētie raksturlielumi sniedz informāciju par vielas uzvedību degšanas procesā un norāda, vai konkrētā viela var būt par pamatu sprādzienam. Lai konstatētu, vai konkrētā viela var būt par pamatu sprādzienam, jāņem vērā, pirmkārt, konkrētās vielas uzliesmojuma temperatūra, otrkārt, vielas zemākā un augstākā uzliesmojuma robeža, un treškārt, galējā skābekļa koncentrācija. [20]

Šajā sakarā jāatzīmē, ka, ja degošu gāzu, šķidru un cietu vielu maisījums atrodas traukā pie istabas temperatūras, reakcija nenotiek. Savukārt paaugstinot maisījuma temperatūru līdz reakcijas sākuma stadijai, eksotermiskās reakcijās izdalās siltums. Tādējādi secināms, ka pie normāliem apstākļiem, ievērojot visas attiecībā uz noteiktu tehnoloģisko procesu vai vielu drošības un ekspluatācijas prasības, aizdegšanās risks ir minimāls. Svarīgi ir atcerēties, ka vairums degšanas procesu noris skābekļa klātbūtnē, tomēr daudzas vielas var degt arī citu gāzu atmosfērā. Piemēram, ūdeņradis, acetilēns, dzels deg hlora atmosfērā, magnijs – oglekļa dioksīda atmosfērā. Degšanas process skābekļa atmosfērā ir atkarīgs no tā daudzuma konkrētajā gadījumā. Proti, degšana skābekļa klātbūtnē noris normāli, ja tā daudzums atmosfērā nav mazāks par 14-18%, savukārt ja tā daudzums ir mazāks par 14%, degšanas ātrums strauji samazinās, bet pie 10% lielākā daļa vielu nesadeg. Ja gaisā ir mazāk par 14 % skābekļa, notiek nepilnīga degšana, kuras rezultātā rodas indīgie produkti – oglekļa oksīds, spirti, ketoni, aldehīdi, skābes u.c., kuri sajaucoties ar gaisu vai izveidot sprādzienbīstamu vidi. Nepilnīga degšana jo īpaši ir bīstama nodarbinātiem, jo oglekļa monoksīda (0,02% klātesamība gaisā) un sērūdeņraža (0,08% klātesamība gaisā), kas var rasties degot pat kokam vai papīram, ieelpošanas gadījumā iestājas cilvēka nāve. Ogleklis ir bīstams, jo tas 200-300 reizes labāk reaģē ar hemoglobīnu asinīs nekā skābeklis, tā rezultātā eritrocīti (sarkanie asinsķermenīši) zaudē spēju apgādāt organismu ar skābekli. [21] Tvana gāzes koncentrācija ieelpojamā gaisā 0,01% izraisa nodarbinātajam vieglas galvassāpes, 0,05% – galvas reiboni, 0,1% – samaņas zudumu, 0,2% – komu, ātru nāvi, bet koncentrācija ieelpojamā gaisā 0,5% izraisa nodarbinātā momentānu nāvi. Vēl bēdīgākas sekas, rodas degot porolonam, plastmasai

vai sintētikai, jo tad gaisā rodas zilskābe (jeb ciānūdeņražskābe), kuras koncentrācijas 0,01% ieelpojama gaisa sastāvā ieelpošana izraisa nodarbinātā nāvi. Savukārt, nepilnīgi sadegot ziepēm rodas akroleīns, pie kura koncentrācijas gaisā vien 0,003% ieelpojot iestājas nodarbināta nāve. [22] Savukārt, ja skābekli pievada pietiekamā daudzumā notiek pilnīgā degšana, kuras rezultātā degšanas produkti nav tik kaitīgi un standarta situācijā sprādziens nenotiek. Jāpatur prātā, ka degšanu var izraisīt arī ar skābekli bagātas vielas, piemēram, nātrija hlorāts, nitrāti, mangāna dioksīds, organiskie u.c. savienojumi, kas jāņem vērā, veicot riska novērtējumu. Oksidētāji sadaloties izdala skābekli, kurš nepieciešams, lai veidotos oksidēšanas process (ar siltuma izdalīšanos) ar degošām vielām vai to sadalīšanas rezultātā izveidotiem produktiem. Dažos maisījumos (piemēram, metālisko pulveru sastāvā) kā oksidētāji var tikt izmantotas vielas, kas neizdala skābekli, bet gan skābekli saturošus savienojumus (ūdens tvaiki, ogļskābā gāze). Šīs gāzes reaģē ar metāliem, izdalot siltumu. [22]

Lai viela varētu degt, tai jāsasniedz noteiktā temperatūra (endotermiskā reakcija). Šajā sakarā izdala vielas pašai degšanas temperatūru un aizdegšanas temperatūru, ko ir svarīgi paturēt prātā, veicot riska novērtējumu un analīzi. Secīgi temperatūru, pie kuras viela pati no sevis aizdegas, sauc par pašai degšanas temperatūru. Dažādām vielām – cietām, šķidrām, gāzveida, pašai degšanas temperatūra ir krasi atšķirīga. Pašai degšanas temperatūru konkrētajai tehnoloģiskajā procesā izmantojamai vielai parasti vai atrast konkrētās vielas drošības datu lapās. Vispārīgi analizējot vielu pašai degšanas temperatūru norādāms, ka cieto vielu pašai degšanas temperatūra parasti svārstās 250 – 800°C robežās, kas lielākoties atkarīga no konkrētā produkta gaistošo vielu daudzuma – jo mazāks gaistošo vielu saturs, jo lielāka ir pašai degšanas temperatūra. Šķidru un gāzveida vielu pašai degšanas temperatūru galvenokārt ietekmē konkrētās vielas ķīmiskais sastāvs, kopsakarā ar vielas fizikālajām īpašībām. Jāatzīmē, ka arī spiediens apkārtējā vidē var ietekmēt vielas pašai degšanas temperatūru. Piemēram, benzīna pašai degšanas temperatūra pie parastā atmosfēras spiediena ir 480 °C, bet pie 25 atmosfēru spiediena tā samazinās līdz pat 250 °C. Pašai degšanas temperatūra benzīnam būs atkarīga arī no trauka, kurā tas glabājas. [7] Minēto var ilustrēt ar piemēru – kvarca traukos benzīna pašai degšanas temperatūra ir pat par 100 °C zemāka, nekā dzelzs traukos. Savukārt nedaudz tetraetilsvina benzīna pašai degšanas temperatūru palielina vairāk nekā par 100 °C. Attiecīgi benzīna pašai degšanas temperatūra ir atkarīga no ogļūdeņražu sastāva, no kura veidots konkrēts trauks, kurā uzglabā benzīnu. [23] Savukārt, piemēram, poliamīdi to īpašību, tādu kā, piemēram, viegla apstrāde, mehāniska izturība, nodilumizturības, dēļ ir plaši pielietojams materiāls. Tos plaši pielieto dažādās jomās. Tomēr viens no galvenajiem ierobežojumiem ir šo polimēru uzliesmojamība. Savukārt, ja polimēra sastāvam pievienota kāda liesmu slāpējoša viela, tiek ievērojami uzlabotas polimēra īpašības

un paplašināts tā pielietojuma loks. Lai mazinātu polimēru pašai degšanas temperatūru, tam sastāvā pievieno fosforu un fosforu saturošos savienojumus. Turklāt, fosfora savienojumu degšanas produkti nav toksiski. [24]

Savukārt to temperatūru, pie kuras viela sāk degt pēc aizdegšanās impulsa (atklātas liesmas, elektriskās dzirksteles, sakarsētu priekšmetu u.c.) iedarbības, sauc par aizdegšanās temperatūru. Tas, kādam jābūt aizdegšanās impulsa lielumam atkarīgs no konkrētas vielas siltumietilpības, siltuma vadāmības, siltuma pievadīšanas intensitātes, kā arī vielas pašai degšanas temperatūras lieluma. [7]

Ņemot vērā, ka sprāgstvielas ir ļoti dažādas, attiecīgi arī sprādziena riski pastāv plaša nozaru lokā. Definējot nozares, kurās un kādā veidā pastāv sprādzienbīstamās vides un līdz ar to sprādziena risks var pieminēt ļoti plašu nozaru loku. Ķīmiskajā rūpniecībā, manuprāt, sprādziena risks pastāv vislielākajā mērā, jo ķīmiskajā rūpniecībā visbiežāk pielieto ugunsnedrošas gāzes, dažādu tehnoloģisko procesu ietvaros tiek pārveidoti un apstrādāti dažādi šķidrums, cietas vielas, kā arī gāzes, kas kopumā var radīt sprādziena risku. Tomēr tā nav vienīgā nozare, kurā pastāv sprādziena risks. Gāzes piegādes un izmantošanas procesos, sprādzienbīstami gāzes un gaisa maisījumi var veidoties, piemēram, gāzes noplūdes rezultātā, tehnoloģisko procesu neievērošanas rezultātā, kas rada sprādziena riskus. Arī farmācijas nozarē, kas ir cieši saistīta ar dažādu ķīmisko vielu izmantošanu, pastāv sprādzienbīstamas vides veidošanās risks. Farmaceutiskajā ražošanā kā šķīdinātājus parasti izmanto spirtus, kas ir viegli uzliesmojoša viela. Arī dažādas aktīvās vielas un piedevas, kas tiek izmantotas farmaceitisku līdzekļu ražošanā, var būt par pamatu putekļu izraisītiem sprādzieniem, piemēram, laktoze. [25]

Ņemot vērā, ka atkritumu deponēšanas (apglabāšanas) vietās var izveidoties ugunsnedrošas gāzes (pārsvarā metāns, oglekļa dioksīds, un nelielos daudzumos citas gāzes), attiecīgi atkarībā no apglabājamo atkritumu veida un iespējamām ķīmiskajām reakcijām, arī šajā nozarē pastāv sprādzienbīstamās vides veidošanās risks, kas rada nepieciešamību izstrādāt tehniskos pasākumus, lai nepieļautu ugunsnedrošu gāzu emisiju vai aizdegšanos. Veicot inženiertehnisko būvniecību, pastāv risks, ka ugunsnedrošas gāzes var veidot bīstamo koncentrāciju dažādās slikti ventilējamās vietās – inženierbūvēs, tuneļos, pagrabos u.c. vietās, kā rezultātā rodas sprādziena risks. Savukārt atkritumu otrreizējās pārstrādes nozarē atkritumu pārstrādes procesā riska faktori var būt ļoti dažādi, piemēram, otrreizēji pārstrādājot viegli uzliesmojošo gāzu vai cita veida vielu tilpnes vai citus traukus, kas nebija pirms pārstrādes procesa pilnībā iztukšoti, var rasties sprādziens. Līdzīga situācija ir arī pārstrādājot traukus, kuros ir papīra vai plastmasas putekļi. Tādējādi ir īpaši svarīgi ievērot tehnoloģiskā procesa prasības, piemēram, vienmēr pārbaudīt, vai pārstrādei nodota tvertne ir tukša. Arī notekūdeņu

attīrīšanas procesā var rasties sprādzienbīstamas vides. Proti, tehnoloģiskā procesa ietvaros notekūdeņi notekūdeņu attīrīšanas iekārtās tiek apstrādāti ar ķīmiskajām vielām, kur var veidoties sprādzienbīstamas gāzes un gaisa maisījumi, piemēram, metāna un gaisa maisījums, kā arī heksogēns (ķīmiskā formula $C_3H_6N_6O_6$, RDX, ciklonīts, ciklotrimetilēntrinitramīns u.c.). [26]

Turklāt visi ogļūdeņraži, ar kuriem notiek darbības pārstrādes uzņēmumos, ir atzīstami par viegli uzliesmojušiem, un ņemot vērā to aizdegšanās temperatūru, var radīt sprādzienbīstamu vidi pat pie apkārtējās vides temperatūras. Tādējādi teritorijas ap naftas pārstrādes rūpnīcām parasti tiek uzskatītas par bīstamu vietu, kur var veidoties sprādzienbīstamā vide.

Sprādzienbīstamā vide vai veidoties arī enerģijas ieguves procesā, enerģijas ieguves procesā iesaistīto vielu saskarsmē ar apkārtējo vidi vai temperatūras ietekmē. Lai notiktu sprādziens, ir nepieciešams impulss – tā var būt temperatūras ietekme, vēja ietekme, spiediena ietekme. Piemēram, ogļu putekļi paši par sevi parastā stāvoklī nav sprādzienbīstami, savukārt saskaroties ar gaisu, transportēšanas, smalcināšanas un žāvēšanas procesos tie var tikt pārveidoti par smalkākiem putekļiem, kas rezultātā var veidot sprādzienbīstamības risku. [27]

Koksne pati par sevi ir labi degošs materiāls, kas ir ugunsgrēka riska avots, tomēr kokapstrādes rūpniecībā sprādziena risku rada koka putekļi, kas var veidot sprādzienbīstamos putekļu un gaisa maisījumus, kas var uzkrāties dažādos silosos vai filtros. Kokapstrādes rūpniecībā jāievēro, ka koksnes putekļi ir paši par sevi potenciāli bīstami. Koksnes putekļi ir sprādzienbīstami, ja daļiņu vidējais izmērs ir mazāks par 200 mikroniem un kopā maisījuma saturā ir mazāk kā 10% putekļu, kuru izmērs ir mazāks nekā 80 mikronu. Savukārt, ja koksnes putekļu daļiņu izmērs pārsniedz 200 mikronus, sprādziena risks ir vājš. [28] Savukārt metāla apstrādes procesos, kad no dažādu veidu metāla tiek izgatavotas noteiktas formas detaļas, apstrādājot (slīpējot) konkrētās detaļas virsmu, var veidoties sprādzienbīstami metāla putekļi. Jābūt īpaši piesardzīgiem strādājot ar viegliem metāliem (piemēram, alumīniju, skandiju, itriju un titānu u.c.). Apstrādātā metāla putekļi var izraisīt sprādziena risku, piemēram, putekļu savācējos vai ventilācijas sistēmās. Savukārt veicot krāsas pulverizēšanas darbības, piemēram, krāsojot iepriekš pieminētās metāla detaļas, pārlieta pulverizācija, kas rodas krāsas pulverizēšanas vietās, un šķīdinātāja izgarojumi apkārtējā vidē (tai skaitā telpā, kur notiek krāsošana) var izraisīt sprādzienbīstamās vides rašanos. [29]

Arī lauksaimniecības nozare nav izņēmums, un arī šeit pastāv sprādziena riski. Latvijā šobrīd attīstās biogāzes ražošana, un uz 2014. gadu Latvijā darbojās 54 biogāzes stacijas, 44 no kurām tieši lauksaimniecības jomā (Latvijas Biogāzes asociācijas dati). Sprādzienbīstami biogāzes un gaisa maisījumi var veidoties, ja gāze izplūst, piemēram, sūces dēļ. Arī pārtikas

un lopbarības rūpniecībā sprādzienbīstami putekļi var veidoties, transportējot vai glabājot graudus, cukuru utt. Ja vielas izber no tilpnēm vai sajauc filtrējot, filtrā var veidoties sprādzienbīstamā vide. [30]

1.2. Sprādzienbīstamās vides jēdziens un raksturojums

Galvenie iemesli, kas izraisa sprādzienus un ugunsgrēkus rūpnīcās, ir tehnoloģisko procesu režīma un ugunsdrošības noteikumu neievērošana, bojājumi elektrotīklā un elektroiekārtās, statiskā elektrība, kā arī triecieni un berze, kas rada aizdedzinošus impulsus; var notikt arī pašaiizdeģšanās. [7] Sprādzienbīstamās vides mēdz definēt arī par eksplozīvām vidēm, kas ir tiešs tulkojums no angļu valodā lietojama termina „*explosives atmospheres*”. Sprādzienbīstamās vides apzīmē ar speciālu piktogrammu, atbilstoši Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumu Nr. 400 „Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” 2. pielikumu (sk. 2.2. att.).



1.2. att. Sprādzienbīstamās vides apzīmējums [30]

Sprādzienus izraisošos iemeslus sprādzienbīstamā vidē var iedalīt trīs nosacītās grupās:

- ražošanas tvertņu, aparatūras un cauruļvadu bojājumi vai sagrūšana;
- noteiktā tehnoloģiskā režīma neievērošana vai atkāpes no tā (piemēram, pieļaujamās temperatūras vai spiediena neievērošana ražošanas tvertnēs u.c.);
- pastāvīgās kontroles par aprīkojuma stāvokli neesamība, kā arī kārtējo remontdarbu neregulāra veikšana.

Sprādzienbīstamās vides veidošanos ietekmē trīs apstākļu vienlaicīga iestāšanās, kuras kopā sauc arī par „uguns trīsstūri” vai „degšanas trīsstūri” (no angļu valodas *fire triangle*) proti:

- pastāv pietiekama sprādzienbīstamās vielas koncentrācija. Katrai sprādzienbīstamai vielai ir noteiktas koncentrācijas robežas, kurās iespējama sprādziena attīstība. Atbilstoši Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumu Nr. 400 „Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” 2. pielikumam šo kritēriju var apzīmēt ar brīdinājuma zīmi (sk. 1.2. att.);



1.3. att. **Eksplozīva viela vai sprādzienbīstama telpa** [30]

- skābekļa klātbūtne. Atbilstoši Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumu Nr.400 „Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” 2. pielikumam šo kritēriju var apzīmēt ar brīdinājuma zīmi (sk. 1.4. att.);



1.4. att. **Oksidējoša viela** [30]

- impulsa esamība, kuru var veidot atklāta liesma, metāla šlakatas, dzirksteles, karstās virsmas, zibens, statiskā elektrība un citi apstākļi. Atbilstoši Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumu Nr. 400 „Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” 2. pielikumam šo kritēriju var apzīmēt ar brīdinājuma zīmēm (sk. 1.5.att., 1.6. att.). Latvijas normatīvajos aktos nav atsevišķās brīdinājuma zīmes, ar kuru apzīmētu dzirksteles, savukārt citās valstīs, piemēram, Krievijā, piemēro piktogrammu, kurā attēlota dzirkstele (sk. 1.7. att.).



1.5. att. **Bīstami elektrība** [30]



1.6. att. **Uzmanību, karsta virsma** [30]



1.7. att. **Dzirkstele. Krivijas Federācijā izmantojama drošības zīme** [30]

Ilustratīvi, izmantojot Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumu Nr. 400 „Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” 2. pielikumā ietvertās piktogrammas, sprādzienu var attēlot kā tas izdarīts 1.8. att.



1.8. att. Sprādziena shematiskais attēlojums [30]

Iepriekšminētais rada pamatu secināt, ka sprādzienbīstamās vides veidošanās ir cieši saistīta ar ugunsgrēka risku, kā arī ugunsgrēka gadījumā sprādzienbīstamā vidē visdrīzāk notiks sprādziens. Piemēram, ja tiek lietoti nepiemēroti drošinātāji, īssavienojuma gadījumā tiks radīts impulss, kas var būt par pamatu sprādzienam. Arī statiskā elektrība, radot dzirksteli, var aizdedzināt degošus produktus, kas savukārt, pie noteiktas koncentrācijas, var izraisīt sprādzienu. Tādējādi sprādzienbīstamo vidi var definēt kā konkrēto vielu maisījuma, temperatūras un spiediena mijiedarbība, kas kopumā atbalsta spontānu sprādzienu. [18]

Pēkšņas aizdegšanās un/vai sprādziena laikā nodarbinātie tiks pakļauti dzīvei bīstamai ekstremālas temperatūras ietekmei. Jāatzīmē, ka nodarbinātiem pakļaujoties karstuma iedarbībai rodas apdegumi – pie temperatūras ap 60° C uz nodarbināto ādas veidosies apsārtums, pie 70° C temperatūras uz nodarbināto ādas var veidoties čūlas, savukārt kritiskā temperatūra ir 150° C. Vienlaikus nodarbinātie tiks pakļauti arī sprādziena viļņa iedarbībai. Sprādziena vilnis ir atzīstams par īpaši bīstamu, jo tas rada pirmkārt, mehānisko iedarbību uz uzņēmumā nodarbinātiem, kas var izraisīt nodarbināto nopietnas, smagas, dzīvībai bīstamas traumas, vai pat bojāeju. Sprādziena viļņa rezultātā radušos degšanas procesu rezultātā iespējama toksisko ķīmisko vielu iedarbība, kas var izraisīt nodarbināto akūto saindēšanos vai pat nāvi. Proti, sprādziena sekas bieži vien ir smagas, kombinētas un neatgriezeniskas. [1] Kā pierādīts pētījumos, sprādziens rada nopietnu ietekmi uz sprādzienam pakļauto cilvēku šūnām. Viens no galvenajiem faktoriem, kas veicina šūnu traumas, pēc sprādziena ir šūnu membrānu bojājumi. Šādi bojājumi var izraisīt palielinātu tādu jonu transportēšanu asinīs kā nātrijs un kalcijs, veicinot oksidēšanas procesus organismā. Pētījumu gaitā secināts, ka sprādziens var ietekmēt cilvēka DNS, lipīdu un aminoskābju oksidēšanos un gala rezultātā, šūnu bojāeju. [31]

Sprādzienbīstama vide vienlaikus ar nodarbināto veselībai un dzīvībai iespējamo kaitējumu, tai iestājoties, proti, notiekot sprādzienam, rada ievērojamus ekonomiskus zaudējumus uzņēmumam, proti, sprādziens vai sprādziena vilnis var iznīcināt vai ievērojami bojāt aprīkojumu un telpas, kurās notiek sprādziens. Ekonomisko zaudējumu apmērs būs

atkarīgs no sprādziena lieluma un tā izraisītiem bojājumiem. Ekonomisko zaudējumu aprēķina metodoloģijas ir dažādas, bet kopumā tas apvieno noteikti kritēriji. Piemēram, aprēķinot ekonomiskos zaudējumus tiek vērtēti materiālie zaudējumi nesaražotas produkcijas dēļ (kas tiek aprēķināti pēc atsevišķas formulas), iekārtu zaudējumi, bojāgājušas un traumas ieguvušas personas, iespējamās soda naudas, videi nodarītā kaitējuma novēršana. Vērtējot ekonomiskos zaudējumus tieši kontekstā ar sprādzienbīstamās vides risku ņem vērā arī dažādus iespējamus sprādziena attīstīšanas scenārijus, kā tas piedāvāts specializētā ekonomisko zaudējumu aprēķināšanas metodoloģijā „Ekonomisko seku analīzes metodoloģija tehnoloģisko risku analīzes procesā”, kuru izstrādāja Omids Zadakbar (*Omid Zadakbar*), Faisals Hans (*Faisal Khan*) un Saids Imtiats (*Syed Imtiaz*). [32]

Izmantojot citu metodoloģiju, ekonomiskos zaudējumus (proti sekas) uzņēmumā var aprēķināt pēc noteiktas formulas:

$$S = \sum_{i=1}^6 S_i + Z_n \quad \text{kur} \quad (1.9)$$

ar S apzīmē ekonomisko zaudējumu, proti sekas, ar $\sum_{i=1}^6 S_i$ apzīmē zaudējumus jeb izmaksas un/vai kompensācijas nelaiemes, traumu vai arodslimības gadījumā, EUR, un ar Z_n apzīmē zaudējumus, kas saistīti ar produkcijas mazināšanos darbinieka prombūtnes dēļ (nesaražotas produkcijas cena).

Zaudējumus nosaka pēc šādas sakarības: [2]

$$\sum_{i=1}^6 S_i = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 \quad (1.10)$$

kur:

S_1 – izdevumi, kas jāatmaksā no valsts sociālā apdrošināšanas budžeta arodslimību vai ar darbu saistītu slimību dēļ, EUR;

S_2 – izdevumi, kas rodas invaliditātes dēļ (piemēram, izdevumi, kas uzņēmumam jāatmaksā valsts sociālās apdrošināšanas budžetam uzņēmuma vainas dēļ, invaliditātes pensija vai tās daļa), EUR;

S_3 – samaksa darbinieka darbnespējīgiem ģimenes locekļiem, ja darba laikā darbinieks guvis smagu traumu vai – viņa nāves gadījumā, EUR;

S_4 – izmaksas, kas saistītas, uz noteiktu laiku pārceļot darbinieku citā darbā vai pārkvalificējot citā profesijā, EUR;

S_5 – samaksas darbiniekiem, kas uz laiku ir pārcelti citā darbā, līdz vidējās izpeļņas lielumam (ja, pārceļot citā darbā, darba samaksu veic atbilstoši iepriekšējam amatam, tad pozīcijas S_4 un S_5 tiek izslēgtas), EUR;

S_6 – izmaksas, kas saistītas, ja nodarbinātais vienpusēji izbeidz darba attiecības, aiziet no darba slimības dēļ vai pensijā, arī izdevumi jauna darbinieka profesionālai apmācībai, EUR.

$$S_6 = a * i,$$

kur a – atbrīvoto darbinieku skaits, i – izdevumi viena cilvēka apmācībai, EUR (grāmatvedības dati).

Visu minēto izmaksu apjomu var iegūt no uzņēmuma grāmatvedības, apdrošināšanas, slimnīcu, kā arī pēc citiem datiem, ko iesniedz darbinieks.

Savukārt zaudējumus, kas rodas nesaražotas vai aizkavētās produkcijas dēļ var aprēķināt pēc sekojošas formulas:

$$Z_n = \sum_{j=1}^n D_j C_j = \sum_{j=1}^n D_j V_j \eta$$

kur:

(1.11.)

n – darbavietu skaits, kurās netiek veikts darbs darbinieka prombūtnes dēļ;

D_j – dienu skaits, kas tiek zaudētas darbavietā j darbinieka prombūtnes dēļ;

C_j – produkcijas vidējā cena, ko darbinieks saražo darbavietā j , EUR;

V_j – darbinieka vidējā alga dienā darbavietā j , EUR;

η - koeficients, kas nosaka darbinieka izgatavotas produkcijas vērtību (arī tirgus cenu) un atkarīgs no ražošanas nozares, uzņēmuma darbības veida (piemēram, to nosaka kā 1,2-1,3 pārtikas ražošanā, bet 1,4-1,5 ekskluzīvu un pieprasītu preču ražošanā).

Atkarībā no tā, vai darbinieka prombūtne ir attaisnota vai nav attaisnota mainīsies arī aprēķina rezultāti, tādējādi minētais apstāklis ir jāņem vērā. [2] Tomēr, aprēķinot zaudējumus pēc sprādziena, minētais kritērijs visdrīzāk nebūs ņemam vērā, jo potenciāli darbinieka prombūtne būs attaisnota.

Ņemot vērā iepriekš minēto, ir īpaši svarīgi identificēt, vai sprādzienbīstamās vides veidošanās risks pastāv, vai ir iespējams izvairīties no sprādzienbīstamās vides veidošanās. Savukārt, ja tiek konstatēts, ka sprādzienbīstamā vides veidošanas risks pastāv un nav iespējams izvairīties no tās veidošanās, ir nepieciešams veikt darbības, kas nodrošinās, lai nenotiktu sprādzienbīstamās vides uzliesmojums.

Darba drošības, higiēnas un veselības uzlabošana ir mērķis, kas nav pakārojams tīri ekonomiskiem apsvērumiem. Sakarā ar humanitāru un ekonomisku apsvērumu vadīto

vajadzību samazināt sprādzienu un momentānu uguns uzliesmojumu negadījumus Eiropas Parlamentā un Padomē tika pieņemta virkne normatīvo aktu. Nepieciešamības normatīvo aktu līmenī noregulēt sprādzienbīstamības jautājumu humanitārie apsvērumi ir acīmredzami: sprādzieni un ugunsgrēki var izraisīt smagus ievainojumus un upurus. Humanitārie apsvērumi virza katru pētījumu attiecībā negadījumu patiesajām izmaksām, no kuriem viss liecina par to, ka uzlabota riska pārvaldība var būtiski uzlabot uzņēmējdarbības ieņēmumus. Tas jo īpaši attiecas uz gadījumiem, kad pastāv sprādzienu varbūtība. [30]

Latvijas Republikā pamata normatīvais akts, kas regulē darba aizsardzības prasību pamata esenci, ir Darba aizsardzības likums. [33] Ar minētā likuma spēkā stāšanos, spēku zaudēja likums „Par darba aizsardzību” (Latvijas Republikas Augstākās Padomes un Valdības Ziņotājs, 1993, 20.nr.; Latvijas Republikas Saeimas un Ministru Kabineta Ziņotājs, 1995, 8.nr.). Darba aizsardzības likums uzliek par pienākumu darba devējiem ieviest un īstenot darba vietās nepieciešamos pasākumus, lai nodrošinātu nodarbinātajiem drošus un veselībai nekaitīgus darba apstākļus. Tas ietver arī preventīvus pasākumus riska novēršanai un nodarbināto nodrošināšanu ar nepieciešamo informāciju un apmācībām, kā arī pienākumu nodrošināt atbilstošu darba organizāciju un nepieciešamos darba aizsardzības līdzekļus. Darba aizsardzības likumā iekļautas tiesību normas, kas izriet no Padomes 1989. gada 12. jūnija direktīvas 89/391/EEK par pasākumiem, kas ieviešami, lai uzlabotu darba ņēmēju drošību un veselības aizsardzību darbā.

Pamatojoties uz Darba aizsardzības likuma 25. panta 18. punktu, kas nosaka, ka Ministru kabinets izdod noteikumus par darba aizsardzības prasībām attiecībā uz citām prasībām, ko regulē Eiropas Savienības direktīvas darba aizsardzībā, 2003. gada 10. jūnijā tika izdoti Ministru kabineta noteikumi Nr. 300 „Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē”. [34] Šie Ministru kabineta noteikumi sprādzienbīstamo darba vidi definē, kā vidi, kurā pastāv vai var rasties gāzes, tvaiku, miglas vai putekļu veidā esošu uzliesmojošu, viegli uzliesmojošu vai īpaši viegli uzliesmojošu vielu un produktu maisījumi ar gaisu, kuros normālos atmosfēras apstākļos pēc uzliesmojuma uguns izplatās visā maisījuma tilpumā. Turklāt darba devējiem ir noteikts pienākums sprādzienbīstamas vides radīto risku novērtēt ne retāk kā reizi gadā, kā arī ja radīta jauna darba vieta vai kādā no esošajām darba vietām tiek veiktas pārmaiņas (piemēram, mainās darba procesi, metodes, darba aprīkojums, vielu un produktu izmantošana vai to ražošana), kas varētu palielināt sprādzienbīstamas vides radīto risku un ietekmēt nodarbināto drošību un veselību darbā darba devējam ir pienākums veikt darba vides risku novērtējumu.

Minētajos noteikumos tika iekļautas tiesību normas, kas izrietēja uz noteikumu izdošanas brīdī aktuālās Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvas 1999/92/EK (1999. gada

16. decembris), par minimālajām prasībām to darba ņēmēju drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai, kas pakļauti sprādzienbīstamas vides riskam. Šajā direktīvā “sprādzienbīstama vide” nozīmē viegli uzliesmojošu vielu gāzu, tvaiku vai putekļu un gaisa maisījumu atmosfēriskos apstākļos, kurā pēc tam, kad notikusi aizdegšanās, degšana izplatās pa visu neaizdedzināto maisījumu. Tādējādi secināms, ka sprādzienbīstamās darba vides definīcija tika pilnībā pārņemta no Eiropas Savienības normatīvā regulējuma.

Eiropas Savienībā direktīvas, kas ir attiecināmas uz sprādzienbīstamo vidi, ir pieņemts saukt par ATEX direktīvām. Apzīmējums ATEX ir radies no franču nosaukuma direktīvai 94/9/EC 94/9/EC *Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosibles*. ATEX direktīvas var iedalīt divās jomās – viena aprīkojuma ražotājiem, otra aprīkojuma lietotājiem. Sākotnēji bija divas direktīvas:

- ATEX 95, kas regulē izmantojamo aprīkojumu - 1994. gada 23. marta Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 94/9/EK par dalībvalstu tiesību aktu tuvināšanu attiecībā uz iekārtām un aizsardzības sistēmām, kas paredzētas lietošanai sprādzienbīstamā vidē; [35]
- ATEX 137, kas regulē prasības, kas piemērojamas darbavietai - 1999. gada 16. decembra Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 1999/92/EK par minimālajām prasībām to darba ņēmēju drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai, kas pakļauti sprādzienbīstamas vides riskam (piecpadsmitā atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē). [36]

Jāatzīmē, ka ATEX 94/9/EK direktīva, kas ir veltīta aprīkojuma ražotājiem, ir mainījies. Minētā direktīva tiek piemērota līdz 2016. gada 19. aprīlim, savukārt pēc minētā datuma direktīva tiek aizstāta ar jaunu direktīvu, kas pieņemta 2014. gada 26. februārī un publicēta Eiropas Savienības Oficiālajā izdevumā 2014. gada 26. martā.

Šī jaunā direktīva ir Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2014/34/ES par dalībvalstu tiesību aktu saskaņošanu attiecībā uz iekārtām un aizsardzības sistēmām, kas paredzētas lietošanai sprādzienbīstamā vidē (pārstrādāta redakcija). [37] Šīs direktīvas pieņemšana raksturojas nepieciešamībā saskaņot jaunus normatīvos aktus. Šī direktīva tika pieņemta kopā ar 8 citām direktīvām, kas paredz jaunu tiesisku regulējumu un izriet no 2008. gada 9. jūlija Eiropas Parlamenta un Padomes Lēmuma Nr. 768/2008/EK par produktu tirdzniecības vienotu sistēmu un ar ko atceļ Padomes Lēmumu 93/465/EEK. [38]

Jāņem vērā, ka direktīva 2014/34/ES attiecas uz produktiem, kuri ir jauni Eiropas Savienības tirgū brīdī, kad tie tiek laisti šajā tirgū; tas nozīmē, ka tie ir vai nu jauni produkti, ko izgatavojis ražotājs, kas veic uzņēmējdarbību Eiropas Savienībā, vai arī jauni vai lietoti produkti, kas importēti no trešās valsts.

Direktīva 1999/92/EK paredz darba devējam pienākumu darba vietas klasificēt sprādzienbīstamās zonās. Direktīva paredz sprādzienbīstamo zonu klasifikāciju, kas ir pārņemta Ministru kabineta noteikumos Nr. 300 „Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē”.

Jāatzīmē, ka nedz Latvijas, nedz Eiropas Savienības tiesību aktos nav ietverta sprādzienbīstamo zonu apmēru noteikšanas kārtība. Minētais praksē rada problēmas, jo attēlojot sprādzienbīstamās zonas, katrs konkrēts speciālists izmanto sevis izvēlētas metodes un standartus. Praksē konstatēti gadījumi, kad tiek izmantoti Eiropas Savienības standarti, Amerikas Savienoto valstu standarti, gan arī Krievijas Federācijas standarti, savukārt citos gadījumos, sprādzienbīstamās zonas tiek vienkārši pieņemtas, neveicot aprēķinus vispār. Minētais norāda uz vienotās metodoloģijas trūkumu, kā arī atsevišķos gadījumos neizpratni par zonējuma noteikšanas svarīgumu un jēgu. Savukārt pēc konkrēto zonu identificēšanas, šajās zonās nepieciešams ievērot attiecīgus aizsardzības pasākumus. Ņemot vērā minēto, turpmāk darbā tiks pievērsta uzmanība tieši sprādzienbīstamo zonu klasifikācijai un noteikšanai.

1.3. Klasifikācija sprādzienbīstamās zonās

Tehnoloģiskie procesi ar iespējamo sprādziena vai ugunsgrēka izcelšanās varbūtību, piemēram, naftas vai gāzes pārstrāde, pārkraušana vai glabāšana, ķīmiskā, farmācijas ražošana u.c., rada nepieciešamību noteikt bīstamās ražošanas zonas ar iespējamām ugunsnedrošiem maisījumiem. Lai skābekli saturošā atmosfērā pastāvētu risks uzliesmot sprādzienbīstamam maisījumam nepieciešami sekojoši priekšnosacījumi:

- viegli uzliesmojošu vai sprādzienbīstamu tvaiku, gāzes degošu putekļu esamība atmosfērā;
- aktīvs uzliesmojuma avots, piemēram, uguns, liesma, elektriskais lādiņš, mehāniskās iedarbības rezultātā radītās dzirksteles, statiskā elektrība vai arī karstas virsmas klātbūtne.

Konkrēti no darba devēja puses ar darba aizsardzību saistītiem pasākumiem jābūt vēršot uz to, lai nepastāvētu varbūtība, ka vienā darba vietā vienlaikus pastāvēs iepriekš minētie divi kritēriji. Ja tomēr kritēriji pastāv, darba aizsardzības pasākumi ir atkarīgi no iepriekšminēto kritēriju vienlaicīgās pastāvēšanas ilguma, kā arī ugunsbīstamo vielu koncentrācijas un bīstamības avota tipa (gāze, tvaiki, šķidrums, putekļi) kopsakarā ar tādiem fizikālajiem parametriem kā dzirksteles temperatūra, pašuzliesmojuma temperatūra un minimālā aizdegšanās nepieciešamā enerģija. Šo varbūtību nosaka, klasificējot sprādzienbīstamās vietas noteiktās zonās. [39] Tādējādi secināms, ka sprādzienbīstamas vides zonējuma noteikšanai ir

svarīga nozīme sākotnējā riska novērtēšanas procesā, savukārt vēlāk, preventīvo pasākumu izstrādes procesā.

Starptautiskā Elektrotehnikas komisija (IEC) un Eiropas Savienība (attiecībā uz elektroiekārtām: *Committee for Electrotechnical Standardization – CENELEC*) savos standartos attiecībā uz piemērojamo elektroiekārtu un elektrotehnikas izvietojumu atkarībā no sprādzienbīstamās zonas, līdzīgi kā Latvijas normatīvie akti, izšķir trīs pamata zonu veidus, kas nozīmē, ka tieši zonējums būs tas, pēc kā vadīties, nosakot nepieciešamos aizsardzības pasākumus darba vietā, tai skaitā, elektrisko aprīkojumu.

Plašākā nozīmē ar sprādzienbīstamo zonu saprot iekštelpu vai norobežotu telpu iekštelpā vai ārtelpā, kurā pastāv, vai var veidoties sprādzienbīstami maisījumi. [40]

Atbilstoši 2003. gada 10. jūnija Ministru kabineta noteikumu Nr. 300 „Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē” 7. punktam sprādzienbīstamās darba vietas ir pieņems iedalīt trīs pakāpju zonās atkarībā no sprādzienbīstamas vides rašanās biežuma un pastāvēšanas ilguma. Savukārt atkarībā no sprādzienbīstamās vides *īpašībām* izšķir gāzes, tvaiku, miglas vai putekļu veidā esošu uzliesmojošu, viegli uzliesmojošu vai īpaši viegli uzliesmojošu vielu un produktu maisījumus ar gaisu. Tādējādi zonu klasifikācijā atsevišķi tiek izdalītas sprādzienbīstamo zonu iedalījums gāzes, tvaiku un miglas maisījumiem un putekļu maisījumiem, lietojot atšķirīgus zonu apzīmējumus – 0. zona, 1. zona, 2. zona, attiecīgi priekš gāzes, tvaiku un miglas veida sprādzienbīstamiem maisījumiem un 20. zona, 21. zona un 22. zona priekš putekļu radītiem sprādzienbīstamiem maisījumiem.

Ministru kabineta noteikumi paredz sekojošu sprādzienbīstamo zonu klasifikāciju:

* Priekš sprādzienbīstamās vides, kuru veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu gāzes, tvaiku vai miglas veidā:

- 0. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide pastāv visu laiku, ilgstoši vai bieži;
- 1. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide var dažreiz rasties normālos darba apstākļos, veicot tehnoloģiskajā (darba) procesā noteiktas darbības;
- 2. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide nevarētu rasties normālos darba apstākļos, veicot tehnoloģiskajā (darba) procesā noteiktas darbības, bet, ja tā rodas, pastāv tikai īsu laikposmu;

* Priekš sprādzienbīstamās vides, kuru veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu putekļu mākoņa veidā:

- 20. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide pastāv visu laiku, ilgstoši vai bieži;

- 21. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide var rasties dažreiz normālos darba apstākļos, veicot tehnoloģiskajā (darba) procesā noteiktas darbības;
- 22. zona — vieta, kur sprādzienbīstama vide nevarētu rasties normālos darba apstākļos, veicot tehnoloģiskajā (darba) procesā noteiktas darbības, bet, ja tā rodas, pastāv tikai īsu laikposmu.

Vienotā sprādzienbīstamo zonu klasifikācija gāzes un putekļu atmosfērām nav pieejama un iespējama. Jāņem vērā, ka salīdzinājumā ar gāzu un tvaiku zonām, putekļu rādītās sprādzienbīstamas zonas nevar tikt klasificētas atkarībā no normāliem un avārijas ekspluatācijas apstākļiem. Piemēram, pastiprināta ventilācija var radīt putekļu mākonī, tādējādi palielinot, nevis samazinot sprādzienbīstamību. [40] Tādējādi ir svarīgi nodalīt minētos sprādzienbīstamās vides rašanās kritērijus.

Ir jāatzīmē, ka sprādzienbīstamas darba vides esamība vai neesamība ir ļoti atkarīga no gaisa apmaiņas, jeb telpas (apjoma) ventilācijas iespējām. Šai sakarā sprādzienbīstamas zonas var mainīties atkarībā no ventilācijas. Attiecīgi arī zonējums var mainīties atkarībā no ventilācijas (sk. 1.12. att.).

Table D.1 – Zones for grade of release and effectiveness of ventilation

| Grade of release | Effectiveness of Ventilation | | | | | | |
|---|--|--|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| | High Dilution | | | Medium Dilution | | | Low Dilution |
| | Availability of ventilation | | | | | | |
| | Good | Fair | Poor | Good | Fair | Poor | Good, fair or poor |
| Continuous | Non-hazardous (Zone 0 NE) ^a | Zone 2 (Zone 0 NE) ^a | Zone 1 (Zone 0 NE) ^a | Zone 0 | Zone 0 + Zone 2 | Zone 0 + Zone 1 | Zone 0 |
| Primary | Non-hazardous (Zone 1 NE) ^a | Zone 2 (Zone 1 NE) ^a | Zone 2 (Zone 1 NE) ^a | Zone 1 | Zone 1 + Zone 2 | Zone 1 + Zone 2 | Zone 1 or zone 0 ^c |
| Secondary^b | Non-hazardous (Zone 2 NE) ^a | Non-hazardous (Zone 2 NE) ^a | Zone 2 | Zone 2 | Zone 2 | Zone 2 | Zone 1 and even Zone 0 ^c |
| ^a Zone 0 NE, 1 NE or 2 NE indicates a theoretical zone which would be of negligible extent under normal conditions. ^b The zone 2 area created by a secondary grade of release may exceed that attributable to a primary or continuous grade of release; in this case, the greater distance should be taken. ^c Will be zone 0 if the ventilation is so weak and the release is such that in practice an explosive gas atmosphere exists virtually continuously (i.e. approaching a 'no ventilation' condition). '+' signifies 'surrounded by'. Availability of ventilation in naturally ventilated enclosed spaces shall never be considered as good. | | | | | | | |

1.12. att. Sprādzienbīstamo zonu klasifikācija, ņemot vērā ventilācijas efektivitāti [41]

Jāatzīmē, kas par materiāliem, kas var izraisīt putekļu eksploziju ir atzīstami:

- dabīgas organiskas vielas (graudi, koks, lins, cukurs u.c.);
- sintētiskie organiskie materiāli (plastmasa, organiskie pigmenti, pesticīdi, farmaceitiskie līdzekļi u.c.);

- ogles un kūdra;
- metāli (alumīnijs, magnijs, titāns, cinks, dzelzs u.c.) [42]

Automatizētas tehnoloģisko procesu vadības sistēmas rūpniecībā, kas tiek piemērotas tehnoloģiskos procesos vai procesos, kas rada sprādzienbīstamas vai toksiskas vielas, strādā objektos, kur noteiktās ražošanas teritorijas tiek raksturotas vai nu ar pastāvīgu sprādzienbīstamās vides klātbūtni, vai arī pastāv potenciālā varbūtība, ka avārijas vai tehnoloģiskā procesa neievērošanas dēļ sprādzienbīstamā vide radīsies. Tieši tādēļ augsti tehnoloģisko un ekonomiski tehnisko risinājumu izvēle, kas pasargās uzņēmumu no iespējama uzliesmojuma vai sprādziena, ir viens no galvenajiem kritērijiem jau nepieciešamā aprīkojuma projektēšanas stadijā.

Jāņem vērā, ka sensori, elektrotehniskais un elektriskais aprīkojums, kā arī sakaru līnijas starp minēto aprīkojumu, cita starpā atrodas ražošanas vai tehnoloģiskā procesā rezultātā izveidotos nelabvēlīgos apstākļos. Sakaru līniju ievērojamā garuma dēļ, kas bieži vien var sasniegt arī vairākus simtus metru, līnijas bojājumu varbūtība atteikuma, avārijas vai tehnoloģiskā agregāta darbības rezultātā ir diezgan augsta. Tādējādi jau projektēšanas stadijā ir svarīgi veikt visus nepieciešamas aizsardzības pasākumus, kas nodrošinās visas sistēmas elementu aizsardzību pret avāriju. [39]

Ražošanas procesos bieži vien pastāv apstākļi, kas var būt par pamatu ugunsgrēkam vai sprādzienam. Lai aizsargātu aprīkojumu un nodarbinātos, nepieciešams veikt attiecīgus aizsardzības pasākumus, kas nodrošinās, ka sprādzienbīstamā vidē sprādziena rašanās iespējamība ir tuvu nullei. Šobrīd tiek piedāvātas plašas iespējas attiecībā uz elektroiekārtu, kas atrodas sprādzienbīstamā vidē, aizsardzību. Normatīvie akti nosaka sprādzienbīstamo zonu klasifikāciju, tomēr neregulē, kādā veidā katras konkrētās zonas apmērs tiek aprēķināts. Ņemot vērā, ka lai aizsardzības pasākumi tiktu korekti izstrādāti, ir nepieciešams korekti noteikt sprādzienbīstamo zonu klasifikāciju, ir svarīgi pareizi identificēt sprādzienbīstamo zonu apmērus. Šeit palīgā nāk starptautiskie un nacionālie standarti un noteikumi, kas nosaka aizsardzības metodes un detalizēti regulē, kādā veidā ir nepieciešams izstrādāt un piemērot noteikto aprīkojumu. Standartu lietošana novērš nesaskaņas, jo tie satur viennozīmīgas prasības. Standarti balstās uz jaunākajiem zinātnes un tehnikas sasniegumiem un veicina tautsaimniecības attīstību.

Latvijā 1995. gada 5. janvārī izveidota sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Standartizācijas, akreditācijas un metroloģijas centrs", kas ir Latvijas Nacionālā standartizācijas institūcija „Latvijas Standarts” (turpmāk arī – LVS), kuras galvenās funkcijas, saskaņā ar Standartizācijas likuma [43] 9. pantu ir organizēt Latvijas nacionālo standartu izstrādāšanu standartizācijas tehniskajās komitejās, kā arī, bet ne tikai, adaptēt visus Eiropas

standartizācijas organizācijās publicētos standartus un tautsaimniecībai nepieciešamos starptautiskos standartus.

LVS pārstāv Latviju Eiropas un starptautiskajās standartizācijas organizācijās:

- pilns biedrs Eiropas standartizācijas organizācijā (CEN);
- pilns biedrs Eiropas Elektrotehnikas komitejā (CENELEC);
- pilns biedrs Starptautiskā standartizācijas organizācijā (ISO);
- asociētais biedrs Starptautiskajā Elektrotehnikas komisijā (IEC). [44]

LVS 2016. gada 24. martā ir publicējis Latvijas nacionālo standartu LVS EN 60079-10-1:2016 „Sprādzienbīstamas vides. 10-1.daļa: Zonu klasifikācija. Sprādzienbīstamu gāzu vides (IEC 60079-10-1:2015 + COR1:2015)”. [41] Minētais standarts ir identisks Eiropas Standartam EN 60079-10-1:2015 „*Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres*”, jo Eiropas standarts bez pārveidojumiem tā saturā pārņemts nacionālā standarta statusā. 2015. gada 30. jūlijā LVS publicēja Latvijas nacionālo standartu LVS EN 60079-10-2:2015 „Eksplozīvas atmosfēras. 10-2.daļa: Zonu klasifikācija. Degtspējīgu putekļu atmosfēras (IEC 60079-10-2:2015)”, [45] kas ir identisks Eiropas Standartam EN 60079-10-2:2015 „*Explosive atmospheres - Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres*” un analogiski ar iepriekš minēto standartu, jo Eiropas standarts bez pārveidojumiem tā saturā pārņemts nacionālā standarta statusā.

LVS EN 60079-10-1:2016 „Sprādzienbīstamas vides. 10-1.daļa: Zonu klasifikācija. Sprādzienbīstamu gāzu vides (IEC 60079-10-1:2015 + COR1:2015)” standartā sprādzienbīstamu zonu klasifikācija balstās uz sprādzienbīstamās vides rašanās biežumu un ilgumu. Zonas tiek iedalītas:

- zona 0 (*zone 0*) - zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes vide veidojas ilgstošā laika periodā vai nepārtraukti vai bieži;
- zona 1 (*zone 1*) - zona, kurā pie normāliem ekspluatācijas nosacījumiem sprādzienbīstamā gāzes vide veidojas periodiski vai reizēm;
- zona 2 (*zone 2*) - zona, kurā pie normāliem ekspluatācijas nosacījumiem sprādzienbīstamās gāzes vides veidošanās ir maz ticama (neliela varbūtība), bet ja sprādzienbīstamā gāzes vide veidojas, tā pastāv neilgu laika periodu.

Papildus tiek norādīts, ka jēdzieni „ilgstošā laika periodā” un „bieži” tiek pielietoti, lai norādītu uz augstu sprādzienbīstamās vides varbūtības pakāpi zonā, tādējādi nav obligāti tos noteikt kvantitatīvi. Turklāt norādes par sprādzienbīstamās vides rašanās biežumu un ilgumu ir pieļaujams noteikt pēc noteikumiem (normām), kas attiecas uz konkrētām nozarēm vai pielietošanas jomām.

Ļoti līdzīgi zonas tiek definētas arī LVS EN 60079-10-2:2015 „Eksplozīvas atmosfēras. 10-2.daļa: Zonu klasifikācija. Degtspējīgu putekļu atmosfēras (IEC 60079-10-2:2015)”:

- zona 20 (*zone 20*) - zona, kurā sprādzienbīstamā putekļu vide putekļu mākoņa veidā veidojas ilgstošā laika periodā vai nepārtraukti vai bieži;
- zona 21 (*zone 21*) - zona, kurā pie normāliem ekspluatācijas nosacījumiem sprādzienbīstamā putekļu vide putekļu mākoņa veidā veidojas periodiski vai reizēm;
- zona 22 (*zone 22*) - zona, kurā pie normāliem ekspluatācijas nosacījumiem sprādzienbīstamās putekļu vides putekļu mākoņa veidā veidošanās ir maz ticama (neliela varbūtība), bet ja sprādzienbīstamā putekļu vide veidojas, tā pastāv neilgu laika periodu.

Savukārt šeit jāatzīmē, ka ir nepieciešams ņemt vērā arī iespējamo putekļu mākoņa veidošanos no putekļu slāņa.

Svarīgi ir atzīmēt, ka atbilstoši Standartizācijas likuma 13. panta pirmajai daļai, standartu piemērošana ir brīvprātīga. Tomēr atbilstoši minētā panta otrajai daļai Ministru kabinets var noteikt obligāti piemērojamus Latvijas nacionālos standartus. Ņemot vērā, ka Latvijā nav vienotas, saistošas metodikas attiecībā uz sprādzienbīstamā zonējuma noteikšanu un aprēķināšanu, autors uzskata, ka būtu nepieciešams standartiem, kas regulē sprādzienbīstamā zonējuma aprēķināšanas kārtību noteikt obligāti piemērojamo standartu statusu. Šādi tiktu novērsta praksē konstatētā nevienlīdzīgā pieeja sprādzienbīstama zonējuma aprēķināšanā un noteikšanā, kā arī tiktu nodrošināta vienotā izpratne par zonējumu aprēķināšanu un noteikšanu darba aizsardzības speciālistu vidū.

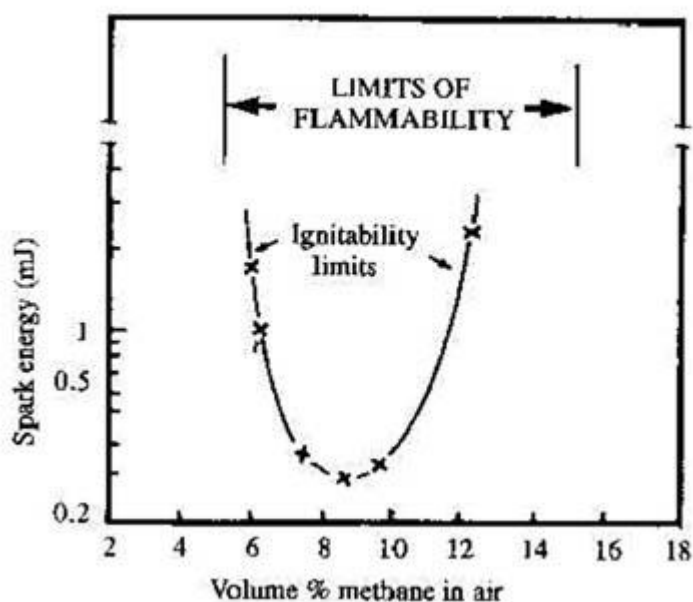
No ķīmiskā viedokļa oksidēšana, degšana un sprādziens ir eksotermiska reakcija, kas norisinās ar atšķirīgiem ātrumiem. Kā jau tika minēts iepriekš, šādu reakciju norisināšanās atkarīga no degvielas, oksidētāja (parasti gaiss vai skābeklis) un uzliesmojuma enerģijas, atkarībā no tā, kādā veidā notiek reakcija, rezultātā var veidoties kontrolēta degšana, uguns vilnis vai sprādziens. Mūsdienu aizsardzības metodes mēģina izslēgt kādu no iepriekš minētiem kritērijiem, lai samazinātu līdz pieņemamam līmenim vai izslēgtu sprādziena risku. Attiecīgi, ja sistēma ir projektēta korekti, lai potenciāli sprādziens nenotiktu, vienlaicīgi jāpastāv divām vai vairākām kļūmēm, katra ar nelielu sprādziena rašanās varbūtību. Minētie faktori ir jāņem vērā, aprēķinot sprādzienbīstamās zonas. Tādējādi ir nepieciešams detalizēti analizēt uzņēmumā esošo aprīkojumu uz iespējamo noplūdes avotu un lielumu.

Sprādzienbīstamo zonu klasifikāciju veic, ievērojot gāzes vai tvaiku uzliesmojuma raksturlielumus. Tādējādi, nepieciešams konstatēt, vai apskatāmajā zonā pastāv degtspējīgas vielas – proti, jebkuras vielas, kas pašas par sevi ir degtspējīgas vai arī var veidot

sprādzienbīstamu vidi. Nosakot sprādzienbīstamas zonas, svarīgi ir ņemt vērā iepriekš norādītos apstākļus par sprāgstvielām un to raksturlielumiem.

Degtspējīgo vielu sprādziens ir iespējams pie noteiktiem nosacījumiem, proti, gaisa un degtspējīgas vielas maisījumam ir robežkoncentrācija, t.i., priekšnosacījums, pie kura notiks sprādziens.

Daudziem izplatītākajiem sprādzienbīstamiem maisījumiem eksperimentāli ir konstruēti tā saucamie uzliesmojuma limiti, attēlojot tos grafiski. Piemēram, 1.13.attēlā attēlots metāna un gaisa maisījuma uzliesmojums pie temperatūras 26° C un normāla atmosfēras spiediena.

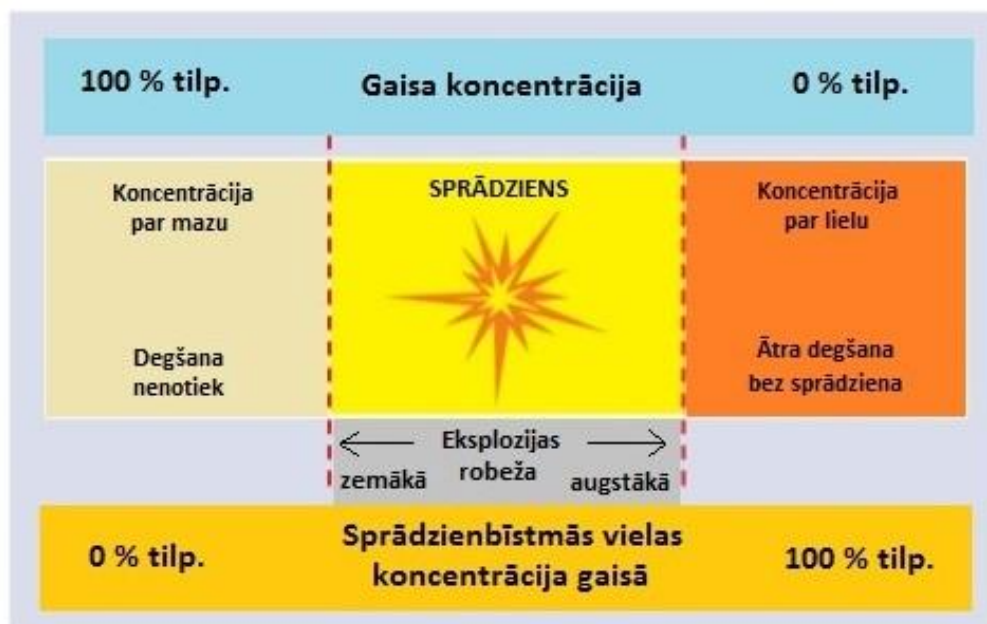


1.13. att. Metāna un gaisa maisījuma uzliesmojums [46]

Katrai degtspējīgai vielai ir noteikta minimālā aizdegšanās enerģija/minimāla uzliesmošanas enerģija (*MAE/MUE*), kas raksturojas ideālā gaisa un degvielas maisījumā, pie kuras maisījums visvieglāk uzliesmo. Zemāk par minimālo aizdegšanās enerģiju aizdegšanās nav iespējama.

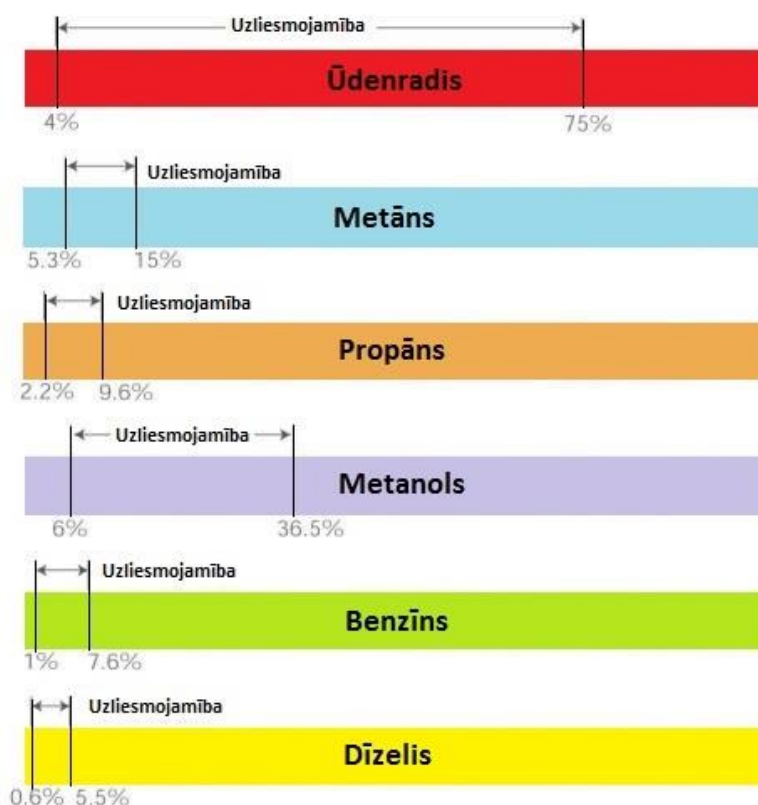
Pie koncentrācijas, kas ir zemāka par minimālo aizdegšanās enerģiju, enerģijas daudzums, kas ir nepieciešams maisījuma uzliesmojumam, palielinās līdz brīdim, kad koncentrācijas robeža kļūst mazāka par robežu, pie kuras maisījums nevar uzliesmot nepietiekama degvielas daudzuma dēļ. Šo robežlielumu sauc par zemāko sprādziena robežu/koncentrāciju (*LEL – Lower Explosion Level*). Analogiski palielinoties koncentrācijai, uzliesmojumam nepieciešamā enerģija pieaug, līdz koncentrācija nepārsniegs lielumu, pie kura uzliesmojums nevar notikt nepietiekama oksidētāja daudzuma dēļ. Šo robežlielumu sauc par augstāko sprādziena robežu/koncentrāciju (*UEL – Upper Explosion Level*). No šīs teorijas izriet, ka sprādziens var notikt tikai gadījumos, kad degtspējīgo tvaiku un gaisa maisījuma

procentuālais daudzums ir robežās starp zemāko sprādziena koncentrāciju (LEL) un augstāko sprādziena koncentrāciju (UEL). Lai uzskatāmi attēlot iepriekš minētās robežas, zemāk attēlā shematiski tiek attēloti minētie raksturlielumi.



1.14. att. Sprādzienbīstamības robežas koncentrācija [18]

Zemāk tiek shematiski attēlotas dažādu gāzu uzliesmojamības robežas (sk. 1.15. att.).



1.15. att. Ķīmisko vielu uzliesmojamības robežas [18]

No praktiskās puses vielas zemāka sprādziena robeža ir svarīgāks un nozīmīgāks robežlielums, salīdzinājumā ar augstāko sprādziena robežu, jo tā nosaka procentuāli minimālo degvielas daudzumu, kas ir nepieciešams, lai izveidotos sprādzienbīstams maisījums. Tādējādi šī informācija par konkrētām vielām ir svarīga, klasificējot sprādzienbīstamās zonas.

Minimālā aizdegšanas/uzliesmošanas enerģija, kas ir nepieciešama degvielas un gaisa maisījuma uzliesmojumam, ir svarīgs faktors nosakot tādas aizsardzības līdzekļus, kas ir balstīti uz dzirksteļdrošām elektriskām ķēdēm. Šādā gadījumā enerģija, kura tiek atbrīvota ar elektrisko ķēdi, pat pie avārijas apstākļiem, tiek aprobežota ar zemāku robežlielumu, nekā minimālā aizdegšanās enerģija.

1.4. Sprādzienbīstamo maisījumu un zonu klasifikācijas ārvalstu piemēri

Ar Starptautiskās elektrotehniskās komisijas standartiem IEC 60079-10-1:2015 „*Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres*”, un IEC 60079-10-2:2015 „*Explosive atmospheres - Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres*” noteikta sprādzienbīstamo maisījumu klasifikācija kategorijās un grupās, kā arī ir noteiktas metodes sprādzienbīstamības noteikšanai, kas ir izmantojami klasificējot maisījumus. Sprādzienbīstamo vielu klasifikācija ļauj noskaidrot sākotnējos datus, kas ir nepieciešami sprādziendroša elektriskā aprīkojuma izvēlē.

Pirmkārt, sprādzienbīstamie gāzu un tvaiku maisījumi tiek sadalīti kategorijās atkarībā no to sprādzienbīstamības un maksimāli drošas eksperimentālās atstarpes lieluma (maksimālais attālums starp čaulas flančiem, caur kuru nenotiek sprādziena nodošana no čaulas uz apkārtējo vidi pie jebkuras uzliesmojošas vielas koncentrācijas gaisā) un savstarpējos eksperimentālās gāzes vai tvaikam uzliesmojumam nepieciešamo minimālo strāvu un minimālo metāna uzliesmojumam nepieciešamās strāvas raksturlielumus; otrkārt, sprādzienbīstamie maisījumi tiek sadalīti grupās, atkarībā no pašaizdegšanās temperatūras.

Sprādzienbīstamas gāzes un tvaiku maisījumi ar gaisu tiek iedalīti sekojošās kategorijās:

I – metāns pazemes kalnu darbos,

II – citas gāzes un tvaiki, izslēdzot metānu pazemes kalnu darbos.

Atkarībā no maksimāli drošas eksperimentālās atstarpes lieluma II kategorijas gāzes un tvaiki tiek iedalīti atbilstoši 1.1. tabulā norādītajam.

II kategorijas gāzes un tvaiku iedalījums atkarībā no maksimāli drošās atstarpes lieluma

[41], [45]

| Sprādzienbīstama maisījuma kategorija | Maksimāli drošās eksperimentālās atstarpes lielums, mm |
|---------------------------------------|--|
| IIA | 0,9 un vairāk |
| IIB | Vairāk par 0,5, bet mazāk par 0,9 |
| IIC | 0,5 un mazāk |

Savukārt atkarībā no minimālā metāna uzliesmojuma enerģijas temperatūras II kategorijas gāzes un tvaiki tiek iedalīti (sk. 1.2. tabulu):

II kategorijas gāzes un tvaiku iedalījums atkarībā no minimālās metāna uzliesmojuma enerģijas

[41], [45]

| Sprādzienbīstama maisījuma kategorija | Minimālā metāna uzliesmojuma enerģija |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| IIA | Vairāk par 0,8 |
| IIB | No 0,4 līdz 0,8 ieskaitot |
| IIC | Mazāk par 0,45 |

Gāzes un tvaiku klasificēšanas procesā ir pietiekami pielietot vismaz vienu no iepriekš aprakstītajiem kritērijiem. Dažos gadījumos nepieciešams noteikt gan maksimāli drošās eksperimentālās atstarpes lielumu, kā arī minimālo metāna uzliesmojumu.

Atkarībā no pašai degšanas temperatūras, sprādzienbīstamās gāzes un tvaiku maisījumi tiek iedalīti sešās grupās T1, T2, T3, T4, T5, un T6 (sk. 1.3.tabulu.).

Sprādzienbīstamo gāzes un tvaiku maisījumu iedalījums atkarībā no pašai degšanas temperatūras [41], [45]

| Sprādzienbīstamā maisījumu grupa | Pašai degšanas temperatūra, °C |
|----------------------------------|--------------------------------|
| T1 | Virs 450 |
| T2 | No 300 līdz 450 |
| T3 | No 200 līdz 300 |
| T4 | No 135 līdz 200 |
| T5 | No 100 līdz 135 |
| T6 | No 85 līdz 100 |

Attiecīgi sprādzienbīstamo maisījumu kategoriju un grupu savstarpējo sakarību var attēlot tabulas veidā (sk. 1.4. tabulu).

Sprādzienbīstamo maisījumu kategoriju un grupu savstarpējā sakarība [41], [45]

| Sprādzienbīstamo maisījumu kategorija un grupa | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|--|---|--------------------------------------|--|---------------------------------------|----|----|
| IIA | Acetons, Etāns, Amonjaks, Benzols, Etiķskābe, Metāns, Metilēnchlorīds, Propāns, Tuluols | Butāns, Etils, Amilacetāts, Butilēni | Benzīns, Dīzeļdegviela, Geksāns, Geptāns, Jēlnafta | Aldehīdi: Eļļas, Acetāls, Paraldehīds | | |
| IIB | Koksa gāze, Ciānūdeņražskābe | Etilena oksīds, Etilēns | Izopropanila cetilēns | | | |
| IIC | Ūdeņradis | | | Sērogleklis | | |

Savukārt 1.5.tabulā tiek salīdzinātas sprādzienbīstamo maisījumu kategorijas saskaņā ar Eiropas Savienības standartiem un ASV standartiem. Šobrīd lielākajā daļā valstu attiecībā uz sprādzienbīstamo vielu klasifikāciju tiek izmantoti ES standarti, kur ar II apzīmē virszemes apstākļus, savukārt I – bīstamību, kas raksturojas ar darbu ar metānu pazemes stāvoklī. Aptuveni salīdzinot standartus, tabulas veidā sakarību var attēlot, kā tas parādīts 1.5. tabulā.

1.5. tabula

Sprādzienbīstamo maisījumu kategoriju salīdzinājums [39]

| M3K 79-12 | ASV pieņemtā klasifikācija | Tipiskās gāzes un tvaiki |
|-----------|----------------------------|--|
| IIA | D | CLASS I Etāns, Propāns, Butāns, Geksāns, Geptāns, Oktāns, Dekāns, Etiķskābe Koksa gāze, Ciānūdeņražskābe Ūdeņradis, Acetilēns |
| IIB | C | |
| IIC | B A | |

Vērtējot sprādzienbīstamo zonu klasifikācijas ārvalstu piemērus, Eiropas Savienībā, nosakot sprādzienbīstamās zonas, ir pieņemts vadīties no Starptautiskās elektrotehniskās komisijas standartiem *IEC 60079*, kas pamatojas izteikumā, ka jebkura vieta, kur pastāv sprādzienbīstamas vides veidošanās risks, jābūt klasificētai atbilstoši vienai no sekojošām zonām:

Zone 0 – vieta, kur sprādzienbīstama vide, ko veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu gāzes, tvaiku vai miglas veidā, pastāv visu laiku, ilgstoši vai bieži;

Zone 1 – vieta, kur sprādzienbīstama vides, ko veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu gāzes, tvaiku vai miglas veidā, veidošanās varbūtība normālos darba apstākļos;

Zone 2 – vieta, kur sprādzienbīstamās vides, kur sprādzienbīstama vides, ko veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu gāzes, tvaiku vai miglas veidā, veidošanās varbūtība ir

niecīga, vai arī tā pastāv īsu laika periodu. Savukārt jebkuras vietas, kas neatbilst nevienam no iepriekš minētajiem kritērijiem ir uzskatāmas par drošām.

Savukārt Amerikas Savienotajās valstīs sprādzienbīstamas vietas klasifikācija pamatojas uz Valsts elektrotehniskajām normām (*National Electrical Code*), Nacionālas ugunsdrošības asociācijas (*National Fire Protection Association*) standartiem *NFPA 497*. Kanādā tiek pielietotas Kanādas elektrotehniskās normas *C22. Part I (Canadian Electrical Code)*. Abās minētajās valstīs bīstamās vietas tiek sadalītas klasēs, atkarībā no sprādziendrošas vielas klātbūtnes:

- *Class I* – bīstamas, viegli uzliesmojošo vielu gāzes un tvaiku veidā klātesamības dēļ;
- *Class II* – bīstamas, viegli uzliesmojošo vielu putekļu un pulveru veidā klātesamības dēļ;
- *Class III* – bīstamas, viegli uzliesmojošo vielu šķidro, šķiedru veida vai cieto vielu klātesamības dēļ.

Savukārt atkarībā no bīstamības rakstura sprādzienbīstamas vietas tiek iedalītas tā saucamās divīzijās sekojoši:

- *Division 1* – sprādzienbīstamība pastāv pie normālie ekspluatācijas (darba) apstākļiem, remontdarbu vai tehniskās apkopes laikā vai tur, kur avārija var būt par iemeslu vienlaicīgam elektroaprīkojuma atteikumam, kas var būt par iemeslu uzliesmojumam;
- *Division 2* – uzliesmojošs materiāls pastāv (atrodas konkrētajā vietā), bet tas atrodas slēgtā konteinerā vai sistēmā, vai arī robežojas ar *Division 1* zonu/laukumu.

Atkarībā no bīstamības rakstura sprādzienbīstamas klases tiek iedalītas grupās. *Class I* (gāzes un tvaiki) tiek iedalīti četrās grupās – A, B, C un D, kas ir atkarīgi no sprādzienbīstamas gāzes vai tvaiku klātbūtnes. A grupā (*Group A*) ietilpst atmosfēras, kas satur acetilēnu. B grupā (*Group B*) ietilpst atmosfēras, kas satur ūdeņradi, degvielas un degošas tehnoloģiskās gāzes, kuru sastāvā ir vairāk par 30% ūdeņraža, vai arī gāzes un tvaiki, kas ir vienlīdzīgi pēc to bīstamības pakāpes tādām gāzēm, kā butadiēns, etilēna oksīds, propilēna oksīds. C grupā (*Group C*) ietilpst atmosfēras, kas satur etilspirtu, etilēnu un gāzes un tvaikus, kas ir vienlīdzīgi minētajiem pēc to bīstamības pakāpes. Savukārt D grupā (*Group D*) ietilpst atmosfēras, kas satur acetonu, amonjaku, benzīnu, butānu, etanolu, heksānu, metanolu, metānu, dabasgāzi, naftu, propānu vai gāzes un tvaikus, kas vienlīdzīgi minēti pēc to bīstamības pakāpes.

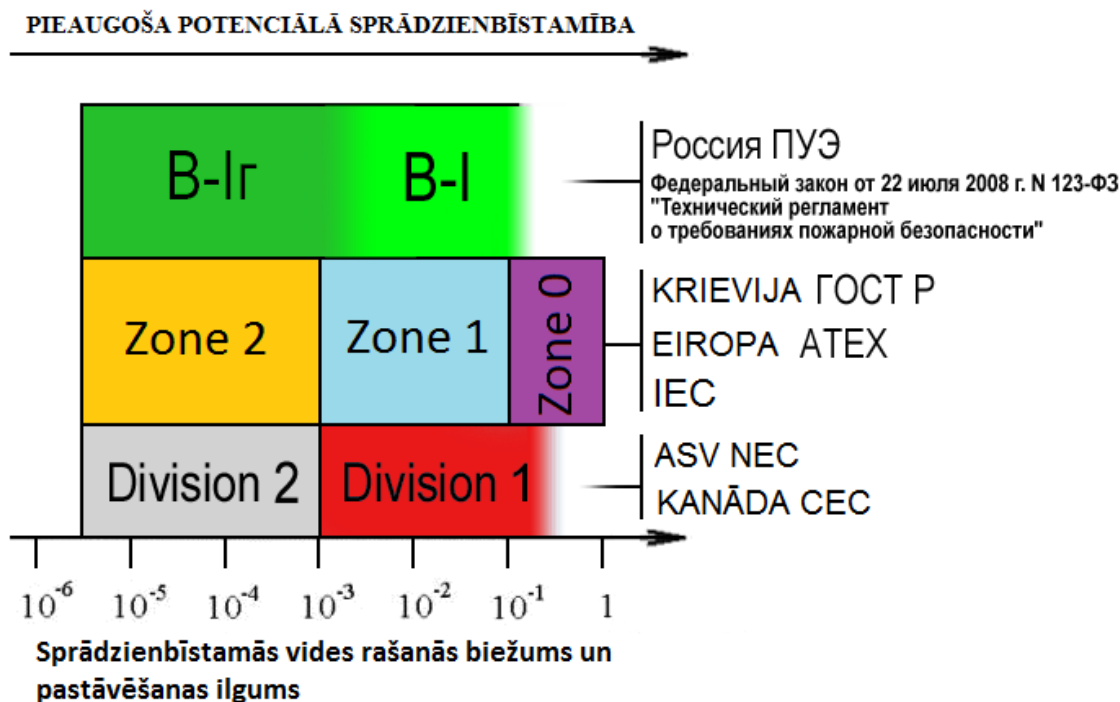
Class II (ietver degošus putekļus un pulverus) bīstamās zonas tiek iedalītas trīs grupās – E, F, un G, atkarībā no klātesošo putekļu un pulveru veida. E grupā (*Group E*) ietilpst atmosfēras, kas satur metāliskus pulverus, ieskaitot alumīniju, magniju, un to sakausējumus vai arī citus degošus putekļus, kuru daļiņu izmērs un elektrības vadība ir līdzīga minētajiem. F grupā (*Group F*) ietilpst atmosfēras, kas satur degošus akmeņogļu putekļus, vai kokosu putekļus, vai arī tādus putekļus, kas sintezēti no citām vielām tādā veidā, ka noved pie sprādzienbīstamības. G grupā (*Group G*) ietilpst atmosfēras, kas satur degošus putekļus, kas nav ietverti E grupā un F grupā, tai skaitā miltu, graudu, koksnes, plastmasas un citu ķīmisko produktu putekļi.

Savukārt *Class III* (viegli uzliesmojošas lidojošas vielas) netiek iedalīts grupās. Minētajā zonā šķiedrvielas un lidojošas vielas neatrodas nosvērtā stāvoklī pietiekamā daudzumā, lai veidotos uzliesmojoši maisījumi.

Jāatzīmē, ka Krievijā šobrīd darbojas paralēli vairāki dokumenti, kas regulē sprādzienbīstamo zonējumu. Viens no tiem ir tā saucamās Elektroiekārtu lietošanas instrukcijas 7. nodaļa (krievu valodā: *Правила устройства электроустановок* vai saīsināti – *ПУЭ*), kas ir atzīstams par novecojošu standartu, jo tas tika izstrādāts vēl PSRS laikā – pirmais izdevums ir jau 1949. gadā, [47] kā arī 2008. gada 22. jūlija Federālais likums Nr. 123-FZ „Ugunsdrošības noteikumu tehniskais reglaments”. [48] Minētais dokuments paredz sprādzienbīstamās zonas klasificēt kopumā sešās klasēs: *B-1, B-1a, B-1б, B-1г, B-2, B-2a*. Minētajai klasifikācijas metodei ir vairākas nepilnības. Pirmkārt, minētās klases neatbilst IEC standartos noteiktajām zonām, kas Krievijā ievērojumi apgrūtināja ārvalstī ražotā aprīkojuma izvēli un uzstādīšanu. Otrkārt, nav pietiekami pamatots, kāpēc par sprādzienbīstamiem uzskata tādus putekļus, kuru zemākā uzliesmojuma robeža ir $\leq 65 \text{ g/m}^3$. Praksē pierādīts, kā putekļu maisījums var būt sprādzienbīstams arī pie lielākas uzliesmojuma robežas. Klasificējot sprādzienbīstamās zonas un nosakot to izmērus, ir jāvadās no katra tehnoloģiskā aprīkojuma elementa, kas var saturēt degošas vielas un var radīt to noplūdi, detalizētas apskates. Tikai izvērtējot noplūdes varbūtību, biežumu un ilgumu, kā arī koncentrācijas apjomu, ventilācijas efektivitāti un citus faktorus, ir iespējams iegūt pietiekami pamatotu informācijas apjomu, kas būs par pamatu zonu apmēra noteikšanai. Treškārt, ir noteikta konkrēta zonu ģeometrija (5 metri vertikāli no noplūdes vietas), kas neietver dažādus individuālus degošu maisījumu parametrus. Savukārt zonu apmēri ārtelpā ir apzīmēti ar „maģiskiem lielumiem” 0,5 metri, 3 metri, 8 metri un 20 metri. [49]

Ņemot vērā, ka šīs kategorijas tiek izmantotas retāk, kā arī atšķiras no Latvijas un Eiropas Savienības kopumā pieejas attiecībā uz sprādzienbīstamo zonējumu, detalizēti tās netiks aplūkotas. Paralēli minētajam dokumentam, Krievijā ir izstrādāti un darbojas Valsts

standartu *ГОСТ Р* un *ГОСТ ТС* sērijas, kas ir izstrādāti uz *IEC 60079* un *IEC 61241* standartu sērijas pamata. Attiecīgi šobrīd Krievijā, vienlaicīgi, pastāv divas pieejas attiecībā uz sprādzienbīstamā zonējuma noteikšanu. Tomēr izpētot Krievijā izdoto zinātnisko literatūru šī maģistra darba ietvaros aplūkotajā jomā secināms, ka lielākoties sprādzienbīstamās vides zonējums tiek attēlots trīs zonās, kas pēc būtības ir identiskas tām, kas tiek piemērotas Latvijā un Eiropas Savienībā. Shematiski zonējumu salīdzinājumus var attēlot kā tas parādīts 1.16.attēlā.



1.16. att. Sprādzienbīstamā zonējuma grafisks salīdzinājums [39]

2. PĒTIJUMĀ IZMANTOTĀS METODEDES

2.1. Darba aizsardzības speciālistu aptauja

Darba vides risku novērtēšanas procesā bieži vien ātrākais un savā ziņā arī efektīvākais veids, kā iegūt informāciju par to, kas patiesi notiek, ir pavaicāt izvērtējamā darba vidē nodarbinātajiem, ko ir iespējams paveikt, piemēram, aptaujas lapu vai anketu veidā. Nodarbinātie vislabāk zina, kādas darbības un kādā secībā tiek veiktas, vai tajās ir kādas problēmas, kā arī veidus, kā realizēt sarežģītu uzdevumu un kādus piesardzības pasākumus viņi veic. [50] Kaut arī aptauja nav atzīstama par riska novērtēšanas metodi kā tādu, tomēr tā palīdz noteikt atsevišķus momentus, kas var būt svarīgi darba vides risku novērtēšanas procesā. Tomēr aptaujas rezultātiem vienmēr jāpieiet kritiski, jo atbildes, kas tajās ir ietvertas, attēlo subjektīvo respondentu viedokli, kas ne vienmēr atbildēs faktiskajiem apstākļiem. [51]

Šobrīd no darba aizsardzības speciālistu puses tiek pieļauta subjektīva pieeja sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas procesā. Ņemot vērā minēto, pētījuma gaitā bija nepieciešams noskaidrot darba aizsardzības speciālistu viedokli par pētāmo jautājumu. Šī mērķa sasniegšanai tika izmantota aptauja kā metode analīzei, lai turpmāk aptaujas rezultātus izmantot metodoloģijas izstrādes procesā.

2.2. Somijas 5 baļļu metode

Somijā Tamperes Tehnoloģiskajā universitātē (*Tampere University of Technology, BOOTH, 1994*) izstrādāts riska vadības modelis/matrica kvalitatīvai risku novērtēšanai pēc 5 baļļu sistēmas, ņemot vērā Anglijas standartā BS 8800 noteikto risku novērtēšanas skalu. Matrica ir iekļauta Somijas standartu sistēmā un to apstiprinājusi Somijas standartu asociācija. Šis risku novērtēšanas modelis satur riska bīstamības pakāpes novērtēšanu un nepieciešamo pasākumu principus, kas atspoguļoti matricas skaidrojumā. Matricu lieto, novērtējot darba vides riskus ar salīdzinoši vienkāršiem ražošanas tehnoloģiskajiem procesiem. [51] Tā ir viena no vienkāršākajām un populārākajām vispārējo risku novērtēšanas metodēm Latvijā. Šajā risku novērtēšanas metodē tiek noteikta riska iespējamība (Q) un riska sekas (P). Risku iespējamība (Q) dalās trīs daļās:

- 1) Neiespējams;
- 2) Maz iespējams;
- 3) Iespējams.

Līdzīgi kā risku iespējamība, tāpat risku sekas (P) tiek pieņemtas trīs līmeņos:

- 1) Maz bīstamas;
- 2) Bīstamas;

3) Ļoti bīstamas.

Šo riska novērtēšanas matricu var atspoguļot šādi (sk. 2.1. tabulu):

2.1. tabula

Riska pakāpes noteikšana [51]

| Riska iespējamība | Riska sekas | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Maz bīstamas | Bīstamas | Ļoti bīstamas |
| Neiespējams | Nenožīmīgs risks I | Pieņemams risks II | Ciešams risks III |
| Maz iespējams | Pieņemams risks II | Ciešams risks III | Nožīmīgs risks IV |
| Iespējams | Ciešams risks III | Nožīmīgs risks IV | Neciešams risks V |

Attiecīgi, nosakot riska iespējamību (Q) un riska sekas (P) tiek noteikta riska pakāpe (R). Riska pakāpju iedalījums un nepieciešamie pasākumi:

1. riska pakāpe jeb nenožīmīgs risks: pasākumi nav nepieciešami. Riskus dokumentēt nav nepieciešams;

2. riska pakāpe jeb pieņemams risks: speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu;

3. riska pakāpe jeb ciešams risks: nepieciešami pasākumi riska samazināšanai, bet tie nav jāveic nekavējoties (jāņem vērā iespējamā kaitējuma sekas, ekonomiskie apsvērumi un darbinieku skaits). Pasākumi jāveic vismaz 3 līdz 5 mēnešu laikā pēc riska novērtējuma;

4. riska pakāpe jeb nožīmīgs risks: darbu nedrīkst veikt, kamēr nav veikti pasākumi riska samazināšanā vai novēršanā. Ja darbu nav iespējams pārtraukt, jāņem vērā seku apjoms, darbinieku skaits, bet pasākumi jāveic no 1 līdz 3 mēnešu laikā;

5. riska pakāpe jeb neciešams risks: nekavējoties jāveic pasākumi riska samazināšanai vai novēršanai. Ja līdzekļu trūkuma dēļ pasākumus nav iespējams veikt, darbs bīstamajā zonā, telpā vai darbvietā aizliegts. [51]

Somijas 5 baļļu sistēmas matricu var vienkārši kvantificēt, pārveidojot to par puskvantitatīvo matricu. Varbūtību (Q) vērtē pēc 5 baļļu sistēmas, bet seku bīstamību – pēc 4 baļļu sistēmas. Preventīvos pasākumus nosaka saskaņā ar Somijas 5 baļļu matricas skaidrojumu.

Matrica riska indeksa noteikšanai [51]

| | Negadījuma sekas | | | |
|-------------------------|------------------|-------------|-----------|---------------|
| Negadījuma varbūtība | p1 | p2 | p3 | p4 |
| | Nenožīmīgas | Pieļaujamas | Nožīmīgas | Ļoti bīstamas |
| Q1 Ļoti maza | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Q2 Maz ticama | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Q3 Reta | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Q4 Iespējama | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Q5 Bieža | 5 | 10 | 15 | 20 |

2.3. tabula

Riska pakāpes atbilstība riska indeksam - R_i [51]

| <i>Riska indekss</i> | <i>Riska pakāpe</i> |
|----------------------|----------------------|
| $R_i = 1 - 3$ | I – Nenožīmīgs risks |
| $R_i = 4 - 6$ | II – Pieņemams risks |
| $R_i = 8 - 10$ | III – Ciešams risks |
| $R_i = 12 - 15$ | IV – Nožīmīgs risks |
| $R_i = 16 - 20$ | V – Neciešams risks |

Riska varbūtība (Q) iedalās:

- 1) Ļoti maza - negadījumi vai avārijas praktiski nevar notikt, vai notiek ļoti reti, būtiski neietekmē cilvēka veselību, apdraudēts var būt tikai 1 cilvēks. Darba process notiek automātiskā režīmā. Darbus veic kvalificēts pieredzējis darbinieks, kuram ir labas zināšanas par darba veidu un darba vides riskiem. Darbā netiek izmantotas uzliesmojošas vai degošas vielas.
- 2) Maz ticama - negadījumi var notikt reti, piemēram, neparedzētas darba operācijas laikā. Darbinieki ir instruēti, viņiem ir augsta kvalifikācija. Darba process ir nodrošināts ar nepieciešamo aizsardzības aprīkojumu, brīdinājuma signalizāciju un citiem aizsardzības paņēmieniem. Apdraudēti var būt ne vairāk par 10 cilvēkiem.

- 3) Reta - negadījumi var notikt, veicot atsevišķas darba operācijas. Darbinieku uzturēšanās laiks bīstamā zonā nav liels vai ir epizodisks. Darbus veic pieredzējuši darbinieki, kuriem ir nepieciešamās zināšanas par darba operācijām un kuri ir instruēti darba aizsardzība. Darba process ir nodrošināts ar nepieciešamo aizsardzības aprīkojumu un brīdinājuma signalizāciju. Apdraudēti var būt ne vairāk par 15 cilvēkiem.
- 4) Iespējama - pastāv riska situācija, kas var periodiski atkārtoties darba laikā. Darbinieku uzturēšanās bīstamā zonā ir nepieciešama. Darbinieki var būt pakļauti sprādzienbīstamībai, darba vietās, kur noteiktas sprādzienbīstamās zonas. Iespējami nelaimes gadījumi. Darbiniekiem nav speciālas kvalifikācijas, bet viņi ir apguvuši darba procesu. Darba process ir daļēji nodrošināts ar nepieciešamo aizsardzības aprīkojumu un brīdinājuma signalizāciju. Apdraudēti var būt ne vairāk par 50 cilvēkiem.
- 5) Bieža - riska situācija ir pastāvīga visā darba procesā (tehnoloģiskā vai cita veida). Darbinieku uzturēšanās bīstamajā zonā ir pastāvīga. Iespējamās smagas darba traumas, kas prasa ilgstošu ārstēšanos, vai pat nāve. Darbvietā strādā darbinieki bez kvalifikācijas un bez pieredzes. Darba process nav nodrošināts ar nepieciešamo aizsardzības aprīkojumu un brīdinājuma signalizāciju. Apdraudēti var būt vairāk par 50 cilvēkiem. [51]

Līdzīgi kā varbūtība, tiek iedalīta piecās klasēs, tā arī tiek iedalītas negadījuma sekas, tikai tās iedala četrās klasēs.

Negadījumu seku (P) iedalījums:

- 1) Nenožīmīgas - nenožīmīgi kaitējumi apkārtējai videi vai cilvēku veselībai. Darba nespēja mazāka par 1 dienu. Nenožīmīgas kļūmes tehnoloģiskajā procesā vai iekārtu bojājumi;
- 2) Pieļaujamas - nelieli kaitējumi apkārtējai videi vai cilvēku veselībai. Kaitējumi veselībai ir atgriezeniski. Darba nespēja līdz 1 nedēļai. Nelielas kļūmes tehnoloģiskajā procesā vai iekārtās.
- 3) Nožīmīgas - nožīmīgi kaitējumi apkārtējai videi vai cilvēku veselībai. Kaitējumi veselībai ir neatgriezeniski. Iespējamās smagas traumas. Darba nespēja līdz 3 mēnešiem. Nožīmīgas (lielas) kļūmes tehnoloģiskajā procesā vai iekārtās.
- 4) Ļoti bīstamas - ļoti lieli kaitējumi apkārtējai videi vai cilvēku veselībai. Iespējama invaliditāte vai pat nāve. Darba nespēja ilgāka par 3 mēnešiem. Tehnoloģiskā procesa apstāšanās vai iekārtu pilnīgs bojājums. [51]

Šajā gadījumā atbilstošo riska pakāpi no 1 līdz 5 nosaka pēc riska indeksa, kuru nosaka pēc formulas, kas parādīta 2.1. vienādojumā, bet negadījuma varbūtības (Q) un seku bīstamības (P) punktus iegūst no iepriekš uzskaitītajiem riska varbūtības un seku uzskaitījuma. [51]

$$Ri = Q \times P \quad (2.1.),$$

kur

Ri - riska indekss;

Q – varbūtība;

P – sekas.

2.3. Kļūdu loģiskās analīzes jeb „Kļūdu koka” metode (*Fault Tree analysis, Event Tree analysis*).

Kļūdu loģiskās analīzes (turpmāk arī – KLA) metode ir deduktīva metode, ar kuras palīdzību var izziņāt kādu konkrētu nevēlamu kļūdu vai notikuma cēlonību. Šī metode atzīstama par grafisku metodi, kas diagrammas veidā attēlo tehnisko defektu, cilvēku kļūdu, dabas parādību u.c. notikumu iespējamās savstarpējās kombinācijas, kas var novest pie konkrētā nevēlamā notikuma. [52] Šī metode neparedz sarežģītu statistikas analīzi, tomēr tā dod iespēju laicīgi (piemēram, pirms aprīkojuma uzstādīšanas, tā projektēšanas stadijā) izvērtēt iespējamās kļūdas un to iespējamās negatīvas sekas. [42] Turklāt, Latvijas būvnormatīvi nosaka minimālās ugunsdrošības prasības, kādas ievēro, projektējot un būvējot jaunas būves, veicot esošu būvju pārbūvi, atjaunošanu, restaurāciju, novietošanu un lietošanas veida maiņu. Latvijas normatīvie akti paredz kā obligātu kritēriju jau projektēšanas stadijā veikt risku analīzi, lai noteiktu būvju vai telpu nepieciešamo aizsardzību pret sprādzieniem, ņemot vērā degtspējīgu vielu, gāzu, tvaiku, pilienu vai putekļu maisījuma iespējamo koncentrāciju gaisā.

Metodes pamatā ir elementāru notikumu loģisko saišu noskaidrošana. Analīzi uzsāk, definējot galveno nevēlamo notikumu un nosakot pirmās, otrās, n-tās pakāpes starpnotikumu loģiskās saitē līdz pamatnotikumam jeb ierosinātajnotikumam. KLA diagramma veidojas saistot riska scenārija elementārnotikumus ar loģiskiem simboliem „un” vai „vai”. [52] Metodes izmantošanas process ietver sevī vairākus posmus. Nepieciešams:

- definēt sistēmu un interešu jomas. Skaidri jādefinē un jānorāda sistēmas robežas vai platības, par kurām analīze tiks veikta;
- identificēt interesējošus sākuma notikumus. Jāveic riska pakāpes novērtējums, lai identificētu notikumus vai notikumu kategorijas, kas tiks analizētas. Kategorijas sevī iekļauj, piemēram, zemējumu, sadursmes, ugunsgrēkus, sprādzienus, toksiskās noplūdes u.c.;

▪ pēc interesējošu notikumu noteikšanas, īstenojot KLA nepieciešama padziļināta kļūdu analīze, proti, nepieciešams identificēt un izanalizēt maksimāli visus iemeslus, kā dēļ var rasties sākuma notikums. Tas ir nepieciešams varbūtības noteikšanai.

▪ visas iespējamās kļūdas tiek grupētas un veido KLA koku. Veidojot KLA koku un grupējot kļūdas, tās tiek grupētas pēc principa „un” un „vai”

▪ pēc KLA koka izveides, nākošais posms ir noteikt garantiju līmeni un fiziski ietekmējošus faktoros. Jānosaka dažādas garantijas, kas var samazināt iniciējoša notikuma sekas. Šīs garantijas ietver sevī, piemēram, tehnoloģiskās sistēmas un cilvēciskās darbības vai rīcību. Jānosaka arī fiziskās parādības, piemēram, aizdegšanās vai meteoroloģiskie apstākļi, kas ietekmē iniciējošo notikumu. [53]

Ar šīs metodes palīdzību tiek noteikti visi iespējamie ceļi, kas var iniciēt galveno notikumu, un, kas ir vissvarīgākais, šī metode ļauj noteikt minimālo notikumu skaitu, kas var iniciēt galveno notikumu, kas turpmāk ļauj izstrādāt atbilstošus preventīvus pasākumus, kā arī izslēgt iespējamos riska faktoros.

2.4. Kļūdu iespējamības un seku analīzes metode

Kļūdu iespējamības un seku analīzes metode jeb angļu valodā *Failure mode and effect analysis* (saīsinājumā turpmāk – FMEA) ir procedūra, ar kuras palīdzību tiek veikta visu iespējamo sistēmas kļūdu analīze un rezultātu ietekmes uz sistēmu noteikšana, ar mērķi klasificēt visas kļūdas kopsakarā ar sistēmas darbu. [54] FMEA ir atzīstama par pakāpenisku (soli pa solim) pieeju visu iespējamo neveiksmju (kļūdu) identificēšanai gan dizainā, ražošanas procesā, aprīkojuma uzstādīšanas procesā, produktā vai apkalpošanas procesā. Ar „kļūdu iespējamību” šīs metodes ietvaros saprot tos posmus vai momentus, kur kaut kas var neizdoties. Ar kļūdām šajā gadījumā jāsaprot jebkādas kļūdas vai defekti, jo īpaši tie, kuru ietekme var būt potenciāla vai reāla. Savukārt ar „seku analīzi” jāsaprot, konstatēto kļūdu vai defektu ietekmes un seku izvērtējumu.

FMEA metodes piemērošana ir ļoti plaša. Izšķir septiņus FMEA pamatveidus:

1. *Concept* – konceptuālo piedāvājumu FMEA;
2. *Desing* – konstrukciju FMEA;
3. *System* – sistēmas FMEA;
4. *Process* – ražošanas vai tehnoloģiskā procesa FMEA;
5. *Product* – produkta FMEA;
6. *Service* – servisa apkalpošanas FMEA;
7. *Software* – programmatūras FMEA. [55]

Pielietojot šo metodi nepieciešams izprast, ka bez patiesas un ticamas informācijas par vērtējamo procesu norisi, FMEA var pārvērsties par nelietderīgu metodi, kas tiks balstīta uz emocijām un neprecīziem pieņēmumiem, nevis patiesiem datiem. Šādā gadījumā visas analīzes rezultāts var būt fokusēšanās uz nepareizām vai nebūtiskām problēmām un to iemesliem, līdz ar to neatrisinot svarīgas problēmas. Pielietojot šo metodi nepieciešams laiks un cilvēku resursi. Metodi pielieto strādājot komandā vairākiem darbiniekiem. Pielietojot FMEA nepieciešams rēķināties, ka nepieciešams atvēlēt komandas dalībniekiem pietiekoši daudz laika, lai šīs analīzes rezultāti būtu pietiekami efektīvi.

Ņemot vērā plašas FMEA piemērošanas jomas, katrā konkrētā gadījumā var atšķirties analīzes veikšanas atsevišķie elementi, tomēr pamata soļi visās situācijās lielākoties ir identiski un tos var definēt šādi: [51]

1. Lēmuma pieņemšana par FMEA izmantošanu un komandas veidošana. Sākotnēji tiek pieņemts lēmums par FMEA izmantošanu analīzes veikšanai, tad tiek veidota komanda, kas strādās pie FMEA. Ņemot vērā, ka FMEA svarīgs ir tieši komandas darbs, veidojot komandu nozīmīgi iekļaut tajā dažādu jomu speciālistus, kas turpmāk ļaus procesu aplūkot no dažādiem skatu punktiem un maksimāli identificēt problēmsituācijas un kļūdas.

2. Procesa noteikšana un FMEA jomas identificēšana. Šajā posmā tiek noteiktas analizējama procesa vai produkta funkcijas, tā mērķi un tiem piemērojamie nosacījumi un noteikumi. Šim nolūkam var izmantot iekšējo procesu shēmas, lai nodrošinātu, ka visi komandas dalībnieki vienādi un nepārprotami saprot analizējamo jomu. Šajā posmā ir nepieciešams iepazīties ar konkrēto jomu regulējošo dokumentāciju, normatīvajiem aktiem u.c.

3. Iespējamo kļūdu formulējums. Šajā posmā tiek veidots pēc iespējas visu iespējamo kļūdu saraksts. Iespējamo kļūdu saraksts var tikt veidots visai sistēmai kopumā, vai identificējot katru posmu atsevišķi. Kļūdas tiek fiksētas speciālajā veidlapā vai tabulā. Šajā posmā nepieciešams novērtēt arī kļūdas iemeslus.

4. Konstatēto kļūdu iespējamo seku noteikšana un to nozīmīguma noteikšana. Atbilstoši katrai konstatētai kļūdai tiek noteiktas tās iespējamās sekas, kas tiek fiksētas attiecīgajā veidlapas kolonnā „Kļūdas sekas”. Katrai kļūdai var būt arī vairākas iespējamās sekas, kuras nepieciešams obligāti fiksēt.

5. Kļūdu radīto seku smaguma novērtējums (P). Pirms vērtējuma veikšanas, pamatojoties uz komandas dalībnieku profesionālo pieredzi, nepieciešams izveidot vērtējuma skalu (sk. 2.4. tabulu), kur katrām sekām tiek piešķirta noteikta kategorija, kas raksturo kļūdu seku ietekmi.

Riska pakāpes vērtējuma skala [51]

| Kategorija | Pakāpe | Apraksts |
|------------|---------------|--|
| I | Mazsvarīga | Mašīnas vai procesa funkcionālā kļūda – nav potenciālu briesmu |
| II | Nozīmīga | Kļūda var apdraudēt procesa vai mašīnas funkcionēšanu |
| III | Ļoti svarīga | Ir lielas kļūdas procesā vai mašīnā, kas rada briesmas (traumas) |
| IV | Katastrofiska | Kļūdas ir tik lielas, ka tas apdraud cilvēka dzīvību |

6. Kļūdu sastopamības novērtējums (varbūtība – Q). Nepieciešams novērtēt kļūdu sastopamības biežumu. Iepriekš nepieciešams izveidot vērtēšanas skalu, kuru var veidot šādi kritēriji: ļoti bieži, bieži, iespējami, laiku pa laikam, samērā reti, ļoti reti, ekstremāli reti. Analīze tiek veikta, izejot no kļūdu rašanās iemesliem.

Kļūdu sastopamības novērtējums [51]

| Pakāpe (Q) | Apraksts | Atsevišķo kļūdu rašanās režīmi |
|------------|-----------------------|---|
| A | Bieži sastopama | Rodas rodi bieži vai nepārtraukti |
| B | Gadījuma rakstura | Iespējamās pēc kāda laika intervāla |
| C | Laiku pa laikam | Iespējamās dažas reizes procesa gaitā |
| D | Neievērojama | Dažreiz rodas, bet tās ir mazas |
| E | Praktiski neiespējama | Kļūdas ir ļoti retas, mazas un tās neievēro |

7. Riska pakāpes noteikšana izmantojot kļūdu sastopamības novērtējuma (varbūtība) un (sekas – P) ir iespējamo seku smaguma novērtējums. Risku novērtēšanas rezultātus attēlo tabulā (sk. 2.6. tabulu):

Riska pakāpes noteikšana [51]

| Negadījuma varbūtība | Negadījuma sekas | | | |
|----------------------|------------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| A | VR | LR | LR | LR |
| B | VR | VR | LR | LR |
| C | MR | VR | VR | LR |
| D | MR | MR | VR | VR |
| E | MR | MR | MR | VR |

MR – mazs risks (speciāli pasākumi nav nepieciešami, riskus speciāli nav nepieciešams speciāli dokumentēt. Risks tomēr ir jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē kādi tie būtu, lai tos veiktu ar minimālu līdzekļu ieguldījumu);

VR – vidējs risks (nepieciešami pasākumi riska mazināšanai, bet tie jāveic ņemot vērā ekonomiskos apsvērumus un darbinieku skaitu. Pasākumi jāveic tuvākajā laika posmā no risku identificēšanas);

LR – liels risks (nekavējoties jāveic pasākumi riska samazināšanai vai novēršanai. Ja līdzekļu trūkuma dēļ pasākumus nav iespējams veikt, darbs bīstamajā zonā, telpā vai darba vietā ir aizliegts).

8. Noteikto kļūdu korekciju novēršanas noteikšana. Komanda izstrādā uzlabojumu priekšlikumus, lai novērstu kļūdu cēloņus.

2.5. Specializētā risku novērtēšanas metode

Salvina Mjure (*Salvina Mure*) starptautiskā projekta *InnHF* ietvaros piedāvā Sprādzienbīstamās vides riska analīzes 5.soļu metodi. [56] *InnHF* ir starptautisks projekts, kas norisinājās no 2011. gada 1. decembra līdz 2015. gada 30. novembrim. Projekts bija vērsts uz inovācijām riska analīzē un riska novērtēšanā caur cilvēcisko faktoru, kura ietvaros tika piedāvātas, tajā skaitā, daudznozarū apmācības riska novērtēšanas jomā integrētā caur cilvēciskā faktora prizmu. [57]

Metode paredz vairākus soļus, kas ir veicami riska identificēšanas un novērtēšanas procesā. Pirmkārt tiek uzsvērts, ka veicot riska analīzi un riska novērtējumu kopā ar profilaktiskiem pasākumiem, ir nepieciešams ievērot attiecīgu jomu regulējošo normatīvo aktu prasības (darba aizsardzības jomā, iekārtu ekspluatāciju regulējošie normatīvie akti u.c.). Sākotnēji sprādzienbīstamas vides risku novērtēšanas procesā svarīgs etaps ir datu (informācijas) vākšana par ražotnē (uzņēmumā) esošajām iekārtām un to jaudām, ražošanas vai tehnoloģisko procesu, iesūkšanas sistēmu esamību, kā arī informāciju par visām izejvielām un izmantojamiem materiāliem, kas var veidot sprādzienbīstamo vidi.

Piemērojot šo metodi, tiek pielietoti šādi jēdzieni:

- **apakšējā sprādzienbīstamā robeža** (angļu valodā *Lower Explosive Limit*, LEL), kas paredz pašu zemāku (procentuāli) gāzes vai tvaika koncentrāciju gaisā, kas pie uzliesmojuma avota (piemēram, liesma, siltums) klātesamības var radīt uzliesmojumu (uguni). Šis jēdziens ir identisks zemākās uzliesmošanas robežas jēdzienam (angļu valodā – *Lower Flammable Limit*, LFL), ar kuru apzīmē situācijas, kad gāzes koncentrācija gaisā ir „pārāk liesa”, lai to būtu iespējams sadedzināt. Piemēram, metāna

zemākā uzliesmošanas robeža ir 5 %, kas nozīmē, ja gaisā (atmosfērā) ir mazāk nekā 5 % metāna sprādziens nevar notiks pat pie uzliesmojuma avota esamības;

- **minimālā aizdegšanas temperatūra sprādzienbīstamā vidē**, kas paredz zemāko karstas virsmas temperatūru, kas radīs putekļu mākonī, nevis putekļu slāni, lai aizdedzinātu un izplatītu liesmu;
- **sprādziena indekss (K)**, kas paredz sprādziena īpašības, kas kvantitatīvi mēra laboratorijā, lai noteiktu vielas sprādziena smaguma pakāpi. Sprādziena indekss tiek aprēķināts līdzvērtīgi spiedienam 1 m³ sfērā no kuba likuma [58] (sprādziena indekss = kubiska sakne no apjoma X pie eksplozijas spiediena pieauguma). Ar indeksu ST tiek apzīmēta putekļu sprādziena klase, kas balstās K_{ST} vērtībā sekojoši:
 - ST 0 klase – K_{ST} vienāds ar 0;
 - ST 1 klase – K_{ST} vērtība ir mazāka par 200 bar*m/s;
 - ST 2 klase – K_{ST} vērtība ir 200 - 300 bar*m/s;
 - ST 3 klase – K_{ST} vērtība ir lielāka, nekā 300 bar*m/s,

Savukārt ar indeksu G (K_G) apzīmē gāzes sprādziena klasi, kas iedalās:

- G 0 klase – K_G vērtība ir vienāda ar 0;
 - G 1 klase – K_G vērtība ir mazāka par 500 bar*m/s;
 - G 2 klase – K_G vērtība ir 500 – 1.000 bar*m/s;
 - G 3 klase – K_G vērtība ir lielāka par 1.000 bar*m/s.
- **minimālā aizdegšanas enerģija** (angļu valodā *Minimum Ignition Energy*, MIE) kas nosaka minimālo enerģijas daudzumu kas ir nepieciešams, lai aizdedzinātu degošu tvaiku, gāzu vai putekļu mākonī.

Kad nepieciešamā informācija ir savākta, to ir iespējams apkopot tabulas veida.

Sprādzienbīstamās vides riska analīzes metode ietver sevī 5 atšķirīgus soļus:

1. solis – sprādziena bīstamības identifikācija un sprādzienbīstamas vides rašanās varbūtības izvērtējums;
2. solis – aizdegšanas (uzliesmojuma) bīstamības identifikācija un potenciālo aizdegšanas avotu rašanās varbūtības izvērtējums;
3. solis – iespējamu seku sprādziena gadījumā izvērtējums;
4. solis – riska un paredzētā aizsardzības līmeņa izvērtējums un analīze;
5. solis – pasākumu riska mazināšanai identificēšana.

Minētās metodes ietvaros sprādziena risks tiek novērtēts, izmantojot daļēji kvantitatīvo radītāju metodiku. Analītiski risku novērtēšana var tiks veikta pēc šādas formulas:

$$R = P * C * D, \quad (2.2.)$$

kur ar R apzīmē risku, P ir bīstamības faktoru, t.i., bīstamības esamības faktora varbūtību, C ir kontakta koeficients, proti, varbūtība, ka bīstamību radīs bojājumus (kaitējumu) un ar D apzīmē bojājumu (kaitējuma) faktoru, proti jebkuru kaitējumu, kas var vai varētu rasties uzņēmumam.

1.solis paredz, ka sprādzienbīstamas darba vides rašanās varbūtība tiek vērtēta ar zonu klasifikācijas metodēm saskaņā ar standartiem EN 60079-10-1 un EN 60079-10-2. Sakarība starp bīstamības faktoru P un zonu klasifikāciju var attēlot sekojošā tabulā (sk. 2.7. tabulu):

2.7. tabula

Sakarība starp bīstamības faktoru P un zonu klasifikāciju [56]

| Bīstama zona | Apraksts | P (bīstamības) indekss |
|--|--|------------------------|
| 0. zona (20. zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide veidojas ilgstošā laika periodā vai nepārtraukti vai bieži. | 3 |
| 1. zona (21. zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide var veidoties pie normāliem darba apstākļiem | 2 |
| 2. zona (22.zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide pie normāliem darba apstākļiem neveidojas vai arī veidojas uz īsu laika periodu | 1 |
| NE zona | Zona, kurā sprādzienbīstamā vide neveidojas | 0 |
| <i>Piezīme: 0,1,2 zonas attiecās uz gāzes un tvaiku sprādzienbīstamo vidi, savukārt 20, 21, 22 uz putekļu sprādzienbīstamo vidi.</i> | | |

2.solis paredz, ka katrā bīstamā zonā jānosaka iespējamie uzliesmojuma (aizdeģšanas) avoti. Šajā posmā jāizvērtē visu aizdeģšanas (uzliesmojuma) avotu nozīmi, saskaroties ar sprādzienbīstamo vidi. Aizdeģšanās efektivitāte jānovērtē kopsakarā ar visām uzliesmojošo vielu īpašībām, proti, kopsakarā ar vielu minimālo aizdeģšanas temperatūru sprādzienbīstamā vidē vērtējot minimālo aizdeģšanas temperatūru putekļu kārtai vai gāzes mākonim. Šī soļa mērķis ir radīt pilnīgu sarakstu ar efektīviem aizdeģšanas avotiem, kas atrodas katrā bīstamajā zonā. Pēc tam, potenciālo aizdeģšanas avotu rašanos jānovērtē ievērojot arī tādus apstākļus, kas var rasties, piemēram, veicot aprīkojuma apkopi vai tīrīšanu.

Iespējamie aizdegšanas avoti, kas jāņem vērā veicot riska novērtēšanu, ir šādi:

- karstas virsmas;
- liesma un karstās gāzes;
- mehāniski radītās dzirksteles;
- elektriskie aparāti;
- klaiņojošas elektriskās straumes, katodu aizsardzība pret koroziju;
- statiskā elektrība;
- zibens;
- radio frekvenču (RF) elektromagnētiskie viļņi no $3 \cdot 10^{11}$ Hz līdz $3 \cdot 10^{15}$ Hz;
- jonizējošais starojums;
- ultraskaņa;
- adiābatiskas kompresijas un šoka viļņi;
- eksotermiskas reakcijas, arī pašuzliesmojoši putekļi.

Sakarību starp *C* faktoru, proti, kontakta koeficientu un efektīvās aizdegšanās avotu var attēlot šādi (sk. 2.8. tabulu):

2.8. tabula

Sakarība starp kontakta koeficientu un efektīvās aizdegšanās avotu [56]

| Klātbūtne | Apraksts | C indekss |
|------------------|--|------------------|
| Vienmēr | Aizdegšanas avoti pastāv pastāvīgi vai bieži | 3 |
| Dažreiz | Aizdegšanas avoti var rasties retos gadījumos | 2 |
| Reti | Aizdegšanas avoti var rasties ļoti retos gadījumos | 1 |
| Nekad | Aizdegšanas avoti nevar rasties | 0 |

3.soļa ietvaros tiek novērtētas iespējamā sprādziena sekas. Novērtējot iespējamā sprādziena sekas ir jāņem vērā:

- liesmas un degošas gāzes;
- siltuma starojumu;
- spiediena viļņus;
- lidojošas atlūzas;
- bīstamo materiālu noplūdes.

Savukārt iepriekš minētās sekas ir saistītas ar:

- uzliesmojošo vielu ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām;

- vielu daudzuma un noturības sprādzienbīstamā vidē;
- apkārtnes ģeometriju, ievērojot šķēršļus;
- korpusa un nesošo konstrukciju noturību;
- aizsardzības parīkojuma nolietojumu;
- apdraudētu objektu fizikālās īpašības.

Sakarību starp D – kaitējuma faktoru un parlamentiem, kas izmantojami tā noteikšanai var izteikt šādā tabulā (sk. 2.9. tabulu):

2.9. tabula

Sakarība starp kaitējuma faktoru un parlamentiem, kas izmantojami tā noteikšanai [56]

| Bīstama zona | Apraksts | P (kaitējuma) indekss |
|--|--|-----------------------|
| 0. zona (20. zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide veidojas ilgstošā laika periodā vai nepārtraukti vai bieži. | 3 |
| 1. zona (21. zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide var veidoties pie normāliem darba apstākļiem | 2 |
| 2. zona (22. zona) | Zona, kurā sprādzienbīstamā gāzes (putekļu) vide pie normāliem darba apstākļiem neveidojas vai arī veidojas uz īsu laika periodu | 1 |
| NE zona | Zona, kurā sprādzienbīstamā vide neveidojas | 0 |
| <i>Piezīme: 0,1,2 zonas attiecās uz gāzes un tvaiku sprādzienbīstamo vidi, savukārt 20, 21, 22 uz putekļu sprādzienbīstamo vidi.</i> | | |

D indekss tiek noteikts atbilstoši zemāk minētajā tabulā (sk. 2.10. tabulu) noteiktiem parametriem (D'):

2.10. tabula

D indeksa noteikšana [56]

| Parametri | Indekss | | |
|---|---|--|--------------------------------------|
| | 0,00 | 0,25 | 0,50 |
| Darbinieku klātbūtne (W_p) | Nekad | Gadījuma rakstura | Nepārtraukti |
| Putekļu sprādziena indekss (K_{ST}) | $\leq 200 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ | $200 < K_{ST} \leq 300 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ | $> 300 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ |

D indeksa noteikšana [56]

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|
| Gāzes sprādziena indekss (K_G) | $\leq 500 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ | $500 < K_G \leq 1.000$ $\text{bar} \cdot \text{m/s}$ | $> 1.000 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ |
| Mākoņa tilpums (V_Z) | $< 10 \text{ dm}^3$ | $10 < V_Z \leq 100$ dm^3 | $\geq 100 \text{ dm}^3$ |
| Putekļu kārtas dziļums (L_d) | $\leq 5 \text{ mm}$ | $5 < L_d \leq 50 \text{ mm}$ | $\geq 50 \text{ mm}$ |
| Mākoņa ierobežošana (C_c) | Nav ierobežots | Daļēji ierobežots | Pilnīgi ierobežots |

atbilstoši šādai formulai:

○ Putekļiem: $D' = D + W_p + K_{ST} + V_Z + L_d + C_c$ (2.3.)

○ Gāzei: $D' = D + W_p + K_G + V_Z + L_d + C_c$ (2.4.)

4.soļa ietvaros, līdzīgi kā 2.11.tabulā, zemāk norādītie risku indeksi ļauj noteikt iespējama sprādziena sekas kopā ar produktu $P * C * D'$ (sk. 2.11. tabulu):

2.11. tabula

Iespējama sprādziena sekas kopā ar produktu [56]

| Parametri | Indekss | | |
|---|---|--|--|
| | 0 | 1 | 2 |
| Darbinieku klātbūtne (W_p) | Nekad | Gadījuma rakstura | Nepārtraukti |
| Putekļu sprādziena indekss (K_{ST}) | $\leq 200 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ | $200 < K_{ST} \leq 300$ $\text{bar} \cdot \text{m/s}$ | $> 300 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ |
| Gāzes sprādziena indekss (K_G) | $\leq 500 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ | $500 < K_G \leq 1.000$ $\text{bar} \cdot \text{m/s}$ | $> 1.000 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ |
| Mākoņa tilpums (V_Z) | $< 10 \text{ dm}^3$ | $10 < V_Z \leq 100$ dm^3 | $\geq 100 \text{ dm}^3$ |
| Putekļu kārtas dziļums (L_d) | $\leq 5 \text{ mm}$ | $5 < L_d \leq 50 \text{ mm}$ | $\geq 50 \text{ mm}$ |
| Mākoņa ierobežošana (C_c) | Nav ierobežots | Daļēji ierobežots | Pilnīgi ierobežots |

Gala rezultātā sprādziena bīstamības risks R tiek noteikts sekojoši:

○ putekļiem: $R = (P * R * D') + W_p + K_{ST} + V_Z + L_d + C_c$ (2.5.)

○ gāzēm: $R = (P * R * D') + D + W_p + K_G + V_Z + L_d + C_c$ (2.6.)

Risku līmeņu klasifikācija tiek noteikta pamatojoties uz riskiem R, kas noteikti pēc augstākminētajām formulām.

Pēc aprēķina veikšanas, riski tiek iedalīti bīstamības klasēs, kā tas attēlots 2.12. tabulā.

Risku iedalījums [56]

| Riska vērtība R | Risks | Apraksts | Pasākumi |
|----------------------|--------|--|--|
| $R \geq 18$ | Augsts | Sprādzienbīstamas vides varbūtība ir augsta, ir efektīvi aizdegšanās avoti, kuru iedarbības līmenis ir augsts, kas var radīt ievērojamu kaitējumu cilvēkiem un īpašumam. Sprādziena izplatīšanās varbūtība ir uzskatāma par būtisku. | Apzināt un īstenot tūlītējus un neatliekamus pasākumus, lai novērstu un kontrolētu risku. Novērtējums jāatkārto vēlāk. |
| $9 \leq R < 18$ | Vidējs | Sprādzienbīstamas vides varbūtība ir ierobežota un var pastāvēt efektīvi aizdegšanas avoti. Sprādziena gadījumā sprādziena līmenis ir mērens, kas var radīt mērenu kaitējumu cilvēkiem un īpašumam. Sprādziena izplatīšanās ir uzskatāma par ierobežotu. | Sprādzienbīstamība uzskatāma par ievērojamu, tādējādi nepieciešams ieviest pasākumus aizsardzības uzlabošanai un riska mazināšanai. Atbilstības uzturēšana gulstas uz darba devēju un atbildīgo personu. |
| $1 \leq R < 9$ | Zems | Sprādzienbīstamas vide var pastāvēt, efektīvu aizdegšanās avotu varbūtība ir ļoti ierobežota. Iedarbības līmenis ir zems, tādējādi ir ierobežots kaitējums cilvēkiem un īpašumam. Sprādziena izplatīšanās ir uzskatāma par ļoti ierobežotu. | Jāizskata praktiskās iespējas riska mazināšanas pasākumiem. |
| Niecīgs (nenozīmīgs) | | Sprādzienbīstamās vides klātbūtne ir gandrīz neiespējama vai arī faktiski nepastāv aizdegšanās avoti. Iedarbības līmenis ir niecīgs, tāpēc nav zaudējumu personām vai īpašumam. Sprādziena izplatīšanās ir uzskatāma par niecīgu (nenozīmīgu) | Turpmāka rīcība nav nepieciešama. |

5.solis ietver sevī pasākumus riska mazināšanai identificēšanai. Katrā konkrētā situācijā, konstatējot sprādzienbīstamo vidi un efektīvus aizdegšanās avotus, nepieciešams nekavējoties ievērojot risku mazināšanas pamatprincipus:

- veikt preventīvos pasākumus – novērst vai samazināt sprādzienbīstamo vidi. Šo mērķi galvenokārt var sasniegt, modificējot vai samazinot degošo vielu koncentrāciju līdz tādai vērtībai, kas ir zem sprādziena diapazona vai samazinot skābekļa koncentrāciju līdz zemākajai pieļaujamai skābekļa koncentrācijai. Papildus jāizvairās no iespējamiem efektīviem aizdegšanās avotiem.

- veikt aizsardzības pasākumus – apturēt sprādzienu un/vai ierobežojot diapazonu pietiekamā līmenī, izmantojot tādas aizsardzības metodes kā izolācija, ventilācija, apspiešana un ierobežošana; atšķirībā no diviem iepriekš aprakstītiem pasākumiem, šeit ir akceptēta sprādzienbīstamas vides rašanās.

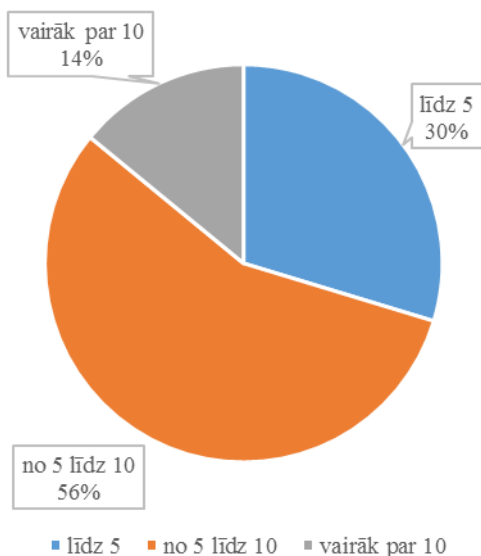
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Darba aizsardzības speciālistu aptaujas rezultāti

Veicot pētījumu par sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanu, tika veikta darba aizsardzības speciālistu aptauja. Aptauja tika izveidota, lai uzzinātu un apkopotu darba aizsardzības speciālistu uzskatus un domas par sprādzienbīstamas darba vides riska novērtēšanu. Aptaujā piedalījās 64 respondenti. Aptaujas anketas veidlapa ir pievienota pielikumā (skatīt 1. pielikumu).

Aptaujas rezultāti uzrādīja, ka lielākā daļa, vairāk par pusi, no aptaujātajiem darba aizsardzības speciālistiem šajā nozarē strādā no 5 līdz 10 gadiem.

Aptaujāto respondentu darba pieredze



3.1. att. Aptaujāto respondentu darba pieredze

Atbildot uz jautājumu, vai darba pieredzē ir nācies saskarties ar darba vides riska novērtējumu sprādzienbīstamā vidē 35 no aptaujātajiem respondentiem atbildēja apstiprinoši un 29 noliedzoši, bet daudziem no tiem gan tie kas atbildēja apstiprinoši, gan noliedzoši sniedza līdzīgus komentārus, ka nav bijusi īstas pārlicības par sprādzienbīstamību darba vidi.

Attiecībā uz grūtībām ar kādām nācies saskarties, veicot sprādzienbīstamas darba vides riska novērtējumu, lielākā daļa no aptaujātajiem (35 aptaujātie) norādīta uz vienotās metodes sprādzienbīstamā zonējuma aprēķina metodes neesamību. 20 no aptaujātajiem norādīja, ka grūtības sagādāja tieši noteiktās metodoloģijas neesamība, pēc kuras novērtēt sprādzienbīstamu darba vidi. Savukārt 9 no aptaujātajiem norādīja uz citu iemeslu. Minētie dati rada pamatu secināt, ka vienotās metodoloģijas neesamība sprādzienbīstamā zonējuma aprēķinam un sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai rada vislielākās grūtības

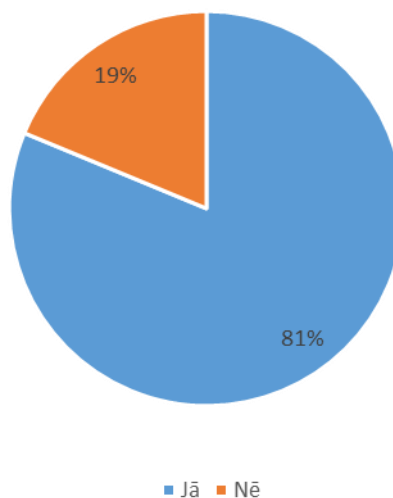
sprādzienbīstamās darba vides riska novērtēšanas procesā. Turklāt jāatzīmē, ka daudzi no aptaujātajiem komentāros minēja, ka, veicot sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējumu, saskārās ar visām atbilžu variantos uzskaitītajām grūtībām.



3.2. att. Grūtības sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanā

Uz jautājumu vai ir nepieciešama vienota sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas metode, 52 no aptaujātajiem respondentiem norādīja, ka nepieciešama vienota sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas metode, bet 12 respondenti, kas uzskatāms par salīdzinoši lielu daudzumu uzskata, ka vienota sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas metode nav nepieciešama. Minēto argumentu respondenti pamatoja ar pieņēmumu, ka pēc vienotas metodes nav iespējams kvalitatīvi veikt šo risku novērtējumu un katrai sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanai nepieciešama individuāla pieeja. Autors daļēji piekrīt šim apgalvojumam, jo situācijas, kurās nepieciešams veikt riska novērtēšanu, var būt kardināli dažādas, tomēr, kvalitatīvi izstrādāta metodoloģija, kas vērsta tieši uz sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanu ļaus izvairīties no subjektīvas, līdz ar to ne vienmēr korektas pieejas riska novērtēšanas procesam.

Vai nepieciešama vienota sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas metodoloģija



3.3. att. Vienotas metodoloģijas nepieciešamība

Pēc veiktās darba aizsardzības speciālistu aptaujas tika apkopoti dati, kuri uzrādīja, ka vismaz puse no aptaujātajiem darba aizsardzības speciālistiem, ir saskārušies ar sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanu. Daudziem no aptaujātajiem darba aizsardzības speciālistiem ar ievērojamu darba stāžu šajā profesijā ir bijušas problēmas noteikt vai pastāv sprādzienbīstama darba vide. Tas pierāda, ka darba aizsardzības speciālistiem, pat ar ievērojamu darba stāžu un pieredzi ir grūtības veikt sprādzienbīstamas darba vides riska novērtēšanu. Šiem darba aizsardzības speciālistiem nav bijusi pārliecība, ka darba vide tik tiešām ir sprādzienbīstama. Ja tiek konstatēts, ka darba vide ir sprādzienbīstama, tad grūtības sastāda pats sprādzienbīstamas darba vides riska novērtējums, jo nav piemērotas novērtēšanas metodoloģijas.

3.2. Darba vides risku novērtēšanas rezultāti

3.2.1. Somijas 5 baļļu metode

Veicot sprādzienbīstamās darba vides risku analīzi gāzes (propāns - butāns) balonu konteineru novietnē ar Somijas 5 baļļu metodi, tika ņemti vērā riska novērtēšanā sekojoši kritēriji:

- konstruktīvie pasākumi: darba vieta izvietota ārpus telpām. Konteineri ir veidoti no degtnespējīga materiāla un ir labi ventilējami. Riska iespējamība tiek pieņemta, kā “Neiespējams” un riska sekas kā “Bīstamas”, attiecīgi tiek noteikta 2. riska pakāpe jeb pieņemams risks, kā rezultātā speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu.

- gaisa mērīšana un kontrole: ņemot vērā, ka darba vieta atrodas ārpus telpām, tad gaisa kontrole šeit ir neefektīva. Gaisa mērīšanas ierīces nesniegs nepieciešamo efektu. Šajā darba iecirknī pastāv laba dabīgā vēdināšana ar vēja palīdzību. Riska iespējamība tiek pieņemta, kā “Neiespējams” un riska sekas kā “Bīstamas”, attiecīgi tiek noteikta 2. riska pakāpe jeb pieņemams risks, kā rezultātā speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu.
- sprādzienbīstamo vietu apzīmējumi un paskaidrojumi: apzīmējumi izvietoti pilnā apmērā papildus ar paskaidrojošiem uzrakstiem. Riska iespējamība tiek pieņemta, kā “Neiespējams” un riska sekas kā “Bīstamas”, attiecīgi tiek noteikta 2. riska pakāpe jeb pieņemams risks, kā rezultātā speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu.
- darba iekārtas un instrumenti: šajā darba vietā, nav ierīkots ne apgaismojums, ne piespiedu ventilācija, ne inženiertehniskās sistēmas, un netiek pielietoti darba instrumenti, kas varētu paaugstināt riska līmeni. Riska iespējamība tiek pieņemta, kā “Neiespējams” un riska sekas kā “Bīstamas”, attiecīgi tiek noteikta 2. riska pakāpe jeb pieņemams risks, kā rezultātā speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu.

Ja veic riska novērtējuma apkopojumu, tad var secināt, ka veicot riska novērtējumu ar Somijas 5 baļļu metodi, šajā darba vietā tiek noteikta 2. riska pakāpe jeb pieņemams risks, kā rezultātā speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, tad jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu. Sekas vienmēr tiks noteiktas kā “Bīstamas” vai “Ļoti bīstamas”, jo notiekot sprādzienam, var tikt nodarīts liels kaitējums, kā cilvēkam tā arī materiālajām vērtībām. Mainīsies tikai riska iespējamība. Šajā gadījumā riska novērtēšana bija salīdzinoši vienkārša, jo apskatītajā darba vietā nepastāv apstākļi, kas paaugstinātu riska iespējamības pakāpi.

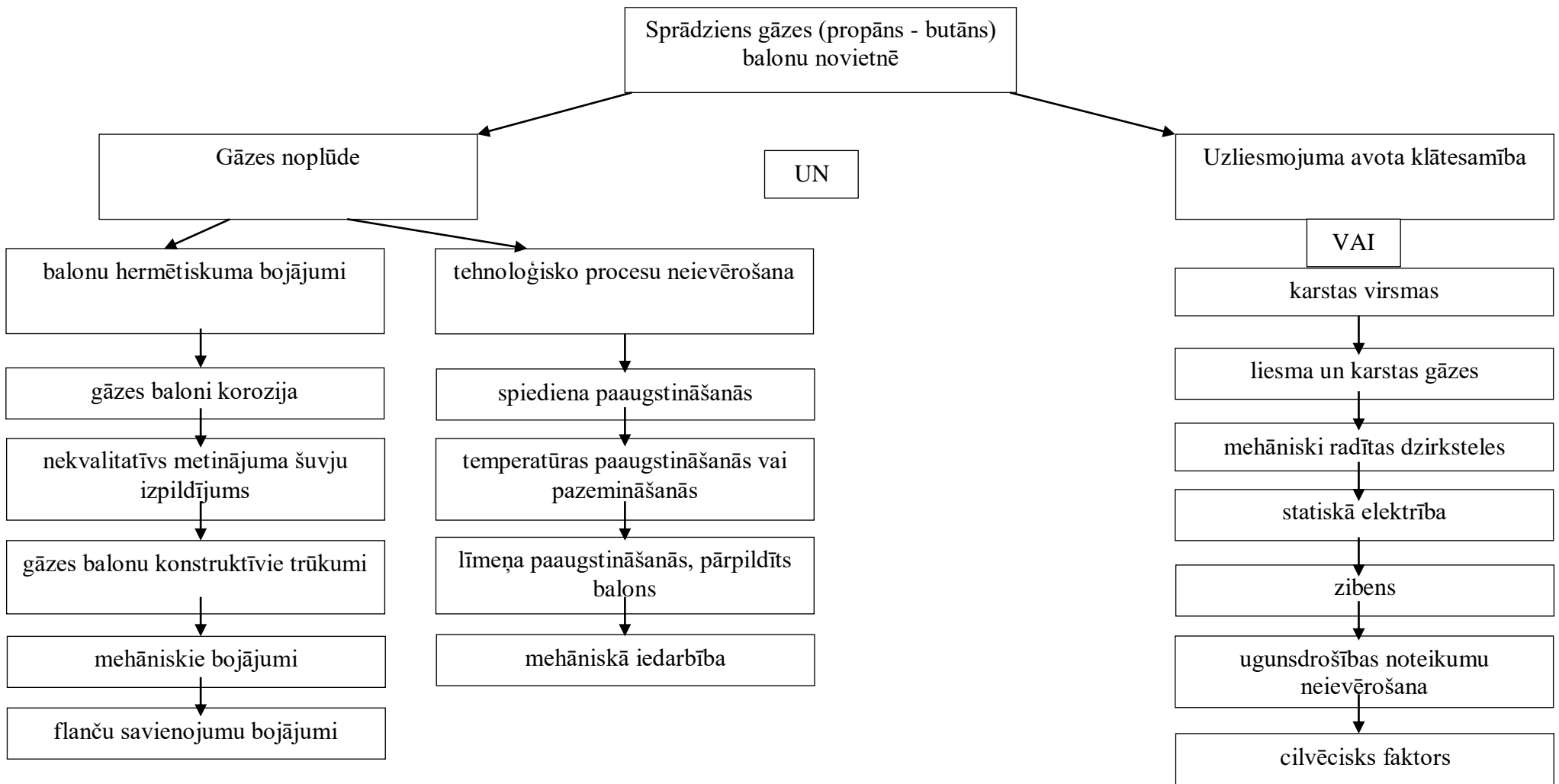
3.2.2. Kļūdu loģiskās analīzes jeb „Kļūdu koka” metode

Izmantojot minēto metodi, sākotnēji tika definēts risku izvērtēšanas apjoms, proti vietas, kur risku izvērtējums ir nepieciešams. Attiecīgi sprādzienbīstamās darba vides analīze tika veikta stikla šķiedras ražošanas uzņēmumā, lokālajā darba vietā: gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē – slēgti konteineri (ārpus telpām).

Sekojošais posms ir identificēt sākuma notikumu. Sprādzienbīstamās darba vides risku izvērtēšanas procesā par sākuma notikumu ir nosakāms sprādziens gāzes balonu novietnē.

Pēc sākuma notikuma identificēšanas ir nepieciešams noteikt visus iespējamus sprādziena iemeslus gāzes balonu novietnē. Lai konkrētajā gadījumā būtu iespējams identificēt visas iespējamās kļūdas ir nepieciešamas papildus zināšanas, gan inženiertehnikas, gan arī ķīmijas un fizikas jomā. Šis apstāklis var ievērojami apgrūtināt minētās metodes izmantošanu potenciāli sprādzienbīstamās vides noteikšanai. Proti, darba aizsardzības speciālists ne vienmēr būs pietiekami kompetents, lai pēc iespējas, maksimāli noteiktu visas potenciālās sistēmas kļūdas un bīstamības avotus, kā rezultātā var tikt palaisti garām svarīgi riska faktori. Tādējādi autors iesaka, izmantojot sprādzienbīstamās vides risku izvērtēšanai Kļūdu loģiskās analīzes metodi, sistēmu (vērtējamas jomas) izvērtēšanas procesā iesaistīt konkrētās jomas profesionāli, kas pārzina pētāmo sistēmu un iespējamās sistēmas kļūdas.

Apkopojot iespējamās kļūdas un ietekmes faktorus gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē kļūdu loģiskās analīzes koku var attēlot shematiski (sk. 3.4. att.). 3.4. attēlā shematiski uzrādīts kļūdu loģiskās analīzes koks veicot risku izvērtējumu gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē. Šeit minētas iespējamās kļūdas, piemēram, gāzes balonu hermētiskie bojājumi, tehnoloģisko procesu neievērošana darba vietā u.t.t. Kā arī 3.4. attēlā noteikti iespējamie enerģijas avoti, piemēram, karstas virsmas, dzirksteles u.t.t., no kuriem pastāvot sprādzienbīstamai videi rezultātā, iespējams sprādziens.



3.4. att. Kļūdu loģiskās analīzes koks veicot risku izvērtējumu gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē

Minētā metode nenodrošina pilnvērtīgu sprādzienbīstamās vides riska analīzi. Ar šīs metodes palīdzību ir iespējams potenciāli noteikt sprādzienbīstamas vides iespējamo rašanos, jau pašā sākumā prognozējot no situācijas, ka sprādziens var notikt. Vide ir uzskatāma par sprādzienbīstamu, ja tajā pastāv, vai var rasties sprādzienbīstama vide, kas rada risku. Attiecīgi vērtējot Kļūdu loģiskās analīzes koku var konstatēt tos gadījumus, kad varbūtēji sprādziens var notikt, proti, var veidoties sprādzienbīstamā vide. Savukārt no Kļūdu loģiskās analīzes koka izriet, ka sprādziens var notikt, vienlaicīgi iestājoties diviem kritērijiem – gāzes noplūdei un uzliesmojuma avota klātesamībai. Analizējot iespējamus riskus un nosakot preventīvus pasākumus, tālāk jāvērtē katrs apakškritērijs, kas var būt par pamatu veidoties sprādzienbīstamai videi.

Metodes pielietošana sprādzienbīstamās vides risku izvērtēšanā darba aizsardzības speciālistam var sagādāt nopietnas grūtības, jo ir nepieciešams, izvērtēt un detalizēti analizēt sistēmas iekšējos procesus un atrast iespējamās sistēmas kļūdas. Ņemot vērā, ka sprādzienbīstamās vides veidošanās risks bieži vien ir saistīts ar sarežģītiem tehnoloģiskiem procesiem, bez papildus resursu iesaistīšanas autors neiesaka sprādzienbīstamās vides risku novērtēšanai izmantot Kļūdu loģiskās analīzes metodi.

3.2.3. Kļūdu iespējamības un seku analīzes metode

Šī riska novērtēšanas metode ir līdzīga iepriekš minētajai Kļūdu loģiskās analīzes riska novērtēšanas metodei, bet salīdzinājumā ar kļūdu loģiskās analīzes metodi, kļūdu iespējamības un seku analīzes metode jeb FMEA (no angļu valodas - *Failure Mode Effects Analysis*, turpmāk arī – FMEA) ir atzīstama par komplicētāku. Pirmkārt, tā paredz, ka riska novērtēšanu veic dažādu speciālistu komanda. Šī maģistra darba ietvaros riska izvērtēšana tika veikta autoram individuāli, tādējādi pielietojot FMEA jau sākotnēji netika veidota komanda, bet risku izvērtēšana ar FMEA metodi veikta, pamatojoties uz autora zināšanām, iepriekšējo pieredzi un specializēto literatūru. Minētais rada pamatu secināt, ka darba aizsardzības speciālisti, pielietojot FMEA metodi sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai, bez speciālām, papildus zināšanām vai papildus detalizētas izpētes veikšanas par izvērtējamo sistēmu vai vielu, var neidentificēt kādu nozīmīgu riska faktoru. Tādējādi veicot riska izvērtēšanu rūpnīcās var ražošanas uzņēmumos, vienmēr jāiesaista konkrēto, pētāmo sistēmu inženieris vai tehniķis, kas spēs izskaidrot visas sistēmas nianses. [42]

Otrais FMEA posms paredz izvērtējama procesa noteikšanu un FMEA jomas identificēšanu. Šī metode tika pielietota stikla šķiedras ražošanas uzņēmumā, kur tika veikta sprādzienbīstamās darba vides riska izvērtēšana lokālai darba vietai - gāzes (propāns-butāns) balonu novietnei nav izstrādātas iekšējās procesu shēmas un cita, specializēta dokumentācija,

kas varētu būt par informācijas avotu, veicot sprādzienbīstamās vides risku izvērtējumu, tika analizēti pieejami dati: gāzes drošības datu lapas, gāzes balonu lietošanas noteikumi, darba drošības noteikumi, kā arī gāzes balonu drošības parametri.

FMEA trešais posms ir līdzīgs kļūdu loģiskās analīzes metodes posmam par iespējamo kļūdu identificēšanu. Atšķirībā no kļūdu loģiskās analīzes metodes, kur visas kļūdas tiek grupētas „kokā”, FMEA paredz, ka kļūdas tiek grupētas atsevišķā tabulā vai veidlapā, vienlaikus novērtējot arī kļūdu iemeslus.

Katrai kļūdai ir jānosaka iespējamās sekas, to rašanās varbūtību kas arī tiek attēloti iepriekš izveidotā tabulā. Apkopojot minētos datus, tiek noteikta riska pakāpe. Konkrētajā gadījumā riska izvērtējums tiek attēlots tabulas veidā (sk. 3.1. tabulu).

3.1. tabula

Riska izvērtējums

| Kļūda | Iemesli | Sekas | Smaguma pakāpe (P) | Varbūtība (Q) | Riska pakāpe |
|---------------------|--|---------------|--------------------|---------------|--------------|
| gāzes noplūde | balonu hermētiskuma bojājumi: | | | | |
| | gāzes balona korozija | gāzes noplūde | III | D | VR |
| | nekvalitatīvs metinājuma šuvju izpildījums | gāzes noplūde | III | D | VR |
| | gāzes balonu konstruktīvie trūkumi | gāzes noplūde | III | D | VR |
| | mehāniskie bojājumi | gāzes noplūde | III | E | MR |
| | flanču savienojumu bojājumi | gāzes noplūde | III | E | MR |
| | tehnoloģisko procesu neievērošana: | | | | |
| | spiediena paaugstināšanās | gāzes noplūde | III | E | MR |
| | temperatūras paaugstināšanās vai pazemināšanās | gāzes noplūde | III | D | VR |
| | līmeņa paaugstināšanās, pārpildīts balons | gāzes noplūde | III | D | VR |
| mehāniskā iedarbība | gāzes noplūde | III | D | VR | |

Riska izvērtējums

| | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|---|-----|---|----|
| uzliesmojuma avota klātbūtne | karstas virsmas | Pie apstākļa, ka veidojas gāzes noplūde, augsta varbūtība, ka notiks sprādziens | III | E | MR |
| | liesma un karstas gāzes | | III | E | MR |
| | mehāniski radītas dzirksteles | | II | E | MR |
| | statiskā elektrība | | II | E | MR |
| | zibens | | III | D | VR |
| | ugunsdrošības noteikumu neievērošana | | III | D | VR |
| | cilvēciskais faktors | | III | D | VR |

Apkopojot iepriekš minēto, kopumā izpētāmā lokālajā darba vietā sprādzienbīstamās darba vides veidošanās risks vērtējams kā mazsvarīgs un vidējs risks, kas paredz, ka nepieciešami riska mazināšanas pasākumi. Bet konkrētajā gadījumā lielāka uzmanība būtu pievēršama cilvēciska faktora ietekmei, izstrādājot un ieviešot instrukcijas un procesu aprakstus, lai darbinieki, kas ikdienā tiek nodarbināti konkrētajā darba vietā, būtu informēti par iespējamiem riskiem un spētu tos, ja tie rodas, laicīgi identificēt un novērst.

3.2.4. Specializētā 5 soļu metode

Analizējot sprādzienbīstamās darba vides veidošanās riskus lokālā darba vietā - gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē ar specializēto 5. soļu metodi autors nonāca pie secinājuma, ka šī metode, no visām iepriekš pieminētām metodēm ir visvairāk piemērota sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai. Kaut arī šīs metodes piemērošana prasa papildus izpēti darbu veikšanu no darba aizsardzības speciālista puses, tomēr šīs metodes praktiskā piemērošana ir vairāk pielāgota mūsdienu normatīvajam regulējumam, jo jau pašā metodē ir iekļaut sprādzienbīstamās vides zonējums, kas turpmāk būs nepieciešams, nosakot nepieciešamos pasākumus un izvērtējot aprīkojuma atbilstību.

Tomēr, šīs metodes sākuma posms paredz noteikt sprādzienbīstamās vides zonējumu. Ņemot vērā, ka aptaujas rezultāti uzrādīja, ka tieši sprādzienbīstamās vides zonējuma noteikšanā darba aizsardzības speciālistiem rodas vislielākās problēmas, šīs metodes pielietošanas praksē sagādās grūtības darba aizsardzības speciālistiem, jo, kā jau minēts iepriekš, Latvijā nav vienotas un obligātas metodoloģijas, kā noteikt sprādzienbīstamo zonējumu. Izvērtējot metodē piedāvāto sprādzienbīstamās darba vides zonu noteikšanas metodiku kopsakarā ar faktiskajiem apstākļiem lokālajā darba vietā: gāzes (propāns - butāns) balonu novietnē ir secināms, ka konkrētā darba vieta atbilst 2. zonas parametriem, proti tā ir vieta, kurā sprādzienbīstamā gāzes vide pie normāliem darba apstākļiem neveidojas vai arī veidojas uz īsu laika periodu. Attiecīgi bīstamības faktora *P* lielums ir vienāds ar 1.

Otrais solis paredz, kā ir jānovērtē visi potenciālie aizdegšanās avoti, kopsakarā ar vielu īpašībām, konkrētajā gadījumā, kopsakarā ar propāna - butāna, ar kuru pildīti gāzes baloni, īpašībām. Šajā posmā svarīgi ņemt vērā, ka gāzes balonu novietne izvietota ārpus telpām slēgtajos konteineros, uzņēmuma teritorijā. Konteineri ir veidoti no degtnespējīga (ugunsreakcijas klase A1) materiāla un ir labi vādināmi, lai gāzu noplūdes gadījumā novērstu sprādzienbīstamas koncentrācijas veidošanos. Savukārt iespējamie aizdegšanas avoti ir karstas virsmas, liesma un karstās gāzes, mehāniski radītās dzirksteles, statiskā elektrība, zibens, ugunsdrošības noteikumu neievērošana un cilvēcisks faktors. Kontakta koeficientu ar efektīvās aizdegšanās avotu C autors novērtē ar 1.

Novērtējot iespējamā sprādziena sekas, jānosaka D , kas tiek aprēķināts atbilstoši noteiktajiem kritērijiem. D vērtība tiek noteikta 1, savukārt D' konkrētajā gadījumā netiek rēķināts, jo konkrētajā darba vietā netiek ražots produkts. Ņemot vērā minētos kritērijus un 2.2. vienādojumā ietverto formulu, tiek iegūts rezultāts 1, kas nozīmē, ka darba vietās pastāv zems risks, proti, sprādzienbīstama vide var pastāvēt, efektīvu aizdegšanās avotu varbūtība ir ļoti ierobežota. Iedarbības līmenis ir zems, tādējādi ir ierobežots kaitējums cilvēkiem un īpašumam.

Apkopojot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas rezultātus kopsakarā ar aptaujas rezultātiem, jānonāk pie secinājuma, ka visām iepriekš minētajām darba vides riska novērtēšanas metodēm ir noteiktas nepilnības, kas gan sagādā grūtības darba aizsardzības speciālistiem riska novērtēšanas procesā kopumā, gan arī gala rezultātā var novest pie subjektīva un nepilnīga sprādzienbīstamās darba vides riska novērtējuma.

4. METODOLOĢIJAS SOĻI SPRĀDZIENBĪSTAMAS DARBA VIDES IZVĒRTĒŠANAI

Pēc veiktās sprādzienbīstamās darba vides risku izvērtēšanas pēc specializētajā literatūrā identificētiem vispārīgām darba vides riska novērtēšanas metodēm autors nonāca pie secinājuma, ka nav vienotās un izprotamas tieši sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas metodoloģijas. Katrai šī maģistra darba iepriekšējā nodaļā iztirzātajai darba vides risku novērtēšanas metodei ir gan savi plusi, kas palīdz nonākt pie objektīva un pilnīga rezultāta, gan arī mīnusi, kas var sagādāt papildus grūtības darba aizsardzības speciālistiem, veicot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanu. Ņemot vērā minēto, autors nonāca pie secinājuma, ka ir nepieciešama specializēta metodoloģija sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai.

Šīs nodaļas ietvaros tiek piedāvāta autora izstrādāta metodoloģija sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai. Metodoloģija izstrādāta, pamatojoties uz informāciju par sprādziena dabu un iespējamiem tā rašanās un izplatīšanās iemesliem. Izstrādājot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas metodoloģiju, vērā tika ņemti specializētā literatūrā norādītie kritēriji, kas jāņem vērā, novērtējot sprādzienbīstamu darba vidi, kā arī darba vides novērtēšanas vispārējie teorētiskie aspekti, pielāgojot tos sprādzienbīstamas darba vides noteikšanai. Turpmāk šajā nodaļā tiks atspoguļota autora izstrādāta metodoloģija, norādot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas soļus.

Lai veiktu sprādzienbīstamas darba vides risku vērtēšanu, nepieciešams noteikt vai tik tiešām šajā darba vidē pastāv sprādzienbīstamība. Tieši tāpēc sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanu nepieciešams iedalīt divos posmos.

Pirmajā posmā nepieciešams noteikt vai darba vidē pastāv sprādzienbīstamība. Pēc veiktās darba aizsardzības speciālistu aptaujas autors nonāca pie secinājuma, ka lielai daļai no darba aizsardzības speciālistiem pastāv grūtības tieši šajā posmā. Darba aizsardzības speciālisti nespēj konkrēti noteikt, vai darba vide, kas tiem ir jānovērtē, ir sprādzienbīstama. Šajā darba procesā nepieciešams ieguldīt lielu pētniecisko darbu. Sākotnēji ir nepieciešams skaidri definēt darba vides riska novērtēšanas apjomus un platības, proti vietu, kurā tiks vērtēts sprādzienbīstamās darba vides riski. [55] Sekojoši ir jāidentificē un jādefinē visas iespējamās ķīmiskās vielas, to ķīmiskās un fizikālās īpašības, īpašu uzmanību pievēršot vielu uzliesmojamībai. Veicot konkrētu ķīmisko vielu fizikāli - ķīmisko īpašību izvērtējumu saistībā ar darba vidē notiekošiem tehnoloģiskajiem procesiem, iespējams noteikt vai darba vidē var rasties sprādzienbīstamas koncentrācijas. [13]

Lai noteiktu vai pastāv sprādzienbīstama darba vide, nepieciešams veikt padziļinātu pētījumu attiecībā uz pētāmo darba vietu (tehnoloģisko procesu) un ķīmiskām vielām, kas tiek

izmantotas šī tehnoloģiskā procesa laikā. [59] Tātad pirmo sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas posmu varam iedalīt:

- 1) Tehnoloģiskā procesa analīze - datu (informācijas) vākšana par ražotnē (uzņēmumā) esošajām iekārtām un to jaudām, ražošanas vai tehnoloģisko procesu, ventilācijas sistēmu esamību, u.c.;
- 2) Ķīmisko vielu un produktu analīze – informācijas vākšana par visām izejvielām un izmantojamiem materiāliem, kas var veidot sprādzienbīstamu vidi.

Otrajā posmā jāveic sprādzienbīstamās darba vides iespējamo risku analīze, ne tikai normālos darba apstākļos (normālas ekspluatācijas gadījumā), bet:

- darbu uzsākot,
- darbu beidzot,
- veicot tehnoloģisko iekārtu apkopes vai tīrīšanas darbus,
- veicot testus un citas darbības,
- iespējamās avārijas gadījumos. [60]

Šajā posmā jāidentificē visi iespējamie aizdegšanas avoti, tādi kā karstas virsmas, liesma un karstas gāzes, mehāniski radītas dzirksteles, elektriskie aparāti, klaiņojošas elektriskās straumes, statiskā elektrība, zibens, radio frekvenču (RF) elektromagnētiskie viļņi no $3 \cdot 10^{11}$ Hz līdz $3 \cdot 10^{15}$ Hz, jonizējošais starojums, ultraskaņa, adiābatiskas kompresijas un šoka viļņi, eksotermiskas reakcijas, arī pašuzliesmojoši putekļi, kā arī citi iespējamie apstākļi, atkarībā no konkrētā gadījuma.

Balstoties uz otrajā posmā veikto analīzi, jānosaka sprādzienbīstamās darba vides riski. Tai skaitā nepieciešams noteikt sprādzienbīstamās zonas. Zinot sprādzienbīstamās zonas, jānosaka tehniska rakstura pasākumi:

- konstruktīvie pasākumi;
- mērīšana un kontrole;
- sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi;
- iekārtas un instrumenti.

Izņemot tehniska rakstura pasākumus, nepieciešams arī noteikt organizatoriskos pasākumus:

- praktiskās nodarbības rīcībai avārijas gadījumos;
- pilnvaras un pienākumi;
- darba atļaujas, norīkojumi;
- uzturēšana un inspekcija.

Veicot sprādzienbīstamas darba vides analīzi konstatētos riskus nepieciešams fiksēt rakstiskā veidā. [56] Attiecīgi pēc veiktā pirmā posmā, kad ir noskaidrots, ka darba vidē pastāv

sprādzienbīstamība, autors otro posmu (sprādzienbīstamas darba vides riska analīzi) piedāvā attēlot tabulas veidā (sk. 4.1. tabulu).

4.1. tabula

Riska pakāpju raksturojums

| Riska pakāpe | Nozīme |
|---------------------|--|
| Augsta riska pakāpe | Nekavējoties jāveic pasākumi riska samazināšanai vai novēršanai. Ja risku nav iespējams mazināt vai novērst, tad darbs bīstamajā zonā, telpā vai darba vietā aizliegts. |
| Vidēja riska pakāpe | Nepieciešami pasākumi riska mazināšanai. Tie jāveic, ņemot vērā iespējamā kaitējuma sekas, ekonomiskos apsvērumus un nodarbināto skaitu. Ja risku nav iespējams samazināt vai novērst, tad darbu iespējams turpināt, papildus nosakot prasības, lai nepaaugstinātu riska pakāpi. |
| Zema riska pakāpe | Speciāli pasākumi riska samazināšanai nav nepieciešami. Risks tomēr ir jākontrolē. Ja nepieciešami pasākumi, jāizvērtē, kādi tie būtu veicami ar minimālu līdzekļu ieguldījumu. |

4.1. Sprādzienbīstamas darba vides noteikšana

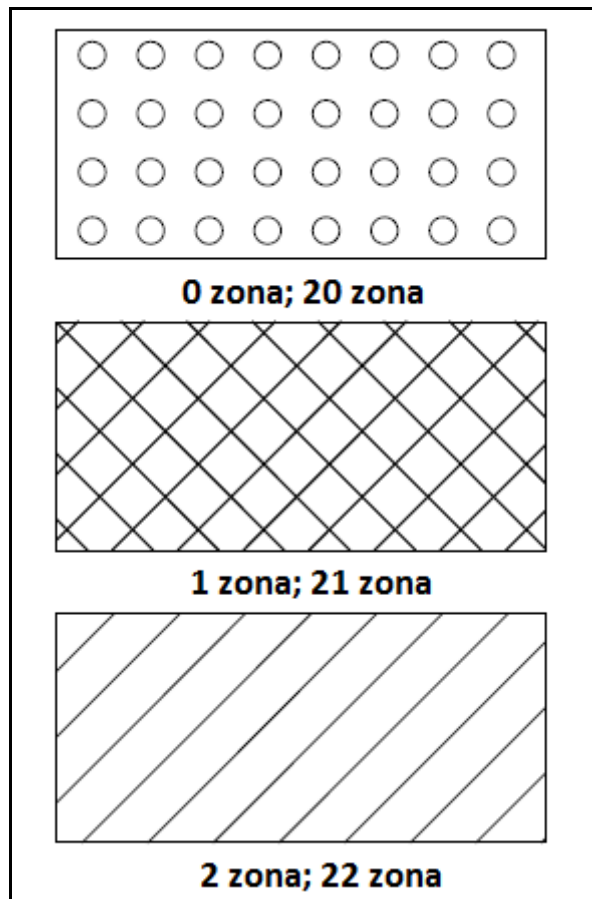
Sprādziens var notikt tad, ja tehnoloģiskā procesa laikā rodas vai tiek izmantotas gāzes, tvaiki, migla vai putekļi, kuru maisījumos ar gaisu normālos atmosfēras apstākļos pēc uzliesmojuma uguns izplatās visā maisījuma tilpumā. [30] Šīs vielas tehnoloģiskā procesa laikā var rasties kā atkritumi, starpprodukts vai galaprodukts. Pirmkārt, nepieciešams saprast kādas vielas tiek izmantotas dotajā darba vidē. Ir gadījumi, kad tehnoloģiskā procesa laikā tiek izmantotas neitrālas vielas, kas katra atsevišķi nerada sprādziena draudus. Savukārt nokļūstot šīm vielām savstarpējā saskarē, rodas ķīmiska veida reakcija, kā rezultātā šo vielu maisījums kļūst par sprādzienbīstamu. Tāpēc nepieciešams veikt padziļinātu pētījumu par darba vidē izmantojamajām ķīmiskajām vielām. [61] Ne vienmēr ķīmiskā viela būs sprādzienbīstama. Bieži vien ķīmiskās vielas nav sprādzienbīstamas, bet sprādzienbīstami ir to tvaiki, izgarojumi u.t.t. Tieši tāpēc uzmanība jāpievērš vielu agregātstāvokļa ķīmiskajām īpašībām. Katrā potenciāli bīstamā vietā jānosaka pēc iespējas visi iespējamie uzliesmojuma vai aizdegšanās avoti. Šajā posmā jāizvērtē visu aizdegšanās (uzliesmojuma) avotu nozīme, saskaroties ar sprādzienbīstamo vidi. Jānovērtē aizdegšanās efektivitāte kopsakarā ar visām uzliesmojošo vielu īpašībām, proti, kopsakarā ar vielu minimālo aizdegšanās temperatūru sprādzienbīstamā vidē vērtējot minimālo aizdegšanās temperatūru putekļu kārtai vai gāzes mākonim. Šī posma mērķis ir radīt pilnīgu sarakstu ar efektīviem aizdegšanās avotiem, kas atrodas katrā bīstamajā zonā.

Ja tiek noskaidrots, ka darba vidē tiek izmantotas sprādzienbīstamas ķīmiskas vielas, tad nepieciešams noskaidrot, vai tehnoloģiskā procesa laikā caur atverēm un nepietiekami blīviem

savienojumiem darba aprīkojumā, telpā, darba vietā normālos darba apstākļos ir iespējamas šo vielu noplūdes. Attiecīgi, ja ir iespējamas šo vielu noplūdes, tad nepieciešams noskaidrot, vai šo vielu izkļiede gaisā var veidot sprādzienbīstamu maisījumu ar gaisu. Tādējādi ir svarīgi noskaidrot uzliesmojošas vielas un gaisa maisījuma raksturlielumus. Minētie raksturlielumi sniedz informāciju par vielas uzvedību degšanas procesā un norāda, vai konkrētā viela var būt par pamatu sprādzienam. Lai konstatētu, vai konkrētā viela var būt par pamatu sprādzienam, jāņem vērā, konkrētās vielas uzliesmojuma temperatūru, vielas zemāko un augstāko uzliesmojuma robežu un galējā skābekļa koncentrāciju. [20] Ja tiek konstatēts, ka sprādzienbīstama vide var veidoties tādos apjomos, ka jāveic speciāli drošības pasākumi, lai nodrošinātu darbinieku drošību un veselības aizsardzību, tad tā tiek definēta kā sprādzienbīstama vide un pakļautās vietas tiek definētas kā sprādzienbīstamas vietas.

Ja tiek noteikts, ka darba vidē var rasties sprādzienbīstamība, tad nepieciešams noteikt tās biežumu un apjomu. [40] Zinot sprādzienbīstamības veidošanās biežumu un apstākļus, kādos rodas šī sprādzienbīstamība, iespējams noteikt sprādzienbīstamās zonas un to apjomus. Sprādzienbīstamās zonas nosaka atbilstoši Ministru kabineta 2003. gada 10. jūnija noteikumiem Nr. 300 "Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē". Darba vidē nosakot attiecīgo zonu nepieciešams noteikt tās apjomus un izmērus. Sprādzienbīstamo zonu izmērus iespējams noteikt saskaņā ar Latvijas standartiem LVS EN 60079-10-1:2016 "Sprādzienbīstamas vides. 10-1.daļa: Zonu klasifikācija. Sprādzienbīstamu gāzu vides (IEC 60079-10-1:2015 + COR1:2015)" un LVS EN 60079-10-2:2015 "Eksplozīvas atmosfēras. 10-2.daļa: Zonu klasifikācija. Degtspējīgu putekļu atmosfēras (IEC 60079-10-2:2015)". Sprādzienbīstamo zonu izmērus nepieciešams noteikt ļoti precīzi, lai turpmākajā sprādzienbīstamas darba vides risku vērtēšanā pareizi tiktu izvēlēti atbilstoši sprādziendrošības risinājumi. [62]

Saskaņā ar iepriekš minētajiem standartiem tiek pieņemti sekojoši sprādzienbīstamas vides zonu apzīmējumi (sk. 4.1. att.).



4.1. att. Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi [41]

4.2. Sprādzienbīstamas darba vides analīze

Ja pēc pirmā posma (sprādzienbīstamas darba vides noteikšana) tiek noteikts, ka darba vidē var rasties sprādzienbīstamība un zinot sprādzienbīstamās zonas apjomus, jāveic sprādzienbīstamas darba vides analīze, izvērtējot tehniska rakstura pasākumus. Otrais posms, tiek iedalīts, smalkākos (astoņos) posmos.

Konstruktīvie pasākumi (būves vai telpu aizsardzība pret sprādzienu)

Nepieciešams veikt novērtēšanu ēkas vai būves konstruktīvajiem elementiem. Veicot novērtējumu, jāņem vērā, liesmu un degošu gāzu, siltuma starojuma, spiediena viļņu, lidojošu atlūzu un bīstamo materiālu noplūdes ietekme.

Konstruktīvajiem pasākumiem jāatbilst sekojošām prasībām:

- sprādzienbīstamu telpu veido kā ugunsdroši atdalītu telpu;
- sprādzienbīstamu telpu izejas un ieejas uz citām telpām ierīko caur ugunsdrošības priekštelpu un paredz pasākumus, kas ierobežo sprādzienbīstamās vides izplatīšanos būvē;
- veic inženiertīklu ievadu hermetizāciju;
- sprādzienbīstamā telpā izvietotajām stacionārajām iekārtām ir jābūt sprādziendrošā izpildījumā. [63]

Jāveic ēkas vai būves apsekošana un izpēte, lai noskaidrotu vai sprādzienbīstamās telpas ir izvietotas pie būves ārējās norobežojošās konstrukcijas un vai tās nav izvietotas pagrabstāvā, cokolstāvā, kā arī tieši zem telpām, kurās vienlaikus var atrasties vairāk par 50 cilvēkiem. To nepieciešams veikt ar mērķi, lai sprādziena gadījumā maksimāli novērstu radušos zaudējumus un cilvēku upurus.

Sprādzienbīstamas telpas izvietot pie būvēs ārējas konstrukcijas nepieciešams, lai sprādziena gadījumā spiediens maksimāli atbrīvotos virzienā no būves (caur logiem, durvīm, viegli atdalāmām konstrukcijām). [64] Autors uzskata, ka Ministru kabineta 2007. gada 11. decembra noteikumi Nr. 866 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-07 "Būvju ugunsdrošība"" (zaudējis spēku 01.01.2012.) tika izvirzītas precīzas prasības: Sprādzienbīstamās būvēs un telpās spiediena viļņa radīta gaisa spiediena samazināšanai paredz viegli atdalāmus konstruktīvos elementus (piemēram, logus, jumta segumus (ruļļveida vai lokšņu), sprādziena vārstus), ievērojot šādus nosacījumus:

- logu un jumtu konstrukciju nepieciešamo laukumu nosaka, izmantojot aprēķinu, bet tas nedrīkst būt mazāks par $0,05 \text{ m}^2$ uz būves vai telpas būvapjoma 1 m^3 ;
- ja izmanto stikla pakešu logus (ar aizsargplēves pārklājumu vai bez tā), nodrošina viegli atdalāmas logu un rāmju konstrukcijas;
- ja lieto ruļļveida jumta segumu, viegli atdalāmu jumta konstrukciju aprēķina slodze nedrīkst pārsniegt $0,7 \text{ kPa}$ un viena segmenta platība - 180 m^2 . [65]

4.2. tabula

Konstruktīvo pasākumu riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā telpa nav veidota kā ugunsdroši atdalīta telpa. Nav veikta inženiertīklu ievadu hermetizācija. Sprādzienbīstamās telpas nav izvietotas pie būves ārējās norobežojošās konstrukcijas. Sprādzienbīstamās telpas izvietotas pagrabstāvā, cokolstāvā, kā arī tieši zem telpām, kurās vienlaikus var atrasties vairāk par 50 cilvēkiem. Nav paredzēti pasākumi, kas ierobežotu sprādzienbīstamās vides izplatīšanos. |
| Vidēja | Sprādzienbīstamu telpu izejas un ieejas uz citām telpām nav ierīkotas caur ugunsdrošības priekštelpām. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Papildus tam, sprādzienbīstamā darba vidē ierīkoti konstruktīvie risinājumi, kuri sprādziena gadījumā samazina nodarīto materiālo kaitējumu. |

Mērīšana un kontrole (gaisa analizatori)

Dotajā brīdī tehnoloģijas un zinātne ir ļoti strauji attīstījusies, kā rezultātā ir pieejamas jaunākās tehnoloģijas, lai tiktu veikts pilnvērtīgs sprādzienbīstamās darba vides monitorings. Sprādzienbīstamās darba vides monitoringu var veikt ar dažāda tipa gāzes noplūdes detektoru sistēmām. Ministru kabineta 2016. gada 19. aprīļa noteikumos Nr. 238 “Ugunsdrošības noteikumi” ir izvirzītas prasības attiecībā uz gāzes noplūdes signāldevēju izvietojumu. Telpās, kurās var veidoties sprādzienbīstama darba vide, nepieciešams uzstādīt automātiskos gaisa analizatorus, kas brīdinās par sprādzienbīstamu koncentrāciju veidošanos. Šos gaisa analizatorus nepieciešams uzturēt darba kārtībā un ekspluatēt saskaņā ar ražotāja noteiktajām instrukcijām. Gaisa mērīšana un kontrole var notikt stacionāri, aizsargājamās zonās izvietojot stacionārus gāzes noplūdes detektorus (automātiskos gaisa analizatorus). [66] Ja darbus nepieciešams veikt sprādzienbīstamā darba vidē, piemēram, veicot darbus zonā 1 vai zonā 0 pēc sprādzienbīstamo vielu izslēgšanas, papildus kontroli nepieciešams veikt individuāli, izmantojot pārnēsājamus gaisa analizatorus.

4.3. tabula

Mērīšanas un kontroles (gaisa analizatoru) riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē nav izvietoti gāzes noplūdes signāldevēji. Darbinieki, kas veic darbus sprādzienbīstamas darba vides zonā 0 un zonā 1 nav nodrošināti ar individuālajiem gaisa analizatoriem. |
| Vidēja | Sprādzienbīstamā darba vidē daļēji ir izvietoti gāzes noplūdes signāldevēji vai izvietoti pilnā apjomā, bet netiek pilnā apjomā veiktas šo gaisa analizatoru tehniskās apkopes. Ar individuālajiem gaisa analizatoriem, pietiekami bieži netiek veikta gaisa analīze sprādzienbīstamā darba vidē (zona 0 un 1). |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. |

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi, drošības zīmes

Sprādzienbīstamā darba vidē nepieciešams izmantot speciālus sprādzienbīstamības apzīmējumus, lai nodarbinātajiem būtu skaidrs, ka šajā zonā pastāv sprādzienbīstamība. Attiecīgi pēc šo apzīmējumu esamības nodarbinātajam nepieciešams ievērot drošības prasības, kas saistītas ar sprādzienbīstamību.

Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumi Nr. 400 “Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” nosaka darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā. Drošības zīme ir uz konkrētu objektu, darbību vai situāciju attiecināma zīme, signālkrāsojums, kas sniedz drošības informāciju darba vietā. Darba devējs nodrošina ar

drošības zīmēm darba vietas, kurās darba vides risku vai nopietnas un tiešas briesmas nevar novērst vai samazināt ar kolektīvās aizsardzības tehniskajiem līdzekļiem, kā arī darba organizācijā lietotajiem līdzekļiem, metodēm un procedūrām. [67]

4.4. tabula

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumu, drošības zīmju riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē nav izvietoti sprādzienbīstamas darba vides drošības un brīdinājuma apzīmējumi. |
| Vidēja | Apzīmējumi tiek izmantoti, bet tie izvietoti neņemot vērā sprādzienbīstamo zonējumu. Apzīmējumi izbalējuši iespējams pat nesaprotami. Izvietoti neatbilstoša izmēra apzīmējumi |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Apzīmējumi izvietoti pilnā apmērā papildus ar paskaidrojošiem uzrakstiem. |

Iekārtas un instrumenti

Ministru kabineta 2016. gada 19. aprīļa noteikumi Nr. 231 “Sprādzienbīstamā vidē lietojamo iekārtu un aizsargsistēmu noteikumi” nosaka būtiskās drošības prasības iekārtām un aizsargsistēmām, kuras paredzēts lietot sprādzienbīstamā vidē, un šo prasību ievērošanas uzraudzības mehānismu, kā arī kārtību, kādā veicama tirgus uzraudzība. [68]

Jāveic visu tehnoloģisko iekārtu (darba aprīkojuma) auditu, kas atrodas sprādzienbīstamajās zonās. Jāveic šāda aprīkojuma audits:

- apgaismojums;
- ventilācija;
- uguns aizsardzības un vājstrāvas sistēmas;
- instrumentu (darba aprīkojuma), gan elektroinstrumentu, gan mehānisko darba rīku.

Pārbaudes jāveic ar nolūku pārliecināties, ka visas sprādzienbīstamā darba vidē izvietotās inženiertehniskās sistēmas būtu uzstādītas un izmantotas tā, lai nevarētu rasties sprādziens. Tas jāveic, ņemot vērā darba vidē noteiktās sprādzienbīstamās zonas. Katras iekārtas un aizsargsistēmas marķējumam ir jābūt salasāmam un neizdzēšamam. Marķējumā jābūt norādītai vismaz šādai informācijai:

- ražotāja nosaukumam, reģistrētajai preču zīmei un kontaktadresei;
- CE atbilstības marķējumam;
- sērijas vai tipa apzīmējumam;
- sērijas numuram, ja tāds ir;
- izgatavošanas gadam;
- īpašajam sprādziendrošuma marķējumam – Ex marķējums;
- iekārtas grupas un kategorijas simbolam;

- II grupas iekārtām burtam "G", ja sprādzienbīstamu vidi rada gāzes, tvaiki vai migla, un burtam "D", ja sprādzienbīstamu vidi rada putekļi;

- ja nepieciešams, informācijai iekārtas vai aizsargsistēmas drošai lietošanai. [68]

Atkarībā no iekārtu aizsardzības līmeņa paredzētajos lietošanas apstākļos I grupas iekārtas iedala M1 un M2 kategorijā, bet II grupas iekārtas – 1., 2. un 3. kategorijā.

Sprādzienbīstamu gāzu vidē lietoto elektroiekārtu aizsardzībai standartu sērija LVS EN 60079-0 nosaka vispārējās prasības katram aizsardzības veidam:

“o” – iegremdēšana eļļā (LVS EN 60079-6);

“p” – hermetizēti apvalki (LVS EN 60079-2);

“q” – pulvera pildījums (LVS EN 60079-5);

“d” – ugunsdrošs apvalks (LVS EN 60079-1);

“e” – paaugstinātas drošības līmenis (LVS EN 60079-7);

“ia” vai “ib” – iekšējā drošība (LVS EN 60079-11);

“m” – aizsardzība ar apvalku (LVS EN 60079-18);

“t” – aizsardzība ar kameru (LVS EN 60079-31).

Atbilstoši sprādzienbīstamās vides īpašībām, jāizvēlas šādu darba aprīkojumu un aizsargsistēmas:

II A apakšgrupa – ja pēc sprādzienbīstamās vides īpašībām tā pielīdzināma metāna, propāna, benzīna un acetaldehīda radītai;

II B apakšgrupa – ja pēc sprādzienbīstamās vides īpašībām tā pielīdzināma etilēna un dietilētera radītai;

II C apakšgrupa – ja pēc sprādzienbīstamās vides īpašībām tā pielīdzināma ūdeņraža, acetilēna un sēroglekļa radītai;

Atbilstoši uzliesmojošu vielu vai to maisījumu pašuzliesmošanas temperatūrai gaisā izvēlas aprīkojumu un aizsargsistēmas ar:

T1 klasi – uzliesmošanas temperatūra $>450^{\circ}\text{C}$;

T2 klasi – uzliesmošanas temperatūra no 300°C – 450°C ;

T3 klasi – uzliesmošanas temperatūra no 200°C – 300°C ;

T4 klasi – uzliesmošanas temperatūra no 135°C – 200°C ;

T5 klasi – uzliesmošanas temperatūra no 100°C – 135°C ;

T6 klasi – uzliesmošanas temperatūra no 85°C – 100°C .

Kad noteikti tehniska rakstura pasākumi, tad nepieciešams noteikt attiecīgus organizatoriskos pasākumus, kas uzlabotu darba vides drošību un reaģēšanas spējas avārijas situāciju gadījumos.

Iekārtu un instrumentu riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē tiek izmantots un ir uzstādīts darba aprīkojums, apgaismojums, ventilācijas un vājstrāvu inženiertehniskās sistēmas, kas nav paredzētas darbam sprādzienbīstamā vidē. |
| Vidēja | Darba aprīkojumam, apgaismojumam, ventilācijas un vājstrāvu sistēmām konstatēti ārēji defekti, kuri nenodrošina nepieciešamo aizsardzību (piemēram, dehermetizācija, instalācijas defekti u.t.t.). Uzstādīts darba aprīkojums, kas paredzēts darbam sprādzienbīstamā vidē, bet kuram nav apliecināšu dokumentu par to vai atbilstoša marķējuma uz to korpusa. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Aprīkojums ir bez defektiem, ar marķējumu un ražotāja sniegtu dokumentāciju. |

Darba aizsardzības instrukcijas

Lai novērstu nelaimes gadījumus darba, tai skaitā sprādzienus, kam par iemeslu var būt nepietiekamas nodarbināto zināšanas par veicamo darbu, apstākļiem un darba vides riska faktoriem darba vietā, darba devēja pienākums ir nodrošināt nodarbināto apmācību un instruktāžu darba aizsardzības jautājumos. Darba devējam nepieciešams izstrādāt darba aizsardzības instrukcijas, kurās jānorāda uz pasākumiem, kā pareizi bez riska veselībai un dzīvībai veikt attiecīgos darba pienākumus. [56] Nodarbināto instruktāža jāveic, lai informētu viņus par sprādziena risku darba vidē un nepieciešamajiem aizsardzības pasākumiem. Instruktāžas laikā ir precīzi jāizskaidro, kas rada sprādzienbīstamību un kurās darba vietās pastāv sprādzienbīstamības risks. Darba devēja rakstiski sastādītas instrukcijas ir domātas nodarbinātajiem, lai tās tiktu ievērotas, veicot savus darba pienākumus. Darba aizsardzības instrukcijās, kas saistītas ar sprādzienbīstamu darba vidi, jāiekļauj informācija par darba vietās iespējamajiem sprādzieniem, kurās vietās tas ir iespējams, kādu mobilo aprīkojumu atļauts lietot un kādi nepieciešami speciālie individuālie aizsardzības līdzekļi. Darba instrukcijām ir jābūt izstrādātām darbiniekiem saprotamā valodā.

Darba aizsardzības instrukciju riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē nav izstrādātas atbilstošas darba aizsardzības instrukcijas. Nav veikta darbinieku instruktāža darbam sprādzienbīstamā darba vidē. |

Darba aizsardzības instrukciju riska analīze

| | |
|--------|---|
| Vidēja | Ir izstrādātas darba aizsardzības instrukcijas, bet darbinieki nav pienācīgi iepazīstināti ar šīm instrukcijām. Instrukcijas izstrādātas darbiniekiem nesaprotamā valodā. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Darbinieki ir instruēti ar attiecīgajām darba aizsardzības instrukcijām, instruktāža ir notikusi darbiniekiem saprotamā valodā. |

Praktiskās nodarbības rīcībai avārijas gadījumos

Darba devējam nepieciešams izstrādāt rīcības plānu sprādziena gadījumā. Šo rīcības plānu nepieciešams praktiski realizēt veicot darbinieku praktisku apmācību rīcībai šāda veida situācijās, kad notikusi avārija. Nepieciešams ne tikai praktisks rīcības plāns pēc notikuša sprādziena, bet rīcības plāns kā rīkoties, kad tiek konstatēta sprādzienbīstama vide (saņemot signālu no sistēmas, kas kontrolē sprādzienbīstamo koncentrāciju gaisā).

4.7. tabula

Praktisko nodarbību rīcībai avārijas gadījumos riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Augsta | Nav izstrādāts rīcības plāns ārkārtas situācijām un ar darbiniekiem nav veiktas praktiskās nodarbības, realizējot rīcības plānu ārkārtas situācijās. |
| Vidēja | Ir izstrādāts rīcības plāns ārkārtas situācijām. Rīcības plānā ir neatbilstības, attiecīgi nepieciešams veikt rīcības plāna korekcijas. Daļēji veiktas darbinieku praktiskās apmācības vai veiktas, neievērojot periodiskumu. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Darbinieki ir piedalījušies praktiskajās apmācībās. Visiem ir saprotama sava loma ārkārtas situāciju gadījumos. |

Pilnvaras, darba atļaujas, norīkojumi un pienākumi

Darba devējam jānosaka nodarbināto pilnvaras un pienākumi. Pilnvaras jānosaka, lai nodarbinātie pārgalvīgi nepārkāptu savas pilnvaras un attiecīgi tiktu ievērota hierarhija. Lai nodarbinātajam šīs pilnvaras un pienākumi kļūtu saistoši, tās jāatrunā amata aprakstos vai jāizstrādā rīkojumu veidā. Jānodrošina, lai būtu pietiekams skaits nodarbināto, kuriem ir pietiekama pieredze un izglītība darbu veikšanai sprādzienbīstamā darba vidē.

Jāizvērtē, vai ir ieviesta pietiekami stingra darba atļauju un norīkojumu sistēma. Ļoti svarīgi, lai precīzi noteikt ugunsbīstamo darbu veikšanas kārtību. Ugunsbīstamo darbu veikšanas kārtība jāizstrādā ļoti stingra un nelokāma, lai tā netiktu pārkāpta. Bieži vien, tieši ugunsbīstamo darbu laikā rodas avārijas situācijas. Tāpēc sevišķi svarīgi ir, lai šī darba kārtība tiktu precīzi ievērota sprādzienbīstamās darba vidēs. Protams papildus tam ir jānosaka kādam personālam, un pie kādiem apstākļiem ir atļauts atrasties sprādzienbīstamās zonās. Jāievieš

specializēta pielaišanas sistēma norīkojumu veidā, kur darba devējs vai tā pilnvarota persona nodarbināto norīko veikt attiecīgus darbus sprādzienbīstamā vidē. Iepriekš nosakot un īstenojot darbu sagatavošanās pasākumus. Šādi norīkojumi motivē darbinieku būt atbildīgākiem, veicot savus darba pienākumus, jo to paraksta priekšnieks un nodarbinātais, kas tiek norīkots veikt šos darbus. Kad darbi sprādzienbīstamā vidē ir pabeigti, jāveic pārbaude, lai pārliecinātos, ka darba vieta vēl joprojām ir droša, vai atkal ir kļuvusi droša. Jāinformē visas iesaistītās personas, ka darbs ir pabeigts.

4.8. tabula

Pilnvaru, darba atļauju, norīkojumu un pienākumu riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Nav noteiktas darbinieku pilnvaras. Nav ieviesta darba atļauju, norīkojumu sistēma. Viss darba process notiek haotiski bez vadības uzraudzības. Izstrādāta darba atļauju sistēma apdraud darbinieku veselību un dzīvību (piemēram, pie darba tiek pielaists darbinieks bez pietiekošām zināšanām un aprīkojuma). |
| Vidēja | Darba atļauju, norīkojumu sistēma ir izstrādāta, bet praksē netiek pielietota. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Darbinieki ievēro tiem sniegtās pilnvaras. Darba norīkojumu un atļauju sistēma darbojas nevainojami. |

Uzturēšana un inspekcija

Nepieciešams pārliecināties vai ir ieviesta atbilstoša darba kontroles sistēma. Pirms darba aprīkojuma remonta, apkopēm un pārbaudēm jāpārliecinās, ka visas iesaistītās personas ir informētas par notiekošo, kā arī nepieciešams piemērot atļauju (norīkojumu) sistēmu, kas tika minēta iepriekš. Apkopes darbus atļauts veikt tikai īpaši apmācītām personām. Prakse rāda, ka lielākā daļa negadījumu ir saistīti tieši ar apkopes darbiem. Attiecīgi pirms darbu uzsākšanas, darbu laikā un beidzot darbus, jāpārliecinās, ka tiek ievēroti visi nepieciešamie piesardzības pasākumi. Pēc apkopes darbu pabeigšanas, pirms iekārta atkal tiek iedarbināta, jāpārliecinās, ka atjaunoti visi piesardzības pasākumi, kas nepieciešami normālas darbības laikā. Noderīgi ir izstrādāt jautājumu kontroļlapas, kas ļauj pārliecināties, vai visi pasākumi, kas nepieciešami sprādzienbīstamas vides radītā riska novēršanai, ir paveikti. Ar noteiktu laika intervālu nepieciešams veikt sprādzienbīstamas darba vides inspekciju (apgaitu), lai noteiktu vai darba vidē nav nekā mainījies, kas var veidot sprādziena draudus.

Uzturēšanas un inspekcijas riska analīze

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Netiek dokumentēta informācija par veiktajām iekārtu pārbaudēm. Nav veiktas iekārtu un aprīkojuma pārbaudes. |
| Vidēja | Netiek dokumentēta informācija par veiktajām iekārtu un aprīkojuma apkopēm un remontiem. Pie darba tiek pielaisti speciālistu ar lielu darba pieredzi, bet bez izglītību apliecinātiem dokumentiem. Darba aprīkojuma pārbaudes tiek veiktas, neievērojot noteiktu laika intervālu. |
| Zema | Vērtējumā, augsta riska pakāpe un vidēja riska pakāpe, uzskaitītās neatbilstības nav konstatētas. Darbinieki ir pietiekami kvalificēti, lai veiktu atbilstošus, apkopes un remontdarbus. |

4.3. Praktisks piemērs sprādzienbīstamas darba vides izvērtēšanā pēc piedāvātās metodoloģijas soļiem

4.3.1. Sprādzienbīstamas darba vides risku analīze

Sprādzienbīstamas darba vides risku analīze tika veikta stikla šķiedras ražošanas uzņēmumā. Mūsdienās stikla šķiedru izmanto ļoti daudzās nozarēs. Tas ir plaši izmantots materiāls būvniecībā, elektrotehnikā, mašīnbūvē, medicīnas tehnikā, dažādu mājsaimniecībā preču ražošanā u.c. Stikla šķiedras ražošanas procesā tiek izmantotas dažādas ķīmiskās vielas, lai sasniegtu nepieciešamās ražoto preču kvalitātes prasības. Daudzas no šīm ražošanas procesā izmantojamām vielām ir ļoti kaitīgas cilvēka veselībai un dzīvībai. To ķīmiski – fizikālās īpašības darba vidē var radīt sprādzienbīstamību. Stikla šķiedras ražošanas process ir tehnoloģiski sarežģīts, tādēļ veicot praktisko sprādzienbīstamas darba vides risku novērtējumu tika vērtētas atsevišķas lokālas darba vietas. Darba autors, pēc piedāvātās metodoloģijas soļiem, ir veicis uzņēmumā trīs lokālu darba vietu analīzi:

- 1) gāzes (propāns-butāns) balonu novietne – slēgti konteineri (ārpus telpām) (turpmāk – Iecirknis Nr.1);
- 2) ķīmiskās vielas (*Dynasylan 1161*) noliktava (iekštelpas) (turpmāk – Iecirknis Nr.2);
- 3) ražošanas izejvielu sajaukšanas telpa (iekštelpas) (turpmāk – Iecirknis Nr.3).

Sprādzienbīstamās darba vides riska analīze tiek veikta visās iepriekš minētajās darba vietās, jo vielas vai maisījumi, kas tiek izmantoti darba procesā, ir sprādzienbīstami vai izdala gāzes, tvaikus, kas ir sprādzienbīstami.

Saskaņā ar uzņēmuma sniegto informāciju, par aprēķinu izejas datiem, sprādzienbīstamo zonu noteikšanai, darba procesos izmantotām vielām, tiek pieņemts:

1) *Dynasylan 1161*, vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības: Blīvums pie 20 °C ir 0,943 g/cm³; Tvaika spiediens pie 20 °C ir 114 hPa; Uzliesmojuma temperatūra ir 8 °C; Pašuzliesmojuma temperatūra ir 375 °C; zemākā sprādzienbīstamā robežkoncentrācija ir 5,5 % = 0,055 tilp., augstākā sprādzienbīstamā robežkoncentrācija ir 44,0 % = 0,44 tilp.

2) Propāns - butāns, vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības propāns: Molekulmasa ir 44,096 g/mol; Blīvums pie 20 °C ir 1,83 kg/m³; Kušanas temperatūra ir -187,6 °C; Viršanas temperatūra ir -42,09 °C. Vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības butāns: Molekulmasa ir 58,08 g/mol; Blīvums pie 20 °C ir 2,52 kg/m³; Kušanas temperatūra ir -138,3 °C; Viršanas temperatūra ir -0,5 °C.

3) *Siladil 7300*, vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības: Blīvums pie 15 °C ir 1050 kg/m³; Uzliesmojuma temperatūra ir >120 °C; Tvaika spiediens ir < 5 hPa.

4) Etiķskābe 80 % (acetic acid 80 %), vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības: Blīvums pie 20 °C ir 1,05 g/cm³; Tvaika spiediens pie 20 °C ir 1,52 hPa; Kušanas temperatūra ir -7 °C; Viršanas temperatūra ir 118 °C; Uzliesmojuma temperatūra ir 60 °C; Pašuzliesmojuma temperatūra ir 463 °C.

5) Polikatjonesteris – pk, vielas fizikālās un ķīmiskās īpašības: Uzliesmošanas punkts ir >100 °C; neuzliesmojošs.

Sprādzienbīstamas darba vides noteikšana

Ņemot vērā to, ka uzņēmuma teritorijā analizējamajās darba vietās sprādzienbīstamu darba vidi veido gaisa maisījums ar uzliesmojošu vielu gāzes, tvaiku vai miglas veidā, tad sprādzienbīstamas darba vietas jāiedala zonās, pamatojoties uz sprādzienbīstamas vides rašanās biežumu un pastāvēšanas ilgumu. Nosakot iespējamās sprādzienbīstamās zonas, tiek pieņemti normāli tehnoloģiskā procesa darba apstākļi, veicot darba procesā noteiktas darbības vai avārijas attīstības visnelabvēlīgākie varianti (tehnoloģisko procesu, iekārtu darba uzsākšana vai pārtraukšana, iekraušanas vai izkraušanas process, normāla darba vai avārijas apstākļos). Objektā noteiktās darba vietās tiek pieņemta situācija, ka izplūst vai pastāvīgi atrodas sprādzienbīstamas un ugunsbīstamas vielas un materiāli, maksimāli iespējamos daudzumos (pēc uzņēmuma pārstāvja sniegtās informācijas). Aprēķinu metodē tiek pieņemts, ka vielu agregātstāvoklis, ar kurām notiek tehnoloģiskais process Objekta teritorijā, ir šķidrums un sašķidrinātas gāzes, no kurām var veidoties sprādzienbīstama darba vide gāzes, tvaiku vai miglas veidā. Sprādzienbīstamo zonu aprēķins tiek veikts saskaņā ar standarta LVS EN 60079-10-1:2016 „Sprādzienbīstamas vides. 10-1.daļa: Zonu klasifikācija. Sprādzienbīstamu gāzu vides (IEC 60079-10-1:2015 + COR1:2015) norādījumiem. Sprādzienbīstamo zonu aprēķinā izejas dati, par vielām tiek ņemti ievērojot standarta LVS EN 60079-10-1:2016 pielikumu B un C norādījumus. Tiek pieņemts, ka ķīmisko vielu noplūdes

notiek (izplūst/iztvaiko) no noteikta atvēruma laukuma saskaņā ar standarta LVS EN 60079-10-1:2016 norādījumiem. Saskaņā ar uzņēmuma pārstāvja sniegto informāciju, tiek pieņemti maksimālie ķīmisko vielu daudzumi, kas var atrasties iepriekš minētajās darba vietās. Veicot aprēķinus, tiek pieņemts, ka laikapstākļi ārpus telpām ir bezvēja stāvoklī (0,1 m/s), kas attiecīgi ir sliktākais gaisa plūsmas ātrums ārpus telpām. Iekštelpās, bez piespiedu ventilācijas un ar minimālu dabīgo ventilāciju, tiek pieņemts gaisa plūsmas ātrums 0,05 m/s. Noplūdes atvēruma laukums un vēja ātrums tiek pieņemts saskaņā ar standarta LVS EN 60079-10-1:2016 norādījumiem, kā nelabvēlīgākie apstākļi. Noteiktās sprādzienbīstamās zonas darba iecirkņos Nr.1, Nr.2 un Nr.3 skatīt attiecīgi pielikumos Nr. 2, Nr. 3 un Nr.4.

Konstruktīvo pasākumu analīze:

4.10. tabula

Konstruktīvo pasākumu analīze Iecirknis 1

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Zema | Darba vieta izvietota ārpus telpām, uzņēmuma teritorijā. Konteineri ir veidoti no degtnespējīga (ugunsreakcijas klase A1) materiāla un ir labi vēdināmi, lai gāzu noplūdes gadījumā novērstu sprādzienbīstamas koncentrācijas veidošanos; Konteineriem ir vismaz trīs vertikālas vēdināmas ailas sienās. Ailas ir sienas apakšējā daļā virs grīdas virsmas. |

4.11. tabula

Konstruktīvo pasākumu analīze Iecirknis 2

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Vidēja | Sprādzienbīstamā telpa veidota kā ugunsdroši atdalīta telpa. Nav veikta telpas inženiertīklu ievadu hermetizācija. Sprādzienbīstamā telpa daļēji izvietota pie būves ārējām, norobežojošām konstrukcijām (divas sienas no telpas robežojas ar blakus noliktavām). No telpas izeja paredzēta pa taisno uz āru zemes virsmas līmenī. |

4.12. tabula

Konstruktīvo pasākumu analīze Iecirknis 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā telpa nav veidota kā ugunsdroši atdalīta telpa. Nav veikta inženiertīklu ievadu hermetizācija. Sprādzienbīstamās telpa ir izvietota pie būves ārējās norobežojošās konstrukcijas. Nav paredzēti pasākumi, kas ierobežotu sprādzienbīstamās vides izplatīšanos. Sprādzienbīstamu telpu izeja un ieeja uz citām telpām nav ierīkota caur ugunsdrošības priekštelpu. Durvis nav aprīkotas ar pašizveres mehānismiem. |

Mērīšana un kontrole (gaisa analizatori):

4.13. tabula

Mērīšana un kontrole (gaisa analizatori) Iecirknis 1

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Zema | Nemot vērā, ka šajā darba iecirknī noteikta sprādzienbīstamā zona 2 un darba iecirknis atrodas ārpus telpām, uzņēmuma teritorijā, tad gaisa kontrole šeit ir maz efektīva. Šajā darba iecirknī pastāv laba dabīgā vēdināšana ar vēja palīdzību. |

4.14. tabula

Mērīšana un kontrole (gaisa analizatori) Iecirknis 2

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē nav izvietoti gāzes noplūdes signāļdevēji. Ventilācija no telpas ir ļoti minimāla (dabīga – caur atvērumu, kura diametrs ir 0,13 m). |

4.15. tabula

Mērīšana un kontrole (gaisa analizatori) Iecirknis 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Vidēja | Sprādzienbīstamā darba vidē ir izvietoti gāzes noplūdes signāļdevēji, bet netiek veiktas šo gaisa analizatoru tehniskās apkopes. Darbinieki nav nodrošināti ar individuālajiem gaisa analizatoriem. |

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi, drošības zīmes:

4.16. tabula

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi, drošības zīmes Iecirknis 1

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Zema | Apzīmējumi izvietoti pilnā apmērā papildus ar paskaidrojošiem uzrakstiem. |

4.17. tabula

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi, drošības zīmes Iecirknis 2

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē nav izvietoti sprādzienbīstamas darba vides drošības un brīdinājuma apzīmējumi. |

Sprādzienbīstamo zonu apzīmējumi, drošības zīmes Iecirknis 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Vidēja | Apzīmējumi ir izbalējuši un noskrāpēti, kā rezultātā ir apgrūtināta to saprotamība. |

Darba aprīkojums un aizsargsistēmas tiek noteiktas, ņemot vērā Ministru kabineta 2003. gada 10. jūnija noteikumu Nr.300 “Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē”, standarta LVS EN 60079-20-1:2010 “Eksplozīvās atmosfēras. 20-1. daļa: Gāzu un tvaiku klasificēšana atkarībā no iekārtu materiālu raksturlielumiem. Testēšanas metodes un dati (IEC 60079-20-1:2010)” un standarta LVS EN 60079-14:2014 “Eksplozīvās atmosfēras. 14. daļa: Elektroietaišu projektēšana, izvēle un uzstādīšana (IEC 60079-14:2013)” norādījumus.

Iekārtas un instrumenti:

Iekārtas un instrumenti Iecirknis 1

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Zema | Darba iecirkņa sprādzienbīstamajā zonā nav ierīkots ne apgaismojums, ne piespiedu ventilācija, ne inženiertehniskās sistēmas, kas varētu paaugstināt riska līmeni. |

Iekārtas un instrumenti Iecirknis 2

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Sprādzienbīstamā darba vidē tiek izmantots un ir uzstādīts apgaismojums un vājstrāvu inženiertehniskās sistēmas, kas nav paredzētas darbam sprādzienbīstamā vidē. Šajā darba iecirknī nav uzstādīts speciāls darba aprīkojums un piespiedu ventilācijas sistēma. |

Iekārtas un instrumenti Iecirknis 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Augsta | Šajā darba iecirknī tiek izmantots un ir uzstādīts darba aprīkojums (mikseri - paredzēti izejvielu sajaukšanai), kas nav paredzēts darbam sprādzienbīstamā darba vidē. Apgaismojums, ventilācijas un vājstrāvu inženiertehniskās sistēmas ir paredzētas darbam sprādzienbīstamā vidē. |

Darba aizsardzības instrukcijas:

4.22. tabula

Darba aizsardzības instrukcijas Iecirknis Nr. 1, Iecirknis Nr. 2 un Iecirknis Nr. 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Vidēja | Ir izstrādātas vispārējas darba aizsardzības instrukcijas darbam sprādzienbīstamā vidē. Darbinieki nav pienācīgi iepazīstināti ar izstrādātajām instrukcijām (izlases kārtā uzdodot jautājumus darbiniekiem par darbu sprādzienbīstamā vidē, tikai daļa no tiem spēja sniegt pareizu atbildi). |

Praktiskās nodarbības rīcībai avārijas gadījumos:

4.23. tabula

Praktiskās nodarbības rīcībai avārijas gadījumos Iecirknis Nr. 1, Iecirknis Nr. 2 un Iecirknis Nr. 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Vidēja | Ir izstrādātas rīcības plāns ārkārtas situācijām. Rīcības plānā ir neatbilstības, kuras nepieciešams labot. Pēdējās praktiskās nodarbības veiktas 2014. gadā. |

Pilnvaras, darba atļaujas, norīkojumi un pienākumi:

4.24. tabula

Pilnvaras, darba atļaujas, norīkojumi un pienākumi Iecirknis Nr. 1, Iecirknis Nr. 2 un Iecirknis Nr. 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|--|
| Augsta | Ir noteiktas darbinieku pilnvaras, bet nav ieviesta darba atļauju, norīkojumu sistēma. Viss darba process notiek haotiski. Pie darba tiek pielaists darbinieks bez pietiekošām zināšanām un nepieciešamā aprīkojuma. |

Uzturēšana un inspekcija:

4.25. tabula

Uzturēšana un inspekcija Iecirknis Nr. 1, Iecirknis Nr. 2 un Iecirknis Nr. 3

| Riska pakāpe | Apraksts |
|--------------|---|
| Augsta | Netiek dokumentēta informācija par veiktajām iekārtu pārbaudēm. Nav veiktas iekārtu un aprīkojuma pārbaudes. Pie darba tiek pielaisti speciālistu ar lielu darba pieredzi, bet bez izglītību apliecinātiem dokumentiem. |

4.3.2. Autora izstrādātās metodoloģijas analīze, pēc veiktās praktiskās piemērošanas

Darba vides risku analīzes metodoloģisks nodrošinājums ietver sevī dažāda veida metožu, metodoloģiju, kā arī programmu kompleksu, kas ļauj vispusīgi izvērtēt darba vidi, pēc iespējas maksimāli identificējot darba vidē pastāvošus bīstamības avotus un riskus. Darba vides risku novērtēšanas metožu piemērošanai ir svarīga loma, tas ir nepieciešams, lai paaugstinātu darba vidē pastāvošu briesmu avotu un risku analīzes rezultātu objektivitāti un skaidrību, kā arī lai paaugstinātu preventīvo un riska novēršanas pasākumu izstrādes efektivitāti. Risku analīze mūsdienās tiek vērtēta kā sistēmiskā pieeja politisku lēmumu pieņemšanai, iekšējo procedūru nodrošināšanai un praktisko pasākumu par risku prevenciju vai mazināšanu izstrādei.

Mūsdienās darba vides risku novērtēšana kalpo par analītisko instrumentu, kas ļauj identificēt riska faktorus, uz kā pamata tiek noteiktas turpmākas prioritātes. Izstrādājot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas metodoloģiju, darba autora mērķis bija izstrādāt noteiktus kritērijus (vadlīnijas), pēc kuriem vadoties, ir iespējams noteikt, vai pastāv sprādzienbīstamās darba vides veidošanās risks. Tieši vienotās metodoloģijas neesamība Latvijā rada situāciju, ka sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšana notiek subjektīvi, bez konkrēto darba vides risku novērtēšanas metožu pielietošanas.

Ņemot vērā, ka sprādzienbīstamās darba vides noteikšana ir saistīta ar ļoti daudziem specifiskiem apakškritērijiem, kas komplicētos gadījumos rada nepieciešamību riska analīzei papildus piesaistīt personas ar specializāciju konkrētajā jomā (piemēram, sistēmas, tehnoloģisko procesu nianses), sprādzienbīstamās darba vides riska novērtēšanas metodoloģiju autors veidoja tādā veidā, lai arī darba aizsardzības speciālistam bez speciālās inženiertehniskās vai tehnoloģiskās izglītības būtu iespējams kvalitatīvi veikt darba vides risku auditu. Proti, metodoloģijas soļi veidoti tādā veidā, lai darba aizsardzības speciālistam, kas pielietos izstrādāto metodoloģiju, sniegtu ievirzes, kurās jāveic darba vides risku analīze. Metodoloģijā ietvertas arī citu, saistīto normatīvo aktu prasības, kuras nepieciešams ievērot un kuru atbilstību darba aizsardzības speciālistam ir jāanalizē. Tādējādi metodoloģijas soļi ir atzīstami par viegli uztveramiem un nodrošina iespēju veikt daudzpusīgu sprādzienbīstamās darba vides risku analīzi.

Nav noslēpums, ka risku novērtēšanas teorētiskie aspekti ne vienmēr ir ideāli pielāgojami katrai konkrētai faktiskai situācijai. Praktiski piemērojot Kļūdu loģiskās analīzes metodi, Kļūdu iespējamības un seku analīzes metodi (FMEA), kā arī ar specializēto metodi sprādzienbīstamās darba vides risku analīzei autors konstatēja minēto metožu nepilnības, attiecība uz to piemērošanu sprādzienbīstamās darba vides risku analīzē. Līdzīgi, arī praktiski

piemērojot autora izstrādātos metodoloģijas soļus sprādzienbīstamās darba vides risku analīzei, autors identificēja papildus kritērijus, kurus ieviešot būtu iespējams modificēt izstrādātos metodoloģijas soļus.

Bieži vien darba vides risku novērtēšanas metožu teorētiskajos aspektos, attiecībā uz darba vidē identificēto darba vides risku potenciālo seku un nodarītā kaitējuma analīzi, atsevišķi minētie kritēriji tiek iedalīti pēc to veida, proti, atsevišķi izdalot iespējamās sekas jeb kaitējumu, kas ietekmēs īpašumu, un kaitējumu, kas var tikt nodarīts organismam plašākā nozīmē. Autora izstrādātie metodoloģijas soļi paredz riska analīzes un seku kritērijus, balstoties uz iespējamo kaitējumu īpašumam. Ņemot vērā, kā sprādziena sekas var būt katastrofālas, kā arī var radīt dažāda veida kaitējumu cilvēka organismam, kā metodoloģijas modifikācijas kritēriju papildus ir iespējams izstrādāt metodoloģijas soli iespējamā kaitējuma organismam izvērtējumam. Papildus jāatzīmē, ka šajā jomā būtu iespējams izstrādāt arī atsevišķu riska analīzes metodoloģiju, kas ietvertu detalizētu iespējamo sprādziena ietekmju uz cilvēka organismu atreferējumu kopsakarā ar medicīniskiem aspektiem. Kvalitatīvas šādas metodoloģijas izstrādei būtu nepieciešams piesaistīt sertificētu ārstu.

Pielietojot autora izstrādātos metodoloģijas soļus, jāņem vērā, ka metodoloģijas piemērošana nenodrošina absolūto drošību, bet gan tikai nosacītu drošību pie noteikto kritēriju izpildes. Katrā atsevišķā metodoloģijas solī noteiktā sprādzienbīstamās darba vides riska pakāpe var kardināli atšķirties, tādējādi nav iespējams noteikt vienotu riska pakāpi kopumā. Tomēr riska novērtēšanas pakāpes katrā atsevišķā solī noteikšana nodrošina pēc iespējas maksimāli objektīvu riska analīzes veikšanu, kas savukārt ļauj kvalitatīvi izstrādāt preventīvos pasākumus sprādzienbīstamās darba vides risku novēršanai tieši tajās jomās, kur tas visvairāk ir nepieciešams.

SECINĀJUMI

1. Sprādzienbīstamās darba vides riska analīzei Latvijā, salīdzinot ar klasiskajiem darba vides riska faktoriem, tiek atvēlēta nepamatoti maza loma, jo sprādzienbīstamās darba vides risks potenciāli rada lielāku apdraudējumu, nekā klasiskie riska faktori, pie apstākļa, ka tā sekas un seku apjoms var būt katastrofāls ne vien pašam uzņēmumam, bet arī trešo personu dzīvībai un īpašumam.
2. Potenciāli sprādzienbīstamā darba vide var rasties diezgan lielā jomu lokā, savukārt apstākļi, ka sprādzienbīstamā vide kā darba vides riska faktors Latvijas specializētajā literatūrā ir maz pētīta, kā arī statistikas datu analīze rada pamatu secināt, ka sprādzienbīstamās darba vides risku analīze vairākos gadījumos tiek veikta pavirši vai arī vispār sprādzienbīstamība kā riska faktors netiek vērtēta.
3. Veiktās aptaujas dati rada pamatu secināt, ka vienotās metodoloģijas neesamība sprādzienbīstamā zonējuma aprēķinam un sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai rada vislielākās grūtības sprādzienbīstamās darba vides riska novērtēšanas procesā.
4. Somijas 5 baļļu metodes piemērošana sprādzienbīstamās darba vides riska analīzei sniedz virspusēju analīzi. Attiecīgi, lai veiksmīgi tiktu pielietota šī metode, nepieciešams ļoti precīzi izvirzīt vērtējamos riska kritērijus.
5. Kļūdu loģiskās analīzes jeb „Kļūdu koka” riska novērtēšanas metodes izmantošanu sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai ievērojami apgrūtina apstākļi, ka darba aizsardzības speciālisti ne vienmēr būs pietiekami kompetenti, lai pēc iespējas maksimāli noteiktu visas potenciālās sistēmas kļūdas un bīstamības avotus. Ja nav nepieciešamo inženiertehnisko zināšanu, gan arī zināšanu ķīmijas un fizikas jomā, rezultātā var tikt palaisti garām svarīgi riska faktori.
6. Specializētā 5 soļu metode ir visvairāk piemērota sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai, kaut arī šīs metodes piemērošana prasa papildus izpēti darbu veikšanu no darba aizsardzības speciālista puses, tomēr šīs metodes praktiskā piemērošana ir vairāk pielāgota mūsdienu normatīvajam regulējumam, jo jau pašā metodē ir iekļauts sprādzienbīstamās darba vides zonējums, kas turpmāk būs nepieciešams, nosakot nepieciešamos pasākumus un izvērtējot aprīkojuma atbilstību.
7. Specializētās 5 soļu metodes piemērošana sagādās grūtības darba aizsardzības speciālistiem jo, šīs metodes sākuma posms paredz noteikt sprādzienbīstamās vides zonējumu.

8. Apkopojot sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas rezultātus kopsakarā ar aptaujas rezultātiem, jānonāk pie secinājuma, ka klasiskajām darba vides riska novērtēšanas metodēm ir noteiktas nepilnības, kas gan sagādā grūtības darba aizsardzības speciālistiem riska novērtēšanas procesā kopumā, gan arī gala rezultātā var novest pie subjektīva un nepilnīga sprādzienbīstamās darba vides riska novērtējuma.
9. Nepieciešama specializēta metodoloģija sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanai. Kvalitatīvi izstrādāta sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanas metodoloģija, kas tiks vērsta tieši uz šo risku izvērtēšanu, ļaus izvairīties no subjektīvas, līdz ar to ne vienmēr korektas pieejas, sprādzienbīstamas darba vides riska novērtēšanas procesā.
10. Autora izstrādātie metodoloģijas soļi, sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanā, sniedz to piemērotājam ievirzes, kurās jāveic sprādzienbīstamās darba vides risku analīze, ietverot arī citu, saistīto normatīvo aktu prasības. Tādējādi metodoloģijas soļi ir atzīstami par viegli uztveramiem un nodrošina iespēju veikt daudzpusīgu sprādzienbīstamās darba vides risku analīzi. Tomēr metodoloģijas piemērošana nenodrošina absolūto drošību, bet gan tikai nosacītu drošību pie noteikto kritēriju izpildes.

PRIEKŠLIKUMI

1. Ņemot vērā pieaugušo interesi par sprādzienbīstamās darba vides riska novērtējumu, Valsts darba inspekcijai būtu nepieciešams iesniegt priekšlikumu Ministru kabinetam, lai nacionālajiem standartiem tiktu noteikta obligāta to piemērošana. Šādi tiktu novērsta, praksē konstatēta, nevienlīdzīga pieeja sprādzienbīstama zonējuma aprēķināšanā un noteikšanā, kā arī tiktu nodrošināta vienotā izpratne par zonējumu aprēķināšanu un noteikšanu darba aizsardzības speciālistu vidū.
2. Lai paaugstinātu darba aizsardzības speciālistu informētību par sprādzienbīstamu darba vidi un nodrošinātu vienotas sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanu Latvijas izglītības iestādēs, kurās tiek pasniegta studiju programma: „Darba vides aizsardzība un ekspertīze”, tās saturā iekļaut atsevišķu studiju kursu par sprādzienbīstamās darba vides risku novērtēšanu.
3. Sprādzienbīstamās darba vides riska novērtēšanai ir nepieciešams piemērot specializētu riska novērtēšanas metodi, piemēram, autora izstrādāto metodoloģiju.
4. Pirms sprādzienbīstamās darba vides riska novērtēšanas veikšanas, darba aizsardzības speciālistam obligāti nepieciešams iepazīties ar sprādziena un degšanas procesu teorētisko pusi, kā arī detalizēti izvērtēt katras vielas, kas atrodas vai var atrasties vietā, kur notiek riska analīze, fizikālajam un ķīmiskajam īpašībām.
5. Sprādzienbīstamās vides veidošanās ir cieši saistīta ar ugunsgrēka risku, un ugunsgrēka gadījumā sprādzienbīstamā vidē visdrīzāk notiks sprādziens. Vietās, kur potenciāli pastāv sprādzienbīstamā vide, darba aizsardzības speciālistam, izstrādājot riska mazināšanas un preventīvos pasākumus, jāsadarbojas ar konkrētā uzņēmuma nozīmēto par ugunsdrošību atbildīgo personu, jo tādējādi var izstrādāt maksimāli precīzu un faktiskajiem apstākļiem atbilstošu preventīvo pasākumu kopumu, kas nodrošinās maksimālu aizsardzības līmeni abās minētajās jomās.
6. Darbiniekiem nepieciešams sekot līdzi notiekošajam tehnoloģiskajam procesam un analizēt iespējamās kļūdas un bojājumus tajā. Pamanot iespējamo kļūdu vai bojājumu, tehnoloģiskajā procesā, par to jāziņo darba aizsardzības speciālistam, lai šī problēma tiktu padziļināti izpētīta.
7. Organizāciju vadītājiem nepieciešams paredzēt sprādzienbīstamās darba vides risku novērtējumu jau būvniecības projektēšanas, tehnoloģiskā procesa plānošanas procesā. Tas nepieciešams, lai, uzsākot tehnoloģisko procesu, nerastos apdraudējums no iespējamās sprādzienbīstamības gan darbiniekiem, gan materiālajām vērtībām.

LITERATŪRAS AVOTI

1. Darba drošība/Latvijas Brīvo arodbiedrību savienība, Labklājības ministrija. Rīga: Latvijas Brīvo arodbiedrību savienība, 2010. 278 lpp.
2. **Kaļķis, V., Roja, Ž., Kaļķis, H.** Arodveselība un riski darbā. Rīga. SIA "Medicīnas apgāds", 2015. 550 lpp.
3. **Vanadžiņš, I., Martinsone, Ž., Lakiša, S., Reste, J., Grāvele, M., Baķe, M.A., Sprūdža, D., Mārtiņšone, I., Eglīte, M.** Pētījums "Darba apstākļi un riski Latvijā, 2012–2013". Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte. 135.lpp
4. Valsts darba inspekcijas 2015.gada darbības pārskats [tiešsaiste]. Rīga: Valsts darba inspekcija, 2015 – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: http://www.vdi.gov.lv/files/vdi_gada_parskats_2015.pdf
5. Ziņojums par Latvijas tautsaimniecības attīstību. 2016.gada jūnijs. Autoru kolektīvs. Rīga: Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija, 2016. 162 lpp.
6. **Мастрюков Б.С.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Москва:Издательский центр «Академия», 2004.
7. **Neimanis E.** Darba drošības tehnika laboratorijās un ķīmiskajās rūpnīcās. Rīga: Pēteru Stučkas Latvijas Valsts universitāte, 1969. 263 lpp.
8. ISO 80079-36:2016. Explosive atmospheres -- Part 36: Non-electrical equipment for explosive atmospheres - Basic method and requirements.
9. NFPA 921. Guide for fire and explosion investigations. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2011.
10. EN 1127-1:2007. Explosive atmospheres explosion prevention and protection, (EN 1127-1:2007).
11. OSHA fact sheet. Hazard Alert: Combustible Dust Explosions [tiešsaiste]. United States department of labor, 2008. – [atsauce 16.05.2017]. Pieejams: https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/OSHAcombustibledust.html
12. International fire code. (IFC 2012). [tiešsaiste] INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2012. – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: [http://www.efsec.wa.gov/Tesoro%20Savage/Land%20Use/Friends%20of%20the%20Gorge/14%20-%20International%20Fire%20Code%20\(2012\).pdf](http://www.efsec.wa.gov/Tesoro%20Savage/Land%20Use/Friends%20of%20the%20Gorge/14%20-%20International%20Fire%20Code%20(2012).pdf)
13. **Glenn P. Corbett.** Fire engineering's handbook with firefighter. I and II. Tulsa: PenWell corporation, 2009. 1200 p.
14. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях /под ред. М.И. Фалеева. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001.
15. Darba drošība / [no spāņu valodas tulkojuši Dzidra Upīte ... [u.c.] ; Labklājības ministrija. Rīga: Labklājības ministrija, 2003. 288 lpp.
16. **Roger C. Jensen.** Risk reduction methods for occupational safety and health. Hoboken, N.J. : Wiley, ©2012. xv, 371 lpp. : il.;
17. **Хван, Т. А.** Безопасность жизнедеятельности: [учебное пособие для студентов вузов], 9-е изд., испр. и доп. Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. 433 с.
18. **Keller, J.O.; Gresho, M.; Harris, A.; Tchouvelev, A.V.** What is an explosion? In International Journal of Hydrogen Energy. 3 December 2014 39(35):20426-20433, 2014.04.199, Database: ScienceDirect
19. Civilām vajadzībām paredzētu sprāgstvielu aprites likums: LR likums. Pieņemts 28.10.2010. Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 183 (4375), 17.11.2010.

20. **Михайлов Л.А., Соломин В.П., Михайлов А.Л., Старостенко А.В.** Безопасность жизнедеятельности: учебник. СПб.: Питер, 2006.
21. Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienesta Metodiskie materiāli filmai "Bīstamā robeža" [tiešsaiste] Rīga, Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests. – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: http://vugd.gov.lv/files/textdoc/2016-03-15_10_41_03_VUGD-lat_metodiskais_materials.pdf
22. **Ловля С. А. и др.** Взрывчатые вещества и средства взрывания // Взрывное дело. — 2-е, переработанное. — Москва: Недра, 1976. — С. 60. — 272 с.
23. **Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Асс. "Пожнаука", 2004. — Ч.1. — 713 с.
24. **Negrella C., Frénéhardb O., Sonnierc R., Dumazertc L., Briffaudb T., Flatb J.** Self-extinguishing bio-based polyamides. Polymer Degradation and Stability. Volume 134, December 2016, Pages 10–18.
25. **Dinyer J., Neale S., Turnbull M.** Risk Management of the Explosive Dusts in the Pharmaceutical Industry: A Practical Approach. [tiešsaiste] Pharmaceutical Technology Volume 2005 Supplement, Issue 5 – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: <http://www.pharmtech.com/risk-management-explosive-dusts-pharmaceutical-industry-practical-approach?id=&pageID=1&sk=&date=>
26. **Chen Y., Hong L., Han W., Wang L., Sun X., Li J.** Treatment of high explosive production wastewater containing RDX by combined electrocatalytic reaction and anoxic–oxic biodegradation. Chemical Engineering Journal, Volume 168, Issue 3, 15 April 2011, Pages 1256–1262.
27. **Arnhold T., Szymanski P.** Dust explosion protection in a hard coal-fired power plant in Gdansk. [tiešsaiste] Ex-Magazine 2013 – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: https://www.r-stahl.com/fileadmin/Dateien/ex-zeitschrift/2013/en/dust_explosion_protection_coal_fired_power_plant_in_Gdansk.pdf
28. Safe collection of wood waste: Prevention of fire and explosion. Health and Safety Executive. [tiešsaiste] United Kingdom, - [atsauce 16.05.2017] Pieejams: <http://www.hse.gov.uk/pubns/wis32.pdf>
29. Spray painting and powder coating code of practice. [tiešsaiste] WorkCover Publications, 2015. – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: http://www.safework.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/52159/spray-painting-and-powdercoating-code-of-practice-July-2015-3956.pdf
30. Nesaistošas labas prakses vadlīnijas tam, kā īstenojama Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 1999/92/EK par prasību minimumu to strādājošo drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai, kurus varbūtēji apdraud eksplozīvas vides. **Eiropas Komisija.** Nodarbinātības, sociālo lietu un līdztiesīgu iespēju ģenerāldirektorāts Vienība F.4 Galīgais variants – 2003. gada aprīlis
31. **Zandera N. E., Piehlera T., Bantona R., Boggsb M.** The effect of explosive blast loading on human neuroblastoma cells. Analytical Biochemistry, Volume 504, 1 July 2016, Pages 4–6
32. **Omid Z., Faisal K., Syed I.** Development of Economic Consequence Methodology for Process Risk Analysis. Risk Analysis: An International Journal. Apr2015, Vol. 35 Issue 4, p713-731. 19p. 5 Diagrams, 2 Charts, 18 Graphs.

33. Darba aizsardzības likums: LR likums. Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 105 (2492), 06.07.2001., "Ziņotājs", 15, 09.08.2001.
34. Ministru kabineta noteikumi Nr.300 „Darba aizsardzības prasības darbā sprādzienbīstamā vidē”:MK noteikumi. Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 89 (2854), 13.06.2003.
35. EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES DIREKTĪVA 94/9/EK (1994. gada 23. marts) par dalībvalstu tiesību aktu tuvināšanu attiecībā uz iekārtām un aizsardzības sistēmām, kas paredzētas lietošanai sprādzienbīstamā vide. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis 13/13. Sēj. 19.4.1994. EIROPAS KOPIENU OFICIĀLAIS VĒSTNESIS L 100/1.
36. EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES DIREKTĪVA 1999/92/EK (1999. gada 16. decembris) par minimālajām prasībām to darba ņēmēju drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai, kas pakļauti sprādzienbīstamas vides riskam (piecpadsmitā atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē) Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis 05/3. Sēj. 28.1.2000. EIROPAS KOPIENU OFICIĀLAIS VĒSTNESIS L 23/57. 29.3.2014. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis L 96/309.
37. EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES DIREKTĪVA 2014/34/ES (2014. gada 26. februāris) par dalībvalstu tiesību aktu saskaņošanu attiecībā uz iekārtām un aizsardzības sistēmām, kas paredzētas lietošanai sprādzienbīstamā vidē (pārstrādāta redakcija) (Dokuments attiecas uz EEZ).
38. EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES KOPĪGI PIENĒMTIE LĒMUMI EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES LĒMUMS NR. 768/2008/EK (2008. gada 9. jūlijs) par produktu tirdzniecības vienotu sistēmu un ar ko atceļ Padomes Lēmumu 93/465/EEK (Dokuments attiecas uz EEZ). L 218/82 LV Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis 13.8.2008.
39. **Жданкин В.** "Некоторые вопросы обеспечения взрывобезопасности оборудования". Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации»). № 2/1998. (стр. 98)
40. **Eckhoff R.K.** Dust Explosions in the Process Industries: Identification, Assessment and Control of Dust Hazards. Gulf Professional Publishing, 2003, 719 pages
41. LVS EN 60079-10-1:2016 Sprādzienbīstamas vides. 10-1.daļa: Zonu klasifikācija. Sprādzienbīstamu gāzu vides (IEC 60079-10-1:2015 + COR1:2015): Nacionālais standarts. 24.03.2016. LVS
42. **Eckhoff R.K.** Explosion Hazards in the Process Industries. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 2005, 457 pages
43. Standartizācijas likums: LR likums. Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 317/320 (1378/1381), 28.10.1998., "Ziņotājs", 22, 19.11.1998.
44. „Latvijas standarts” (LVS) [tiešsaiste] Rīga: Latvijas Nacionālā standartizācijas institūcijas *Internet* vietne. – [atsauce 16.05.2017.] Pieejams: <https://www.lvs.lv/page?slug=par-mums>
45. LVS EN 60079-10-2:2015 Eksplozīvas atmosfēras. 10-2.daļa: Zonu klasifikācija. Degtspējīgu putekļu atmosfēras (IEC 60079-10-2:2015)”: Nacionālais standarts. 30.07.2015. LVS

46. **Zabetakis, M.G.** "Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors", Bulletin 627, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1965.
47. **Рудинский П. Г., Фаерман А. Л.** 100-летие Правил устройства электротехнических установок [tiešsaiste] Журнал Электричество, 1983 г. N 12. – [atsauce 16.05.2017.] Pieejams: http://www.booksite.ru/elektr/1983/1983_12.pdf.
48. "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [tiešsaiste] Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ – [atsauce 16.05.2017] доступен: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102123614>.
49. **Сафронова И.Г., Контобойцева М.Г., Мансуров Т.Х.** Гармонизация классификации взрывоопасных зон в международных и национальных стандартах. [tiešsaiste] – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: <http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/stat%20PB%2013/8.pdf>
50. **Kaļķis, V., Kristiņš, I., Roja, Ž.** Darba vides risku novērtēšanas vadlīnijas. Rīga : LR Labklājības ministrija, 2003.
51. **Kaļķis, V., Roja, Ž., Kaļķis, H.** Darba vides risku novērtēšanas metodes. Rīga: Latvijas Izglītības fonds, 2008. 242 lpp.
52. **Kaļķis, V., Kristiņš, I., Roja, Ž.** Darba vides risku novērtēšana. Novērtēšanas soļi un metodes. Padomi un piemēri. Rokasgrāmata. Rīga: A/S „Poligrāfists”, 2003, 54.lpp.
53. Event Tree Analysis [tiešsaiste] ITEM Software, 2017 – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: http://www.reliabilityeducation.com/intro_et.html
54. **Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А.** Краткие методические указания по FMEA. [tiešsaiste] ООО “Новое качество” – [atsauce 16.05.217] Pieejams: http://www.new-quality.ru/lib/FMEA_new-quality.pdf
55. **McDermott, R. E.; Mikulak, R. J.; Beauregard M. R.** The Basics of FMEA. — Productivity Press, 1996. — 80 p.
56. **Mure’ S.** Explosive atmospheres risk assessment: a case study. [tiešsaiste] InnHF, 2015. – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: <http://www.innhf.eu/attachments/article/29/4.%20ARIA%20Explosive%20atmosphere%20risk%20assessment.pdf>
57. InnHF. Innovation through Human Factors in risk analysis and management. [tiešsaiste] InnHF, 2015. – [atsauce 16.05.2017] Pieejams:<http://www.innhf.eu/>
58. **Кедров Б.. К.Э.** Циолковский и научно-технический прогресс. Москва:Изд-во "Наука", 1982. 231 с.
59. **Roshan S. A., Gharedagh M. J.** Economic Consequence Analysis of Fire and Explosion in Petrochemical Feed and Product Pipelines Network. Health Scope. 2013 Summer; 2(2): 90-4. Published Online 2013 July 15.
60. **Lees, F.P.** Loss Prevention in the Process Industries (2nd Edition). Elsevier, 1996
61. **Pineau J-P.** Risk analysis for equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres. International Seminar on Explosion Safety in Hazardous Areas, Nov 2001, Cork, Ireland.
62. **Linström H-J., Buhn J.** Basic concepts for explosion protection. BARTEC brochure “Basic concepts for explosion protection“ 12. revised edition - Version 2016
63. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība": Ministru kabineta noteikumi Nr.333, Rīgā 2015.gada 30.jūnijā (prot. Nr.30 53.§). Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 125 (5443), 30.06.2015

64. **Гликин С.М., Коробков В.А.** Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. – [atsauce 16.06.2017]. Pieejams: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293835/4293835963.pdf> [просмотрен 17.04.2017]
65. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-07 "Būvju ugunsdrošība": Ministru kabineta noteikumi Nr.866, Rīgā 2007.gada 11.decembrī (prot. Nr.69 25.§). Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 203 (3779), 19.12.2007.
66. Air Monitoring. [tiešsaiste] Osha.gov – [atsauce 16.05.2017] Pieejams: <https://www.osha.gov/Publications/complinks/OSHG-HazWaste/7-8.pdf>.
67. Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā: Ministru kabineta noteikumi Nr.400, Rīgā 2002.gada 3.septembrī (prot. Nr.37 17.§). Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 127 (2702), 06.09.2002.
68. Sprādzienbīstamā vidē lietojamo iekārtu un aizsargsistēmu noteikumi: Ministru kabineta noteikumi Nr. 231, Rīgā 2016. gada 19.aprīlī (prot. Nr. 19 27. §). Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 76 (5648), 20.04.2016.
69. Sprādzienbīstamā vidē lietojamo iekārtu un aizsargsistēmu noteikumi: Ministru kabineta noteikumi Nr. 231, Rīgā 2016. gada 19.aprīlī (prot. Nr. 19 27. §). Publicēts: "Latvijas Vēstnesis", 76 (5648), 20.04.2016.

PIELIKUMI

1. pielikums

Aptaujas anketa

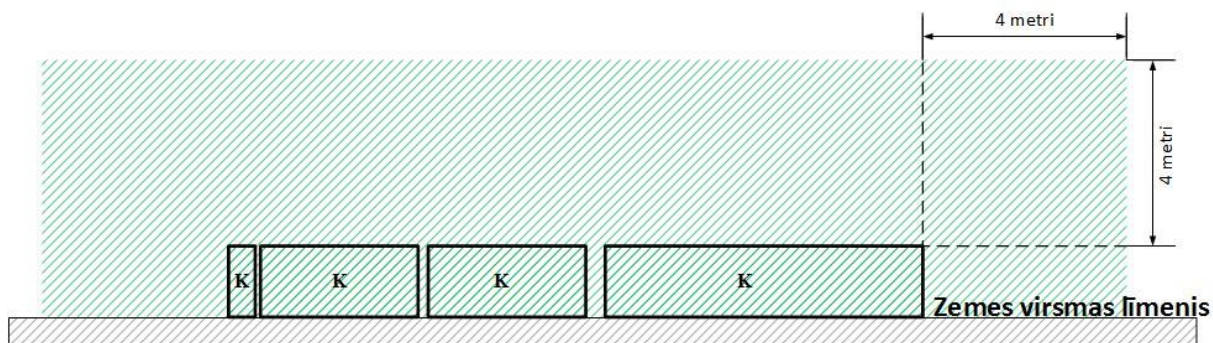
- 1) Jūsu darba pieredze (gados) darba aizsardzības jomā:
 - a) līdz 5;
 - b) no 5 līdz 10;
 - c) 10 un vairāk.

- 2) Vai Jūsu darba pieredzē ir nācies saskarties ar darba vides riska novērtējumu sprādzienbīstamā vidē:
 - a) Jā;
 - b) Nē;
 - c) Komentārs:

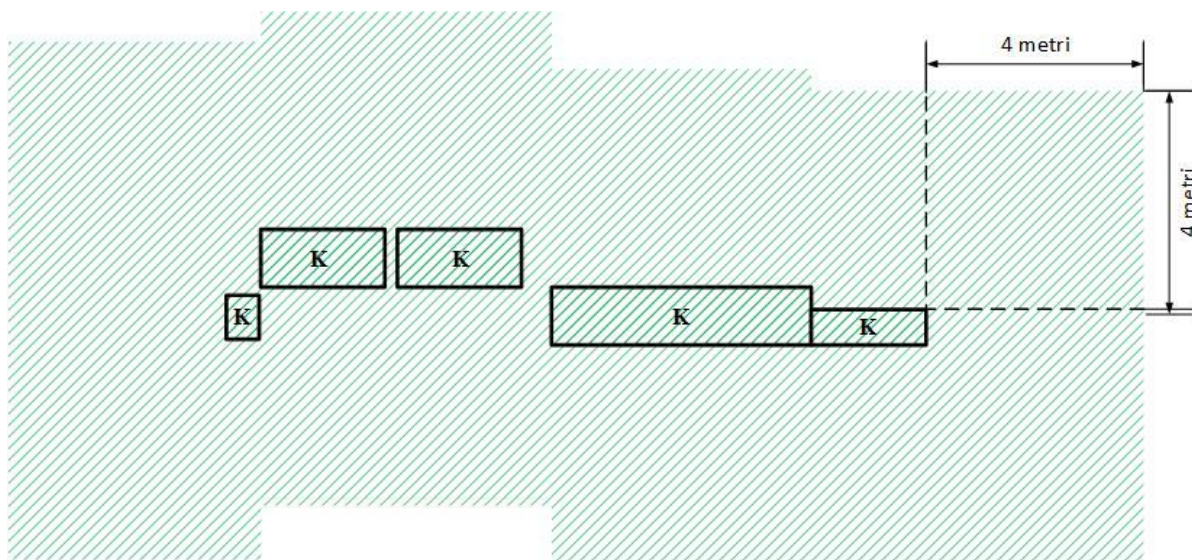
- 3) Ar kādām grūtībām saskārāties veicot sprādzienbīstamas darba vides riska novērtējumu:
 - a) Nav noteiktas metodoloģijas, pēc kuras novērtēt sprādzienbīstamu darba vidi;
 - b) Nav vienotas metodes sprādzienbīstamo zonu aprēķinam;
 - c) Informācijas trūkums par darba vidē izmantojamām ķīmisko vielu fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām un darba tehnoloģisko procesu;
 - d) Cits:

- 4) Vai Jūsaprāt ir nepieciešama vienota sprādzienbīstamas darba vides risku novērtēšanas metode:
 - a) Jā;
 - b) Nē
 - c) Komentārs:

Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 1






Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.1, skatā no priekšpusēs




Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.1, skatā no augšpusēs

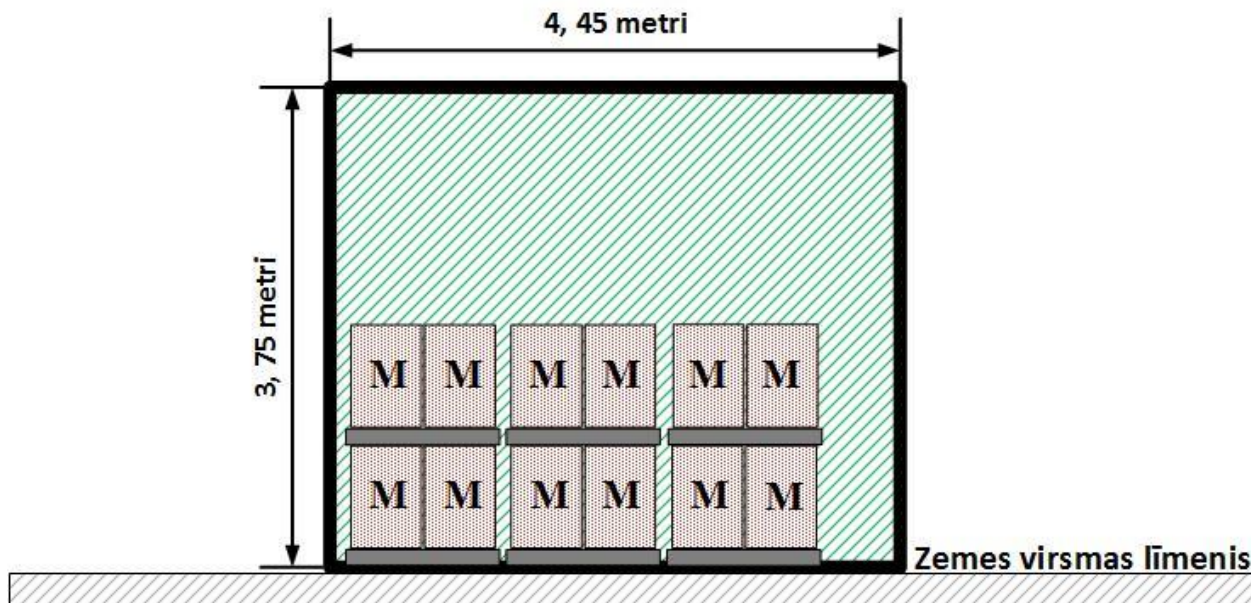
Apzīmējumi:

Sprādzienbīstamības zonas:  0.zona  1.zona  2.zona

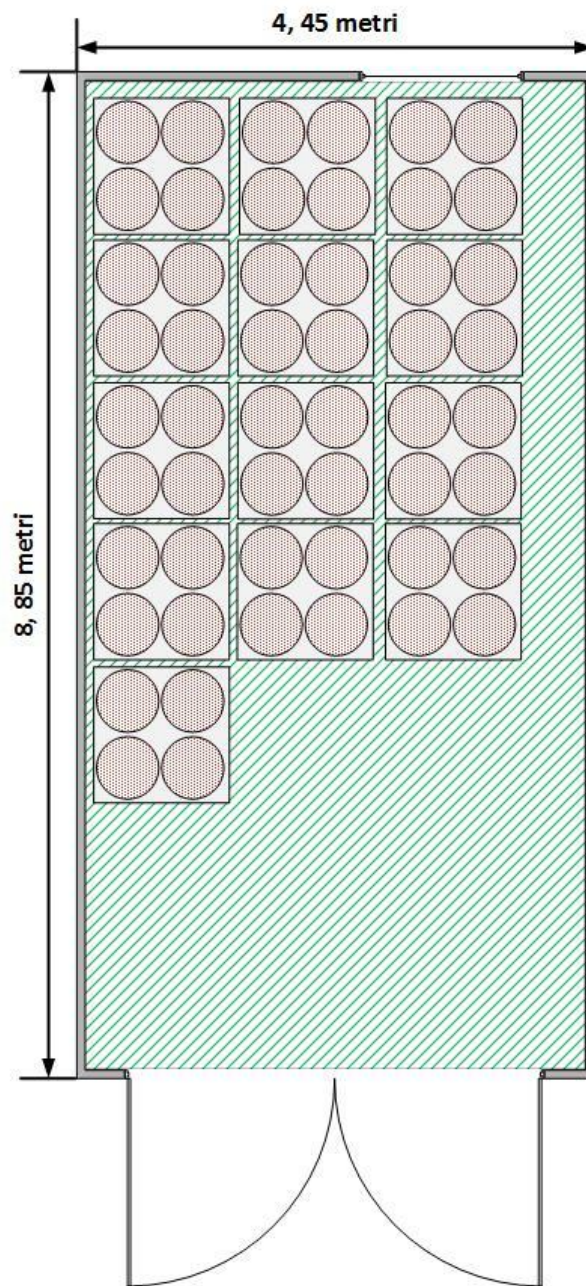
K - propāna - butāna gāzes maisījuma gāzes balonu konteiners

 - zemes līmeņa virsma

Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 2







Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.2, skatā no priekšpuses



Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.2, skatā no augšpusēs

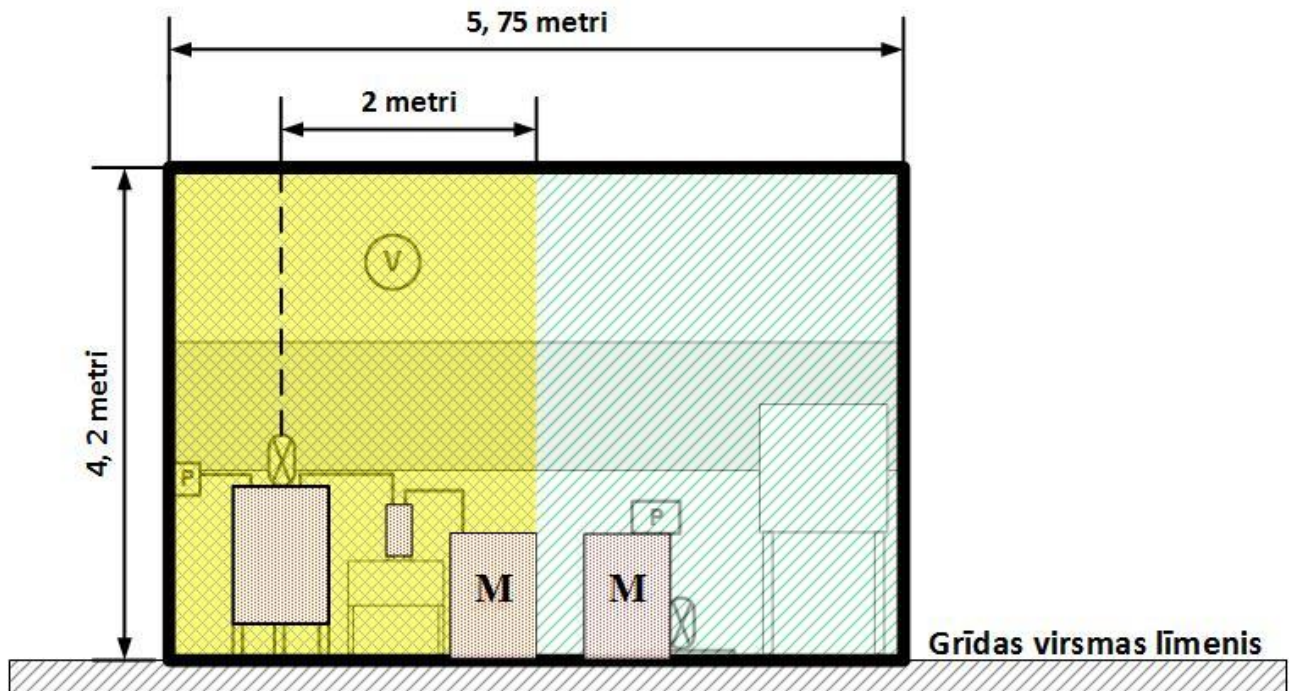
Apzīmējumi:

Sprādzienbīstamības zonas:  0.zona  1.zona  2.zona

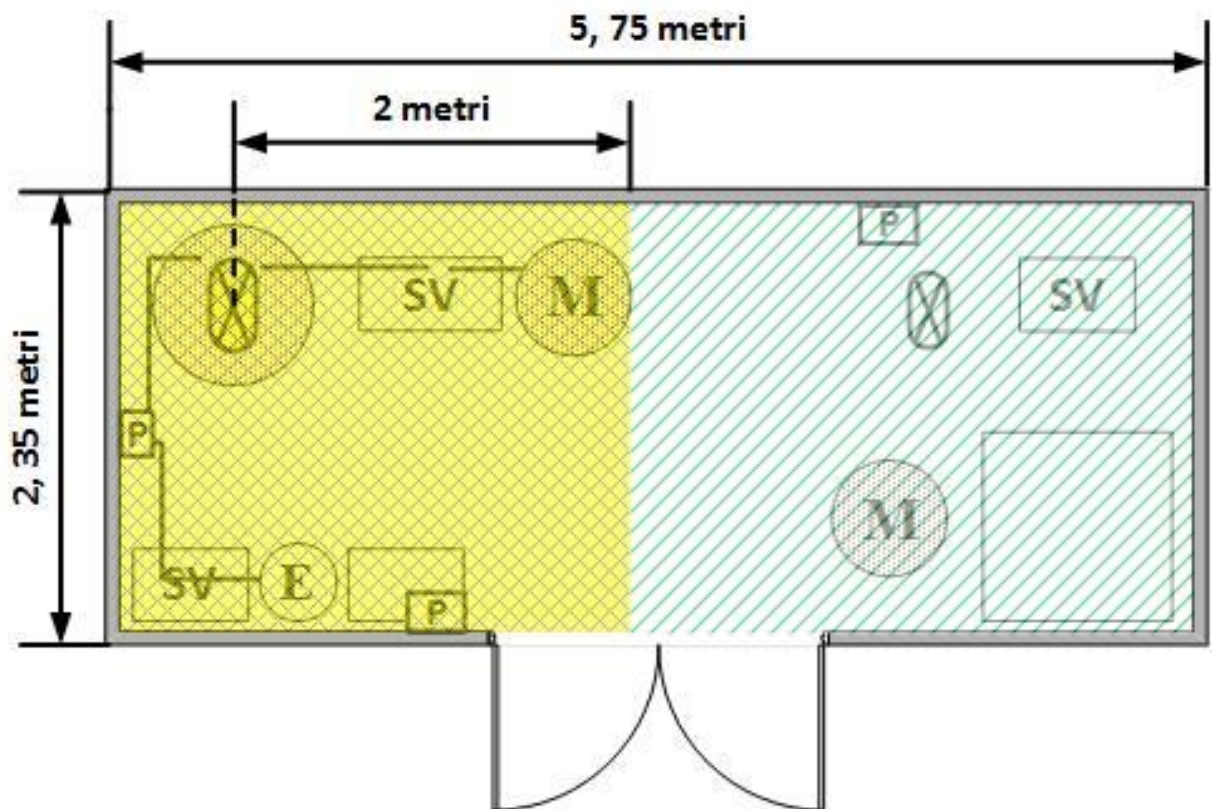
 - zemes līmeņa virsma

 - muca ar ķīmisko vielu Dynasilan

Sprādzienbīstamo zonu attēlojums Iecirknī Nr. 3







Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.3, skatā no priekšpuses




Sprādzienbīstamo zonu attēlojums, Iecirknī Nr.3, skatā no augšpuses


Apzīmējumi:


Sprādzienbīstamības zonas:  0.zona  1.zona  2.zona


 - grīdas līmeņa virsma

  - muca ar ķīmisko vielu Dynasilan

 - elektromotors

 - ventilators

 - vadības skapja panelis

 - tvertne ar etiķskābi

Dokumentārā lapa

Maģistra darbs „*Sprādzienbīstamas darba vides novērtēšanas metodoloģija*”
izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie
informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Ainārs Jurgelāns

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: asoc. profesors Dr.sc.admin. Henrijs Kaļķis 2017.g. ___ maijā

Recenzents: Dr.ķīm., asoc. prof. Andris Alfrēds Spricis

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē 2017. g. ___ maijā.

Dekāna pilnvarotā persona: Vija Gutāne

Darbs aizstāvēts profesionālās maģistru studiju programmas „Darba vides aizsardzība
un ekspertīze” gala pārbaudījuma komisijas sēdē

2017. g. ____ . _____ prot. Nr. _____, vērtējums

Komisijas sekretāre: