

Zabezpečení konkrétní plnicí stanice pro stlačený zemní plyn

Jakub Gerža

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Gerža**
Osobní číslo: **A17165**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Zabezpečení konkrétní plnicí stanice pro stlačený zemní plyn**
Téma práce anglicky: **The Security of a Specific Compressed Natural Gas Filling Station**

Zásady pro vypracování

1. Objasněte problematiku zemních plynů využívaných pro provoz vozidel a vytápění.
2. Vysvětlete principy plnicích stanic na zemní plyn.
3. Zpracujte legislativní požadavky pro provoz plnicích stanic na stlačený zemní plyn.
4. Proveďte rešerši komponentů použitelných pro zabezpečení v plynové stanici.
5. Popište objekt, kde se plnicí stanice nachází a účel jejího využití.
6. Zpracujte analýzu současného stavu zabezpečení areálu.
7. Navrhněte vlastní řešení technického zabezpečení stanice.
8. Vyčíslete ekonomické náklady řešení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. IVANKA, Ján. *Systemizace bezpečnostního průmyslu: Fakulta aplikované informatiky*. Páté. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. ISBN 978-80-7454-410-1.
2. VALOUCH, Jan. *Projektování bezpečnostních systémů: Fakulta aplikované informatiky*. Druhé. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2019. Inženýrská informatika. ISBN 978-80-7454-858-1.
3. LUDĚK, Lukáš a kolektiv. *Bezpečnostní technologie, systémy a management II*. Zlín: VerBUM, 2012. Inženýrská informatika. ISBN 978-80-87500-19-4.
4. LUDĚK, Lukáš a kolektiv. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. Zlín: VerBUM, 2013. Inženýrská informatika. ISBN 978-80-87500-35-4.
5. SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.
6. KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. 3. aktualiz. vyd. Blatná: Blatenská tiskárna, 2006. ISBN 80-902938-2-4.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Rudolf Drga, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: 7. prosince 2019
Termín odevzdání bakalářské práce: 25. května 2020

L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. prosince 2019

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne: 6. 8. 2020

Jakub Gerža v. r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá zabezpečením konkrétní plnicí stanice pro stlačený zemní plyn. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na popis vlastností zemního plynu, jeho použití a na legislativní požadavky pro provoz plnicích stanic. Dále jsou popsány jednotlivé technologické části plnicí stanice na stlačený zemní plyn a komponenty vhodné pro její zabezpečení. Praktická část se zabývá popisem a analýzou stávajícího zabezpečení areálu, ve kterém se stanice nachází. Výstupem práce je návrh vlastního řešení technického zabezpečení, včetně vyčíslení ekonomických nákladů.

Klíčová slova: Zabezpečení, perimetrická ochrana, plnicí stanice, CCTV, stlačený zemní plyn

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the provision of a specific filling station for compressed natural gas. The work is divided into theoretical and practical part. The theoretical part is focused on the description of the properties of natural gas, its use and the legislative requirements for the operation of filling stations. Furthermore, the individual technological parts of the filling station for compressed natural gas and components suitable for its security are described. The practical part deals with the description and analysis of the existing security of the area. The output of the work is the design of its own solution of technical security, including quantification of economic costs.

Keywords: Security, perimeter protection, filling stations, CCTV, compressed natural gas

Tímto bych rád poděkoval Ing. Rudolfu Drgovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za ochotu, věnovaný čas, cenné rady a připomínky, které mi při vypracování práce poskytl.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZEMNÍ PLYN.....	12
1.1 HISTORIE ZEMNÍHO PLYNU	12
1.2 CHARAKTERISTIKA ZEMNÍHO PLYNU	12
1.3 ZÁSOBOVÁNÍ ČR ZEMNÍM PLYNEM.....	14
1.4 ROZDĚLENÍ PLYNOVODŮ.....	15
1.5 MEZE VÝBUŠNOSTI	16
2 POUŽITÍ ZEMNÍCH PLYNŮ.....	17
2.1 VYTÁPĚNÍ ZEMNÍM PLYNEM.....	17
2.2 PROVOZ VOZIDEL NA ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN – LNG.....	18
2.2.1 Historie	18
2.3 PROVOZ VOZIDEL NA STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN – CNG	19
2.3.1 Historie	19
2.3.2 Současnost	20
2.3.3 Princip vozidel na CNG	20
2.3.4 Bezpečnost.....	21
2.3.5 Rozvoj CNG v dopravě.....	22
3 PRINCIPY PLNÍCÍCH STANIC NA ZEMNÍ PLYN.....	23
3.1 STANICE PRO POMALÉ PLNĚNÍ	23
3.2 STANICE PRO RYCHLÉ PLNĚNÍ.....	23
3.2.1 Technologie zařízení	23
3.2.2 Funkce zařízení	24
3.2.3 Technologický kontejner	24
3.2.4 Zařízení pro sušení zemního plynu	25
3.2.5 Filtrační zařízení	25
3.2.6 Kompresor	25
3.2.7 Vyrovňovací nádrž	26
3.2.8 Zásobní nádrž.....	26
3.2.9 Výdejní zařízení.....	27
4 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY PRO PROVOZ STANIC NA STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN	28
4.1 ZÁSADY PROVOZU, POVINNOSTI A NAŘÍZENÍ PRO PROVOZ	28
4.2 BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI TECHNOLOGIÍ OD OBJEKTŮ A ZAŘÍZENÍ.....	30
5 KOMPONENTY VHODNÉ DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU .	31
5.1 KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ	31
5.2 ROZDĚLENÍ DLE KATEGORIÍ.....	32
5.3 ROZDĚLENÍ DLE SKUPIN ZAŘÍZENÍ	33
5.4 ROZDĚLENÍ DLE TEPLOTNÍ KLASIFIKACE.....	34
5.5 STUPNĚ OCHRANY KRYTEM IP.....	35
5.6 ZNAČENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ Z HLEDISKA OCHRANY PROTI VÝBUCHU	35
5.7 PRINCIPY OCHRANY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU.....	36
5.7.1 Pevný závěr Exd	36

5.7.2	Provedení Exe	37
5.7.3	Provedení se zalévací hmotou Exm	38
5.7.4	Ochrana pískovým závěrem Exq	38
5.7.5	Olejový závěr Exo	39
5.7.6	Jiskrově bezpečné zařízení Exi	39
5.7.7	Závěr s vnitřním přetlakem Exp	40
5.7.8	Ochrana typu Exn	41
5.8	KOMPONENTY POUŽITELNÉ PRO ZABEZPEČENÍ STANICE CNG	42
5.8.1	Spínač otevření dveří	43
5.8.2	Snímač teploty	43
5.8.3	Detektor úniku plynu	43
5.8.3.1	Základní typy plynové detekce	43
5.8.4	Opticko – akustická signalizace	44
5.8.5	Kamerový systém	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
6	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ZABEZPEČENÍ OBJEKTU	46
6.1	POPIS OBJEKTU	46
6.2	PERIMETRICKÁ OCHRANA OBJEKTU	46
6.2.1	Oplocení	46
6.2.2	Vjezdové brány	48
6.3	REŽIMOVÁ OPATŘENÍ	50
6.3.1	Kontrola vjezdu na parkoviště	50
6.3.2	Kontrola vjezdu do objektu	51
6.3.3	Kontrola vstupu do objektu	52
6.3.4	Provoz recepce	53
6.3.5	Fyzická ostraha	53
6.3.6	Klíčový režim	53
6.3.7	Pohyb osob v objektu	54
6.4	ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE	54
6.5	KONTEJNER PLNÍČÍ STANICE	55
6.5.1	Detektory úniku plynu	56
6.5.2	Opticko– akustická signalizace	58
6.5.3	Dveřní spínače	59
6.6	VÝDEJNÍ STOJAN	60
6.6.1	Plnění vozidel	61
7	VLASTNÍ NÁVRH ZABEZPEČENÍ PLNÍČÍ STANICE CNG	62
7.1	FYZICKÁ OSTRAHA	62
7.2	KLÍČOVÝ REŽIM	62
7.3	PERIMETRICKÁ OCHRANA	63
7.3.1	Oplocení	64
7.3.2	Vjezdové brány	65
7.4	CCTV	65
7.4.1	Monitoring oplocení	66
7.4.2	Monitoring vjezdových bran	66
7.4.3	Monitoring kontejneru plnící stanice CNG	66
7.4.4	Monitoring výdejního stojanu	67
7.5	ZABEZPEČENÍ PLNÍČÍ STANICE CNG	67
7.5.1	Opticko – akustická signalizace	67

7.5.2	Napojení detektorů úniku plynu na EPS	68
8	EKONOMICKÉ NÁKLADY	71
8.1	ETAPY VÝMĚNY OPLOCENÍ	73
8.2	ETAPY INSTALACE CCTV	74
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK	83

ÚVOD

Rok od roku je kladen stále větší důraz na snižování množství škodlivin v ovzduší, které mají negativní vliv jak na lidské zdraví, tak na ekosystém celé planety. Velké úsilí této problematice věnuje také Evropská unie, která vydává každý rok nová omezení a dochází ke snižování emisních limitů. Průmyslové podniky jsou nuceny investovat stovky milionů do úprav svých zařízení, aby tyto limity splňovaly. Nemalý podíl na znečišťování ovzduší mají také dopravní prostředky, u kterých se začíná čím dál častěji objevovat alternativa pohonu na stlačený zemní plyn, zkráceně CNG.

Výhodou pohonu na stlačený zemní plyn jsou nízké náklady na provoz a velmi nízké emise. V současnosti je v České republice více než 200 čerpacích stanic na stlačený zemní plyn, tudíž se už nevyplácí, jako dříve, zřizování domácích plnicích stanic. U firemních flotil je to stále hojně využívaná varianta, jelikož se využívá nejen pro plnění osobních automobilů, ale také vysokozdvizných vozíků, nebo kamionů.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat současný stav zabezpečení konkrétní plnicí stanice na stlačený zemní plyn, jenž slouží k soukromým účelům a nachází se uvnitř areálu firmy. Tuto plnicí stanici provozuje firma, která spadá do kritické infrastruktury, a proto byl její název pozměněn na FTO s.r.o. Tato firma provozuje plnicí stanici pro vozový park sousední firmy, jejíž název byl změněn na FCO a.s. Tato plnicí stanice se využívá pro plnění kamionů, osobních automobilů a vysokozdvizných vozíků. Na bezporuchovém provozu stanice je plně závislá celá výroba firmy, která provozuje více než polovinu svého vozového parku na stlačený zemní plyn. Při výpadku stanice nelze provádět každodenní nakládku kamionů vysokozdviznými vozíky a hrozí vysoké pokuty za neplnění smluvních podmínek o dodávce.

Teoretická část bakalářské práce popisuje vlastnosti zemního plynu, obecný princip plnicí stanice na stlačený zemní plyn, komponenty vhodné do výbušného prostředí a na závěr komponenty vhodné pro zabezpečení samotné plnicí stanice.

V praktické části je provedena analýza technického zabezpečení stanice i celého areálu a následně je vypracován vlastní návrh zabezpečení. Vzhledem k povaze objektu je brána v úvahu možnost úmyslného poškození zařízení za účelem jeho odstavení z provozu, riziko teroristického útoku, ale i bezpečnost provozu zařízení z hlediska havárie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZEMNÍ PLYN

1.1 Historie zemního plynu

Rok 1813 se považuje za rok vzniku průmyslového plynárenství, kdy začal být osvětlován Londýnský Westminster Bridge. K osvětlování se používal jedovatý svítiplyn, který se vyráběl v plynárnách karbonizací černého uhlí. Jak už název napovídá, svítiplyn se zpočátku využíval hlavně k osvětlování ulic, jako veřejné plynové osvětlení. Roku 1847 byla v Karlíně uvedena do provozu první karbonizační plynárna, která napájela svítiplynem asi 200 pouličních lamp. Jeho funkci později převzala elektrina, avšak svítiplyn byl později rozveden i do domů a začal se hojně využívat na vaření, vytápění a osvětlování domácností.

V roce 1967 se začal svítiplyn pomalu nahrazovat zemním plynem, který byl levnější a daleko bezpečnější. Přechod ze svítiplynu na zemní plyn trval téměř 23let, než byl definitivně ukončen v roce 1996 a výroba svítiplynu úplně zastavena. [1]

1.2 Charakteristika zemního plynu

Zemní plyn je z fyzikálního hlediska směs plynných uhlovodíků, jejichž hlavní složkou je metan. Patří do skupiny vysoce hořlavých plynů, které se používají k vytápění, vaření, ohřevu vody, v teplárnách, elektrárnách a v dopravě. Zemní plyn je oproti svítiplynu nejedovatý, je bez chuti a bez zápachu a je téměř 2 krát lehčí než vzduch. Pro jasnou identifikaci unikajícího zemního plynu se provádí odorizace. Jedná se o nasycení zemního plynu chemickou látkou, která má typický sirný zápach. [1]

Dle způsobu těžby, se zemní plyn dá rozdělit na karbonský a naftový. Karbonský zemní plyn se uvolňuje v uhelných ložiscích, při těžbě černého uhlí, přičemž musí být z bezpečnostních důvodů odsáván. V určitých lokalitách se ovšem tento plyn těží dlouhodobě na základě podrobného průzkumu vlastností ložiska a umělého zvýšení propustnosti uhelných slojí. Naftový zemní plyn získávaný při těžbě ropy, je v současnosti nejvíce využívaným plynem. [2]

U varianty, kdy se zemní plyn získává současně s těžbou ropy, se jedná o zemní plyn vlhký. Zemní plyn suchý, se dá získat z ložisek, která žádnou ropu neobsahují. [2]

Před dálkovou dopravou, je nutné vytěžený zemní plyn upravit na takovou kvalitu, aby ho bylo možné komerčně využívat. Úprava spočívá v odstranění vyšších uhlovodíků, sirných látek a pevných částic. [2]

Tab. 1. Složení zemních plynů [2]

	Metan [%]	Vyšší uhlovodíky [%]	Inertní plyny [%]
Naftový zemní plyn	97,7	1,7	0,6
Karbonský zemní plyn	92,5	2,2	6,3
Rusko	98,4	0,8	0,8
Norsko	93	4,9	2,1

Jelikož se zemní plyn skládá z přírodních uhlovodíků, jejichž hlavní složkou je metan, s proměnlivým obsahem nehořlavých plynů, dělí se dle chemického složení do čtyř skupin.

- Zemní plyny suché (chudé) – až 99% metanu
- Zemní plyny vlhké (bohaté) – mají vyšší podíl vyšších uhlovodíků na úkor metanu
- Zemní plyny kyselé - obsahují vyšší množství sulfanu, který se odstraňuje v místě těžby
- Zemní plyny s vysokým obsahem nehořlavých plynů – dusík a oxid uhličitý

Zemní plyn obsahuje zejména nasycené uhlovodíky, jako jsou etan, propan a butan, které se vyskytují za normálních podmínek v plynném stavu. Uhlovodíky, které jsou za normálních podmínek kapalné, například pentan, se při úpravě oddělují jako plynový kondenzát. [3]

Tab. 2. Vlastnosti zemních plynů [2]

Výhřevnost	34MJ/m ³
Spalné teplo	37,8MJ/m ³
Hustota	0,69 kg/m ³
Meze výbušnosti	5-15 %
Zápalná teplota	650 °C
Množství spalovacího vzduchu	9,56 m ³ vzduchu / M ³ zemního plynu
Teplota plamene	1957 °C

1.3 Zásobování ČR zemním plynem

Česká Republika má svá těžební ložiska na zemní plyn, avšak jejich těžební kapacity jsou tak malé, že pokryjí pouze 1-2% roční spotřeby zemního plynu. Ložiska se nacházejí v oblasti Jižní Moravy a hornoslezské pánve v podobě sorbovaných ložisek v uhelných slojích. Ložiska zemního plynu na území ČR jsou vyobrazeny na obrázku č. 1



Obr. 1. Ložiska zemního plynu na území ČR [4]

Z tohoto důvodu pokrývá téměř veškerou spotřebu zemního plynu v České Republice dovoz plynu z Ruska a Norska. [4]

Přepavní systém zemního plynu v České Republice je významnou součástí přepavního systému mezinárodního, kdy tento tranzitní systém umožňuje zejména přepravu Ruského a Norského plynu z nalezišť do států Evropské unie. Tato dálková přeprava z místa těžby do místa konečné spotřeby je ekonomicky nejnáročnějším článkem přepravy. Zemní plyn se do Evropy přepravuje potrubím v plynné fázi, nebo v tankerech ve formě zkapalněného zemního plynu (LNG). V současné době Evropu křižují sítě mezinárodních plynovodů, jejichž průměry často přesahují 1m a dosahují provozní tlak až 100bar. [5]



Obr. 2. Vnitrostátní přeprava zemního plynu [5]

Do vnitrostátní soustavy vstupuje plyn z okolních států na hraničních předávacích místech, z nichž nejznámější jsou Hora sv. Kateřiny, Lanžhot či Barrandov. Hraniční předávací místa jsou v podstatě regulační stanice, kde se reguluje velmi vysoký tlak (63bar) na vysoký tlak (23bar). Výhradním provozovatelem vnitrostátní přepravy je společnost NET4GAS. Plyn se poté dopravuje pomocí ocelového potrubí z jednoho konce republiky na druhý a zároveň k regionálním distributorům. [4]

1.4 Rozdělení plynovodů

Při projektování nových plynovodů, výstavbu nových plynovodů a přeložek je nutné řídit se dle platných normativních dokumentů, TPG, TDG a TIN. Průmyslové plynovody se rozdělují do různých tříd, kdy se na každou jednu třídu vztahují specifická pravidla. Základní rozdělení průmyslových plynovodů jsou uvedena v tabulkách níže.

Tab. 3. Rozdělení plynovodů dle tlaku [6]

Název	Tlakový rozsah
Nízkotlaký průmyslový plynovod	do 0,05 bar (5kPa) včetně
Středotlaký průmyslový plynovod	0,05 bar (5kPa) – 4 bar (400kPa) včetně
Vysokotlaké plynovody	4bar (0,4 MPa) – 60 bar (6MPa) včetně
Plynovody s velmi vysokým tlakem	0,4 MPa – 10MPa

Tab. 4. Rozdělení plynovodů dle účelu a materiálu [6]

Dle účelu	Dle materiálu
Tranzitní	Uhlíková ocel
Mezistátní	Korozivzdorná ocel
Dálkový	Měď
Místní	Polyetylen
Průmyslový	Sklolaminát
Domovní	Vícevrstvé trubky

1.5 Meze výbušnosti

Zemní plyn je vysoce výbušný, pokud se jeho koncentrace pohybuje v mezích výbušnosti od 4,4% (dolní mez výbušnosti) do 15% (horní mez výbušnosti). Dolní hranice výbušnosti plynu je poměrně vysoká, takže s ohledem na odorizaci plynu je unikající plyn cítit dříve, než dojde k vytvoření jeho výbušné směsi. K výbuchu dochází v případě iniciace zemního plynu se vzduchem, jejíž koncentrace se pohybuje v rozmezí 4,4% obj. až 15% obj. zemního plynu ve vzduchu.

V případech, kdy není dosaženo spodní meze výbušnosti, nedochází k požáru, ani k výbuchu plynu. Pokud koncentrace přesáhne horní mez výbušnosti, dochází k požáru. Hlavním faktorem pro vytvoření rizikové situace je tedy koncentrace směsi zemního plynu se vzduchem a druh iniciace. Například statická elektřina, kouření, používání mobilních telefonů, manipulace s otevřeným ohněm nebo mechanické jiskry. [7]

2 POUŽITÍ ZEMNÍCH PLYNŮ

V roce 2017 schválila evropská unie přísnější limity pro emise Nox, SO₂, CO₂ a dalších znečišťujících látek, které se dotknou všech evropských elektráren i domácností. Mnoho států Evropské unie, včetně České Republiky a Polska, které je ve své energetice na uhlí poměrně závislé, stály v opozici návrhu pro snižování emisních stropů.

Tento krok bude pro spoustu elektráren devastující a budou muset ukončit svůj provoz, z důvodu příliš vysokých investic do zařízení na snižování emisí, které budou stát v řádech miliard EUR. V energetice se již začalo s masivní výstavbou plynových kotlů a spoustu měst čeká, po ukončení provozu elektráren přechod na menší plynové kotelny. Stejná věc se týká i domácností, kdy se postupně budou rušit kotle na tuhá paliva a budou se nahrazovat úspornějšími zařízeními na zemní plyn, který má až o 50% nižší emise.

Vyšší užití zemního plynu lze předpokládat i v dopravě, jelikož je automobilový provoz jedním z největších znečišťovatelů prostředí. Životní prostředí je stále více zatěžováno díky rostoucímu počtu motorových vozidel. Ve velkých městech se doprava podílí na tvorbě škodlivin více než polovinou. Užití CNG (stlačený zemní plyn) nebo LNG (zkapalněný zemní plyn) ve vozidlech je jedním ze způsobů, jak snížit emisní zatížení.

2.1 Vytápění zemním plynem

Při řízeném spalování zemního plynu se na rozdíl od spalování uhlí nebo biomasy neuvolňují žádné nespálené prachové částice či saze, dioxiny či furany. Řízené spalování zemního plynu v plynových kotlích, zajišťuje téměř nulový výskyt oxidu uhelnatého. Emise oxidu dusíku se u moderních plynových kondenzačních kotlů blíží mezním rozsahům běžného měřicího přístroje. Hlavní skleníkový plyn CO₂ nepřesahuje 25 – 50% emisí vznikajících při spalování topného oleje, uhlí nebo biomasy.

Nově objevené zásoby zemního plynu rostou tak rychle, že i při zvyšování spotřeby díky stále vyššímu počtu odběrných zařízení se odhadují na 200 let. Velkou výhodou plynového vytápění je jeho účinnost, která díky pokrokovým technologiím otopných soustav, využívání kogenerace a precizně odladěné regulaci dosahuje až 98% účinnosti. Zemní plyn bude hrát hlavní roli ve vytápění další desítky let, kvůli nemožnosti opuštění spalovacích procesů jako zdroj energie v krátké době. [8]

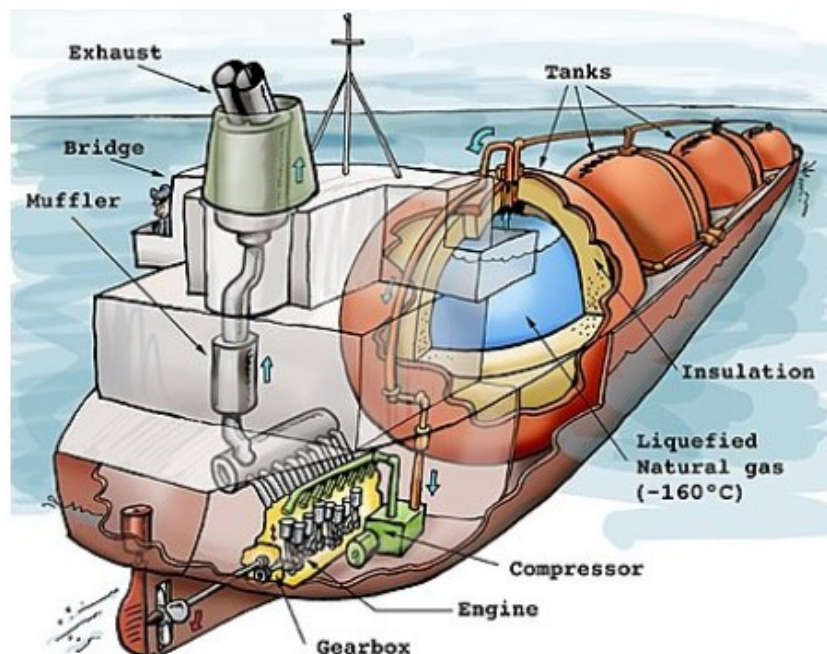
2.2 Provoz vozidel na zkapalněný zemní plyn – LNG

LNG je zkratka pro zkapalněný zemní plyn, která je stejně jak CNG převzata z anglického originálu liquified natural gas. Jeho využití je vhodné zejména pro těžkou nákladní dopravu LNG je kapalina namodralé barvy s minimální viskozitou, která vzniká zkapalňováním zemního plynu při teplotě -162°C . Celý tento proces se děje ve zkapalňovacích nádržích.

2.2.1 Historie

První vybudovaná a provozovaná stanice pro uchovávání zkapalněného zemního plynu byla postavena již v roce 1941 v USA. Přeprava LNG se provádí v kryogenních tancích (izolovaných nádržích) pomocí nákladní, železniční, lodní dopravy nebo potrubím. Doprava potrubím se využívá spíše na kratší vzdálenosti. Pro delší vzdálenosti, nebo do míst, kde není potrubní spojení, se využívá doprava nákladní. Největšími dovozci LNG je Katar, Malajsie, Indonésie a nově se k největším vývozcům přidala Austrálie.

První lodní tanker pro přepravu LNG odplul do Velké Británie v roce 1959. Následné rozšíření obchodu přineslo velkou expanzi flotily, kdy po celém světě plují obrovské lodě, které jsou schopny přepravovat až $266\,000\text{m}^3$ LNG a jsou vybavena zařízeními na zkapalňování.



Obr. 3. Tanker pro přepravu LNG [9]

Hlavní výhodou LNG je jeho malý objem, který je zhruba 600 krát menší, než objem zemního plynu a 3 krát menší než u stlačeného zemního plynu, tudíž se rapidně zvyšuje dojezdová vzdálenost na jednu nádrž. Zároveň se využívá možnosti použití mnohem menších nádrží, které zabírají oproti klasické palivové nádrži daleko méně místa. Energetická hodnota jednoho litru LNG odpovídá asi 0,68 litru benzínu.

Nevýhodou LNG je, že i při tepelně izolované nádrži, při delší odstávce vozidla dochází k jeho odpařování. Skladování při nízkých teplotách je tak technologicky velmi náročné. Další nevýhodou je vyšší riziko při přepravě z důvodu zásobování pomocí cisteren. Využívání CNG pro pohon dopravních prostředků tedy převyšuje LNG svou jednoduchostí, bezpečností při přepravě a celkově nižšími náklady. [10]

2.3 Provoz vozidel na stlačený zemní plyn – CNG

CNG je zkratka pro stlačený zemní plyn, která je převzata z anglického originálu Compressed Natural Gas, jehož hlavní složkou je metan. Jeho užití je vhodné zejména pro osobní dopravu, autobusy nebo vozy městských služeb. Z důvodu velmi nízkých emisí oxidu dusíku, uhlovodíků a prachových částic, jsou automobily plně srovnatelné s dnešními elektromobily. Znečišťování životního prostředí spalováním CNG je minimální.

2.3.1 Historie

Metan byl poprvé použit už v roce 1872 v Ottově spalovacím motoru. Brzy se ovšem začaly používat kapalné pohonné hmoty. [11]

Ve 20. století, díky nedostatku kapalných paliv za první i druhé světové války, došlo opět k návratu k vozidlům s plynným pohonem. Stlačený zemní plyn k pohonu automobilů, v podobě svítiplynu, se začal poprvé používat ve Francii v roce 1930. K rozšíření použití plynu v dopravě do českých zemí došlo v roce 1936 a jeho využití bylo hlavně k pohonu automobilů, autobusů a traktorů. [11]

První kompresní tankovací stanice začaly vyrábět a provozovat Vítkovické železárny, které zároveň provozovaly na svítiplyn své nákladní vozy. Historicky první přestavba automobilu na zemní plyn, v rámci České Republiky proběhla v roce 1981 a téhož roku se začal zemní plyn uplatňovat jako pohonná hmota. [11]

2.3.2 Současnost

V současnosti se díky stále vyšším požadavkům na snižování emisí začíná síť čerpacích stanic CNG hojně rozrůstat. Zemní plyn je nejperspektivnějším alternativním palivem a s jeho masivním rozšířením počítá do budoucna celá Evropská unie.



Obr. 4. Mapa plnicích stanic na zemní plyn [12]

Za rok 2019 se spotřeba zemního plynu v dopravě zvýšila o více než 20%. Po českých silnicích se pohybuje aktuálně 25 tisíc vozidel na stlačený zemní plyn, k dispozici je 207 veřejných plnicích stanic na CNG a 1 stanice na LNG.

2.3.3 Princip vozidel na CNG

Palivová nádrž CNG je plynová tlaková nádoba z ocele, nebo z odlehčených kompozitních materiálů, které jsou umístěny mimo zavazadlový prostor vozidla. U osobních automobilů jsou z pravidla umístěny ze spod vozidla, u autobusů bývají umístěny na střeše. [13]

Nádoby se plní stlačeným zemním plynem při tlaku cca 200 – 250bar. Při jízdě se CNG dostává pomocí vysokotlakého potrubí do vysokotlakého regulátoru, kde dochází k redukci tlaku na tlak provozní. Na základě signálu z řídicí jednotky, krokový motorek upravuje množství plynu do směšovače. Směšovač má za úkol smísit palivo se vzduchem a vytvořit

zápalnou plynnou směs. Funkce směšovače se dá přirovnat k funkci karburátoru či vstřikování benzínu. Elektronická část plynové zástavby slouží k optimálnímu a správnému provozu automobilu na zemní plyn. Řídí dávkování plynu a přerušuje vstřikování benzínu. Ukazatel množství zemního plynu je umístěn u přístrojové desky. [13]

Dojezd vozidla na CNG se pohybuje mezi 250 – 500km. Záleží na jeho velikosti, druhu provozu (město, mimo město) a způsobu jízdy. Vozy určené k provozu na stlačený zemní plyn již od výrobce zachovávají užitnou hodnotu automobilu (nezabírají zavazadlový prostor). Větší počet lahví menších rozměrů se umísťují pod vozidlo či pod zadní sedadla. Váha těchto nádob zhruba odpovídá jejich objemu v litrech (váha 70l nádrže se pohybuje okolo 70kg). Nádoby z odlehčených kompozitních materiálů mají až 3x nižší hmotnost. [13]



Obr. 5. Škoda Octavia CNG [14]

2.3.4 Bezpečnost

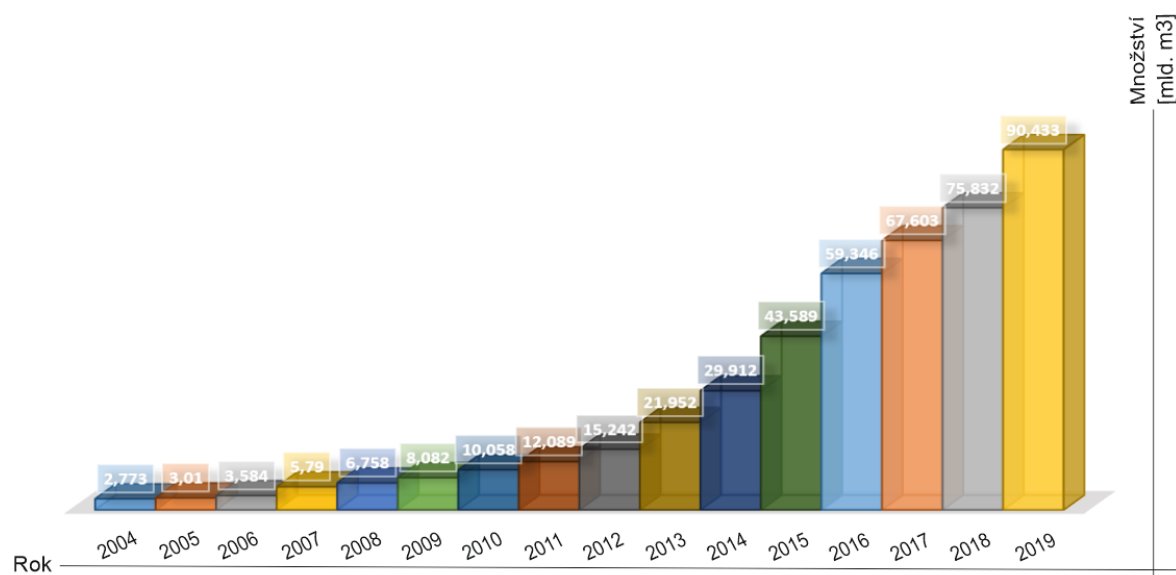
Mnoho lidí zavrhuje automobily s pohonem na stlačený zemní plyn právě z důvodu obav o svoji bezpečnost. Této technologii se obecně nedůvěřuje, protože lidé mají mylnou představu o tom, že při autonehodě může dojít k deformaci tlakových lahví s plynem a následně k jejich explozi. Ve skutečnosti je tato technologie bezpečnější než u vozidel provozovaných na LPG, naftu nebo zemní plyn. Silnostěnné tlakové nádoby vyrobené z oceli, nebo kompozitních materiálů jsou odolnější nárazu než tenkostěnné nádrže na kapalná paliva.

Dále tlakové nádoby na rozdíl od nádrží na kapalná paliva procházejí řadou zkoušek (odolnost proti nárazu, požáru, zvýšení tlaku). [13]

Tlakové nádoby jsou vybaveny bezpečnostními ventily s pojistkami, které zabrání destrukci a roztržení nádoby při havárii vozu. Bezpečnostní ventily mají za úlohu automatického uzavření nádoby, postupného odpouštění plynu a při případném požáru také jeho postupné odhořívání. Pro spolehlivou funkci je nutné podrobit nádoby pravidelným kontrolám a revizím. [13]

2.3.5 Rozvoj CNG v dopravě

V roce 2019 bylo zprovozněno 22 nových veřejných plnicích stanic. Aktuálně největším provozovatelem veřejné sítě plnicích stanic CNG je společnost innogy Energo. Provozovatelem druhé největší sítě je společnost Bonett Gas Investment a.s., která se chystá v budoucnu investovat nemalé množství financí do rozvoje stanic s alternativními palivy, konkrétně do biometanu. Dále je v plánu na základě velké poptávky od firem, rozvoj LNG stanic pro kamionovou dopravu. Vozy na LNG oproti běžným naftovým motorům neprodukuje tolik škodlivin, tudíž řeší problém s vysokým znečišťováním ovzduší ve městech. [15]



Obr. 6. Vývoj výroby CNG v letech 2004 - 2019 [16]

3 PRINCIPY PLNÍCÍCH STANIC NA ZEMNÍ PLYN

Dle způsobu provedení plnění vozidla, se rozlišují stanice pro rychlé plnění a stanice pro pomalé plnění. U stanic pro rychlé plnění se pohybuje doba tankování okolo 5 minut (používané u veřejných plnicích stanic), u stanice pro pomalé plnění trvá tankování v řádu několika hodin (domácí, nebo firemní plnicí stanice).

3.1 Stanice pro pomalé plnění

Hlavním rozdílem pomalu plnicích stanic od rychle plnicích je v tom, že se nepoužívají tlakové zásobníky. Plnění CNG do vozidel probíhá přímo pomocí plnicího zařízení. Výkon kompresoru je omezen maximálním výkonem 20 m³/h a nejvyšším plnicím tlakem 260 bar. Tento způsob je zejména vhodný pro osobní automobily, vysokozdvizné vozíky nebo pro rolby na led, využívané na zimních stadionech, které nejezdí nepřetržitě a je možno je plnit přes noc, nebo v době přestávek jízdy. Podmínkou je mít dostupnou přípojku zemního plynu a přípojku k elektrické síti. [17]

Výhodou těchto plnicích stanic je jejich nízká hlučnost, snadná obsluha a zároveň odpadá nutnost jezdit na veřejné plnicí stanice. [17]

Vzhledem k pořizovací ceně – okolo 150 000 Kč, nutnosti pravidelného servisu a revízi se při úspoře zhruba 30 haléřů/km, začne vyplácet až po 500 000km. Vzhledem ke stále se rozrůstající síti stanic CNG se pro řidiče osobních automobilů vyplatí spíše využívat veřejné rychleplnicí stanice. [17]

3.2 Stanice pro rychlé plnění

Rychleplnicí stanice jsou primárně určeny pro veřejnost a bývají součástí čerpacích stanic na kapalná paliva. Doba plnění automobilu plynem je plně srovnatelná s dobou plnění kapalnými palivy.

3.2.1 Technologie zařízení

- Technologický kontejner – betonový nebo ocelový
- Dosušování a filtrace stlačeného zemního plynu
- Kombinovaný prioritní a sekvenční panel
- Tři sekční svazek tlakových lahví

- VVTL plynovod
- Elektro rozvody
- Výdejní stojan
- Systém detekce úniku plynu

3.2.2 Funkce zařízení

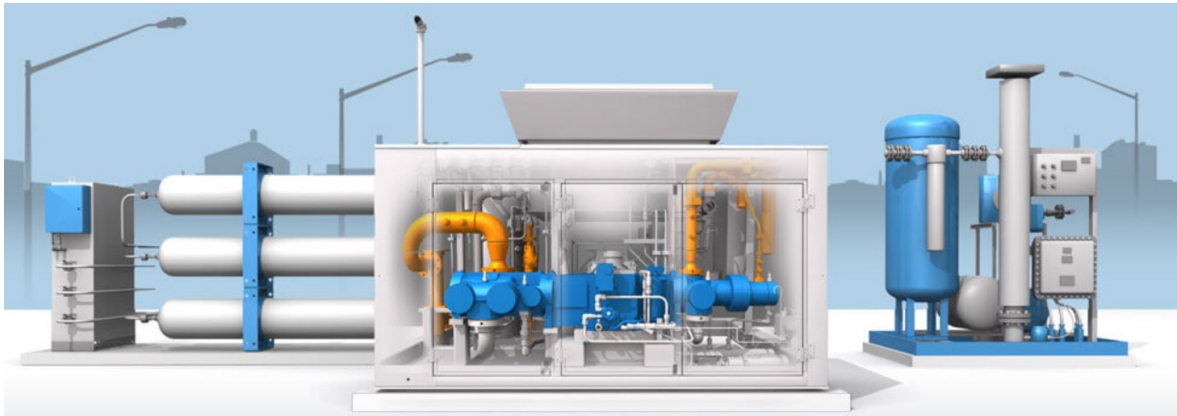
Z přípojky průmyslového plynovodu prochází plyn sušícím a filtračním zařízením, kde je zbaven vlhkosti a zbytkových nečistot. Vysokotlaký kompresor jej stlačuje na tlak cca 250 bar a ukládá do vysokotlakých zásobníků. Vysokotlaké zásobníky mají tři stupně, seřazeny dle tlaku (nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké sekce). [18]

Ze zásobníků plyn putuje přímo do výdejního stojanu, pomocí kterého probíhá plnění vozidel. Rychloupínací koncovka na plnicí hadici výdejního stojanu se připojí k plnicímu ventilu vozidla a poté je do plynových tlakových nádob ve vozidle přepouštěn plyn. Většina stanic je vybavena dvěma typy rychloupínacích koncovek. Menší koncovka pro osobní vozy má označení NGV1, větší koncovka, NGV2 slouží k plnění autobusů či nákladních vozidel. Nejmodernější výdejní stojany jsou vybaveny hmotnostním měřením průtoku plynu, měření teploty a tlaku. [18]

3.2.3 Technologický kontejner

Technologický kontejner je zpravidla ocelová nebo betonová kabina s tepelnou a zvukovou izolací. Slouží k ochraně zařízení před vnějšími vlivy, před poškozením zařízení a před neoprávněnými manipulacemi. Kontejner je rozdělen na strojně technologickou část a část pro elektrorozvaděč s řídicím panelem. Tyto místnosti jsou od sebe plynotěsně odděleny. V kontejneru jsou instalovány veškeré technologie pro provoz plnicí stanice CNG. [19]

Kontejner je dále vybaven detektory úniku plynu, poplachovou signalizací, havarijními tlačítky a zařízení pro havarijní větrání. Před úderem blesku chrání kontejner jímače blesku. Veškerá technologie je vodivě pospojována a uzemněna. [19]



Obr. 7. Technologický kontejner [20]

3.2.4 Zařízení pro sušení zemního plynu

Zařízení pro sušení zemního plynu slouží pro vyloučení tvorby hydrátů a zároveň aby rosný bod plynu při plnicím tlaku 200-250 bar byl nižší než -25°C . K tomuto se používají molekulová síta, která zajišťují adsorpci vodní páry ze zemního plynu a tím se zabrání možnému zamrznutí vody v tlakových nádobách ve vozidlech. Instaluje se buď do rozvodu CNG, do sacího porubí plnicí stanice nebo může být přímo součástí kompresoru. [21]

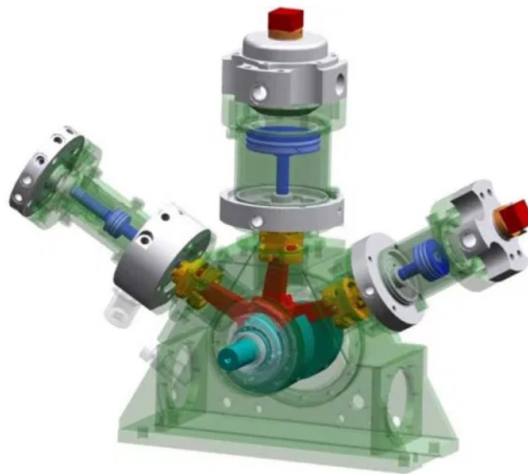
3.2.5 Filtrační zařízení

Filtrační zařízení je neodmyslitelný komponent strojního zařízení, který zajišťuje jeho správnou funkci a zároveň prodlužuje jeho životnost. Jeho hlavní funkcí je odlučování mechanických nečistot plynu. Tyto nečistoty se mohou dostat do potrubí po svařování při přeložkách tras či při čištění hlavních tras veřejných průmyslových plynovodů a mohou poškodit či odstavit zařízení z provozu.

3.2.6 Kompresor

Kompresor je určen pro odběr a stlačování dodávaného zemního plynu a k plnění tlakových zásobníků stanice, či plnění přímo tlakových nádob ve vozidle a to na přetlak až 300 bar. Součástí kompresoru je elektromotor a chladicí systém. Nejčastěji používanými, jsou kompresory pístové. Tyto kompresory jsou vhodné pro provoz, kdy průměrný proběh v pracovní době nepřesáhne 33% a limitní hranice pro elektromotor je 20 spuštění za hodinu. Vše je monitorováno na řídicím panelu kompresoru. Start kompresoru je poté řídicím systémem blokován do doby, než splní podmínky ke startu.

Řídící panel zobrazuje dále chybová hlášení, tlak na vstupu a výstupu z kompresoru, průtočné množství média, tlak v jednotlivých sekcích zásobníků plynu, hodnoty olejového čerpadla (tlak na sání a výstupu) a přehřev oleje. [21] [22]



Obr. 8. Pístový kompresor [23]

3.2.7 Vyrovnávací nádrž

Vyrovnávací nádrž je tlaková nádoba, která slouží jako zásobník CNG pro expanzi na regulátoru a vedení na sání kompresoru. Tím zajišťuje tlumení tlakových rázů v sacím potrubí při provozu kompresoru. Zároveň slouží jako odlučovač vyloučené vlhkosti a zkapalněných uhlovodíků.

3.2.8 Zásobní nádrž

Zásobní nádrž slouží k uskladňování zemního plynu a následnému rychlému plnění do jednoho nebo více automobilů. Díky zásobním nádržím se snižuje počet spuštění kompresoru a tím se prodlužuje jeho životnost. Čím větší kapacita zásobníku je, tím více automobilů se dá naplnit, než dojde k jeho spuštění. [21]

Zásobní nádrž se skládá z jednotlivých tlakových lahví, které jsou rozděleny do tří sekcí s rozdílnými tlaky a rozdílnými vodními obsahy. Jednotlivé sekce jsou uloženy v kovovém potrubí a jsou mezi sebou propojeny vysokotlakým nerezovým potrubím. Díky přepínání jednotlivých sekcí během plnění automobilu, dochází k efektivnějšímu využití skladovací kapacity a zároveň ke zkrácení doby plnění. [21]



Obr. 9. Tlakové láhve se zemním plynem [autor]

3.2.9 Výdejní zařízení

Výdejní zařízení slouží k plnění automobilů zemním plynem, který je prepouštěn ze zásobníků stanice CNG. Veřejné plnicí stanice musí mít instalovány hmotnostní měření průtoku plynu, která jsou pravidelně ověřována. Dále musí být plnicí systém dle TPG 304 02 vybaven zařízením, které brání překročení povoleného množství plynu v nádrži vozidla a překročení tlaku 200 bar při teplotě plynu 15°C. Plnicí přípojka je osazena mechanickou rozpojkou, která slouží k rozpojení hadice a tím brání vytrhnutí a poškození výdejního zařízení, při nechtěném odjezdu automobilu s připojenou hadicí k nádrži. Jak již bylo zmíněno, výdejní stojany jsou vybaveny plnicími pistolemi NGV1 pro osobní automobily a vysokozdvížné vozíky a NGV2 pro nákladní automobily nebo autobusy.

Již několik let je v ČR v provozu systém CNG CardCentra, který využívá většina plnicích stanic CNG. Na těchto stanicích je možno platit speciální kartou, díky níž je možné samoobslužné a bezhotovostní tankování. Při platbě touto kartou poté obdrží zákazník fakturu v měsíčním vyúčtování.

U firemních plnicích stanic je také možné přiřadit tankovací karty buď k jednotlivým automobilům, nebo k zaměstnancům. V centrálním počítači je díky tomuto systému možné vést databázi tankování (četnost tankování, množství plynu, datum a čas) u jednotlivých vozidel, nebo zaměstnanců.

4 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY PRO PROVOZ STANIC NA STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN

Tato kapitola se věnuje legislativě platné pro provoz stanic na stlačený zemní plyn na území ČR a EU. Legislativní požadavky pro provoz těchto stanic jsou vymezeny předpisy Evropské hospodářské komise (EHK) a strategií Evropské unie. V ČR jsou pak dále tyto dokumenty doplňovány a implementovány do zákonných norem ČSN, které se přepracovávají a sjednocují s normami evropskými s označením ČSN EN. [24]

Normativním dokumentem obsahující pravidla správné praxe jsou technická pravidla pro plyn (TPG), TDG a TIN. Jedná se o veřejně dostupný dokument, který je vypracován pomocí konzultací a postupů konsenzu a od okamžiku schválení jsou považována za uznaná technická pravidla. Proces jejich tvorby se řídí Metodickými pokyny pro plánování, tvorbu a schvalování pravidel praxe hospodářské komise České Republiky (HK ČR) a legislativně jsou tato technická pravidla zakotvena v Energetickém zákoně. [24]

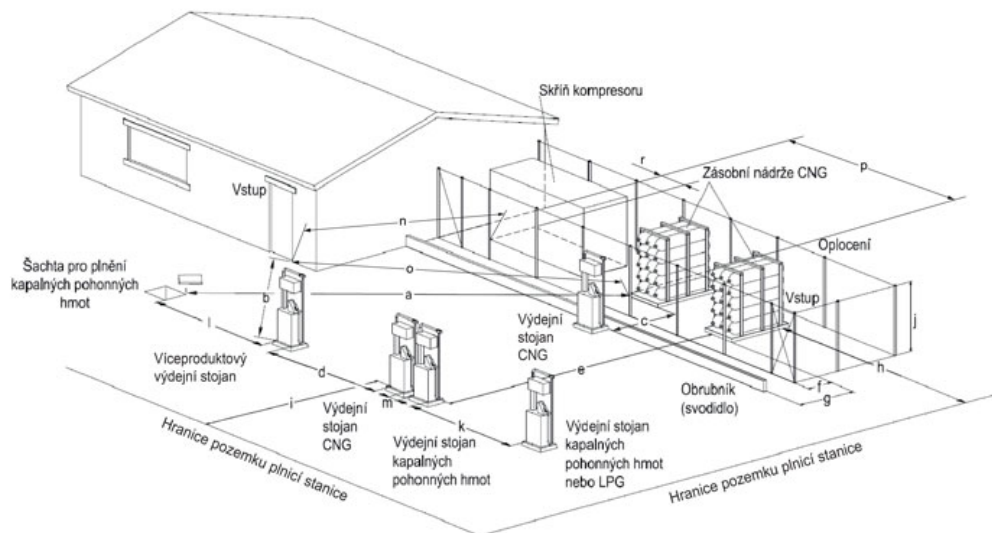
4.1 Zásady provozu, povinnosti a nařízení pro provoz

- Plnicí stanice spadají dle vyhlášky 21/1979 do kategorie vyhrazená plynová zařízení a jejich provozování je možné pouze na základě platného oprávnění a v souladu s místním provozním řádem vypracovaným dle ČSN 38 6405 (Plynová zařízení. Zásady provozu), dle požadavků ČSN 69 0012 (Tlakové nádoby stabilní. Provozní požadavky) a ČSN 07 8304 (Tlakové nádoby na plyny – provozní pravidla).
- U víceproduktových stojanů musí být též respektovány požadavky pro čerpací stanice kapalných pohonných hmot podle ČSN 65 0202 (Hořlavé kapaliny. Plnění a stáčení výdejní čerpací stanice).
- Ve smyslu zákona č. 458/2000 Sb. se nepovažují plnicí stanice stlačeného zemního plynu za plynárenská zařízení
- Vybavení plnicí stanice a podmínky provozu z hlediska zajištění požární ochrany a bezpečnosti udává zákon č 133/ 1985 Sb., vyhláška č. 246/2001 Sb. a vyhláška č. 23/2008 Sb.
- Povinnost mít zpracovaný havarijní plán pro provoz plnicí stanice podle vyhlášky č. 450/2005 sb.
- Dle nařízení vlády č. 406/2004 Sb. musí být provozovatelem zpracována dokumentace

- Obsluha plnicí stanice musí být dle zákona č. 174/1968 Sb., vyhlášky č. 21/1979 Sb. a vyhlášky č. 18/1979 Sb. starší 18 let, zdravotně způsobilá a prokazatelně zaškolená pro obsluhu stanice a pro případ havárie.
- Pravidelné odborné prohlídky určuje zákon č. 174/1968 Sb., vyhláška č. 21/1979 Sb. a vyhláška č. 18/1979 Sb.
- Zákon č. 311/2006 Sb. se zabývá požadavky a jakostí pohonných hmot, včetně stlačeného zemního plynu, prodejem a výdejem pohonných hmot, registraci distributorů pohonných hmot, evidencí čerpacích a dobíjecích stanic a výdejních jednotek pohonných hmot
- Živnostenský zákon č. 455/1991 Sb. určuje, kdo a za jakých podmínek může vyrábět a prodávat technologii CNG, provádět její servis a provozovat plnicí stanice CNG
- Elektrická zařízení instalovaná v prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu, musí splňovat požadavky ČSN EN 60079-14
- Podle požadavků normy ČSN 73 0848 musí být nainstalován havarijní vypínací prvek CENTRAL STOP
- Dle TPG 304 02 musí být výdejní zařízení umístěna tak, aby byla snadno viditelná z místa obsluhy, nebo kontrolovatelná kamerovým systémem

4.2 Bezpečné vzdálenosti technologií od objektů a zařízení

Z důvodu bezpečnosti musí být od okolních objektů dodržovány následující vzdálenosti:



Nejmenší vzdálenosti zásobních nádrží a výdejních zařízení od ostatních objektů a zařízení

Kóta	Nejmenší vzdálenost [m]	Kóta	Nejmenší vzdálenost [m]	Kóta	Nejmenší vzdálenost [m]
a	5	g	2	l	5 ^{***}
b	3	h	5 [*]	m	0,2
c	2		10 ^{**}	n	3
d	6,5	i	4	o	3
e	6,5	j	2	p	1
f	1	k	6,5	r	1

* Zásobní nádrže (sekce) o objemu do 10 m³

** Zásobní nádrže (sekce) o objemu nad 10 m³

Obr. 10. Nejmenší vzdálenosti zásobních nádrží výdejních zařízení od ostatních objektů a zařízení [21]

Legislativa provozu plnicí stanice na stlačený zemní plyn je velmi obsáhlá, neustále dochází ke změnám a aktualizacím jednotlivých norem a předpisů. Pro tuto kapitolu byly vybrány nejzákladnější a z mého pohledu nejdůležitější legislativní podmínky, které se vztahují k provozu plnicí stanice CNG.

5 KOMPONENTY VHODNÉ DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU

Veškeré komponenty instalované uvnitř plnicí stanice na zemní plyn patří do speciální kategorie elektrických zařízení, které představují pro člověka potenciální nebezpečí. Toto provedení komponentů je určeno do prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu a tato kapitola stručně popíše tyto komponenty, jejich značení a rozdělení. [25]

Jedná se o zajištění ochrany takovým způsobem, aby komponenty při provozování ve výbušném prostředí nepředstavovaly hrozbu iniciace jiskřením nebo vlivem vysoké teploty. Na elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu se dle zákona č. 22/1997 Sb. (Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů) a dle nařízení vlády č. 23/2003 Sb. (Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu) vztahuje evropská směrnice 94/9/EC (ATEX). [25]

5.1 Klasifikace prostředí

Koncepce je založena na pravděpodobnosti vzniku výbuchu. Jedná se o poměr násobku přítomnosti výbušné směsi a existence zdroje iniciace. Podle hrozícího stupně rizika výbuchu se výbušné prostředí klasifikuje do jednotlivých zón, které mají zvláštní označení pro výbušné plyny a páry, kde se zóny značí číslem 0, 1, 2 a zvláštní značení pro prach které je 20,21,22. Rozdělení těchto zón je zobrazeno níže v tabulce.

Tab. 5. Pravděpodobnost výskytu výbušné atmosféry [26]

Zóna		Charakteristika	Pravděpodobnost výskytu
20	0	Výskyt výbušné atmosféry je trvalý, nebo velmi častý	Nad 10% provozní doby Nad 1000 hod. ročně
21	1	Oblast, ve které existuje zvýšené riziko vzniku výbušné atmosféry	0,1-10% provozní doby 10 – 1000 hod. ročně
22	2	Oblast, ve které existuje velmi malé riziko vzniku výbušné atmosféry. Pokud ke vzniku dojde, tak pouze na krátkou dobu	0,1% provozní doby Max. 10h ročně

5.2 Rozdělení dle kategorií

Kategorizace zařízení je definována směrnicí ATEX (94/9/EC), která posuzuje účinnost zdroje iniciace a poruchových stavů elektrických zařízení za různých provozních podmínek. Kategorie určená pro prachy se značí D (dust), kategorie pro plyny a páry G (gas) a speciální kategorie určená pro doly, kde existuje pravděpodobnost vzniku výbušné atmosféry, se značí M (mine). [25]

Koncentrace metanu v dole je trvale monitorovaná, a pokud nepřekročí svou mez, mohou být stále provozována zařízení kategorie M1 i kategorie M2. Pokud dojde k překročení stanovených limitních hodnot, všechna elektrická zařízení kategorie M2 se vypínají a dále zůstávají v provozu pouze zařízení kategorie M1. Rozdělení kategorizace je uvedeno v následující tabulce. [25]

Tab. 6. Rozdělení elektrických zařízení dle 94/9/EC do skupin [25]

Kategorie			Vznik zdroje iniciace
1D	1G	M1	Nejvyšší úroveň zabezpečení elektrického zařízení proti výbuchu. Zdroj iniciace se za normálních podmínek nevyskytuje v případě jedné poruchy, ani v případě dvou nezávislých poruch
2D	2G	M2	Zdroj iniciace se za normálních podmínek nevyskytuje, ani v případě jedné poruchy
3D	C	-	Zdroj iniciace se nevyskytuje pouze v případě normálních provozních podmínek

Jako doplňková norma, z důvodu přejímání norem IEC evropskou unií, začíná používat doplňkové označování kategorie dle IEC s názvem „úroveň ochrany zařízení“ (EPL).

- U kategorie APEX kategorie 1, je značení „a“
- U kategorie APEX kategorie 2, je značení „b“
- U kategorie APEX kategorie 3, je značení „c“

Porovnání doplňkového a povinného značení je zobrazeno v tabulce níže.

Tab. 7. Povinné doplňkové značení [27]

Povinné značení dle směrnice ATEX (94/9/EC)	Úroveň ochrany zařízení EPL
Výbušná prostředí - Doly	
M1	Ma
M2	Mb
Výbušná atmosféra - Plyny	
1G	Ga
2G	Gb
3G	Gc
Výbušná atmosféra - Prachy	
1D	Da
2D	Db
3D	Dc

5.3 Rozdělení dle skupin zařízení

Dle směrnice ATEX (94/9/EC) se zařízení dělí do dvou skupin

- Skupina I - vyhrazena pro doly s nebezpečím výbuchu důlního plynu
- Skupina II - vyhrazena pro všechna ostatní zařízení na povrchu – prostředí nebezpečí výbuchu plynů a par (G) a prostředí nebezpečí výbuchu prachů (D). [27]



Dle IEC se zařízení dělí do tří skupin

- Skupina I - vyhrazena pro doly s nebezpečím výbuchu důlního plynu
- Skupina II – Zde se zařazují všechna zařízení na povrchu, v prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par (G), které se dělí na podskupiny A, B, C.
- Skupina III - nově zavedená skupina oproti normě ATEX – tato skupina je vyhrazena pro zařízení na povrchu do prostředí s nebezpečím výbuchu prachů (D). Tato skupina se také dělí do tří podskupin A, B, C. [27]

Podskupiny skupin II a III odpovídají třídám výbušnosti jednotlivých plynů, které jsou zobrazeny v následující tabulce. Z tabulky vyplývá, že zařízení IIA nelze provozovat v prostoru s nebezpečím výbuchu vodíku IIC. Zařazení plynů do podskupin je založeno na

maximální bezpečné spáře nebo na minimálním zápalném proudu, tedy dle zápalné energie (jiskry). Neexistuje normální vztah mezi zápalností látky, teplotou a jiskrou.

Tab. 8. Rozdělení do podskupin [27]

	Nízká bezpečnost IIA	Střední bezpečnost IIB	Nejvyšší bezpečnost IIC	Nízká bezpečnost IIIA	Střední bezpečnost IIIB	Nejvyšší bezpečnost IIIC
Možnost použití	IIA	IIA, IIB	IIA, IIB, IIC	IIIA	IIIA, IIIB	IIIA, IIIB, IIIC
	Terpentýn Metanol Propan toluen	Sirovodík Etylen, furan akrylonitril	Sirouhlík Acetylen Vodík	Vodivé prachy	Nevodivé prachy	Hořlavé vláknité prachy (hedvábí, bavlna, juta atd.
	Výbušné atmosféry (II 1G, II 2G, II 3G)			Výbušné atmosféry s hořlavým prachem (II 1D, II 2D, II 3D)		

5.4 Rozdělení dle teplotní klasifikace

Rozdělení do teplotních tříd je dáno povrchovou teplotou částí elektrického zařízení, které jsou vystaveny kontaktu s výbušnou atmosférou a dělí se následovně:

- Maximálně 150°C pro místa, na nichž je možnost usazování uhelného prachu ve vrstvě
- Maximálně 450°C – místa u nichž je vyloučena možnost usazování uhelného prachu ve vrstvě

U zařízení skupiny II jsou přesně definované teplotní třídy, které stanovují maximální přípustnou povrchovou teplotu zařízení. [28]

Tab. 9. Rozdělení do teplotních tříd [28]

Teplotní třída	Maximální povrchová teplota	Možnost použití
T1	450 °C	T1
T2	300 °C	T1, T2
T3	200 °C	T1, T2, T3
T4	135 °C	T1, T2, T3, T4
T5	100 °C	T1, T2, T3, T4, T5
T6	85 °C	T1, T2, T3, T4, T5, T6

5.5 Stupně ochrany krytem IP

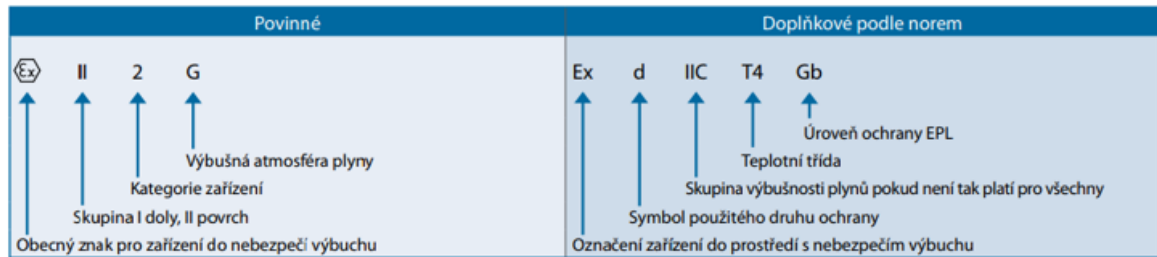
Stupeň krytí je konstrukční opatření, které je součástí elektrického předmětu a poskytuje ochranu před poškozením a vniknutím cizích předmětů, prachu, plynů, vody apod. Stupeň ochrany krytem definuje norma ČSN EN 60 529. IP (international protection) kód je tvořen dvěma číslicemi. První z nich udává stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizího předmětu, druhá udává stupeň krytí před vniknutím vody.

Tab. 10. Tabulka krytí IP [29]

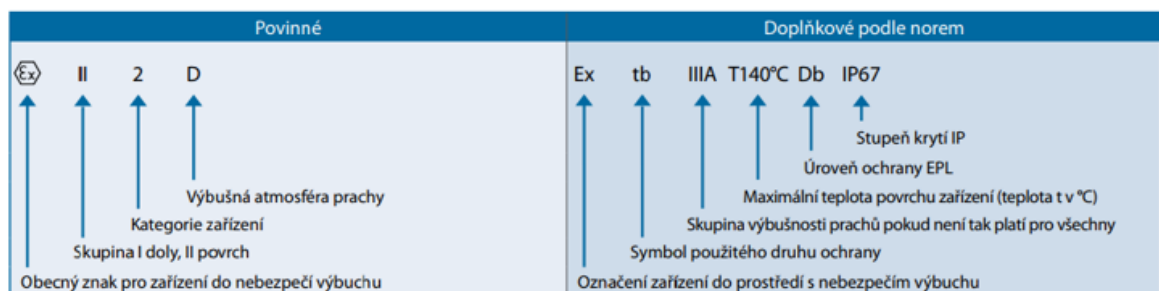
Stupeň krytí před dotykem nebezpečných částí	Stupeň krytí před vniknutím pevných cizích těles	Kód IP		Význam pro ochranu před vniknutím vod s nebezpečnými účinky
(nechráněno)	(nechráněno)	0	0	(nechráněno)
Hřbetem ruky	O průměru ≥ 50 mm	1	1	Svisle kapající
Prstem	O průměru $\geq 12,5$ mm	2	2	Kapající – kryt ve sklonu 15°
Nástrojem	O průměru $\geq 2,5$ mm	3	3	Kropení (déšť) – rozstřík vody 60°
Drátem	O průměru $\geq 1,0$ mm	4	4	Stříkající ze všech směrů
Drátem	Chráněno před prachem částečně	5	5	Tryskající ze všech směrů
Drátem	Plně prachotěsné	6	6	Intenzivně tryskající ze všech směrů
		-	7	Dočasné ponoření (30min.) 0,15m nad vrchem a 1m nad spodkem
		-	8	Trvalé ponoření dle dohody mezi výrobcem a odběratelem

5.6 Značení elektrických zařízení z hlediska ochrany proti výbuchu

Ve značení elektrického zařízení vhodného pro použití do prostředí s nebezpečím výbuchu platí povinný způsob značení dle směrnice 94/9/EC (ATEX) a nepovinné, doplňkové značení používané v harmonizovaných normách, které vyjadřují bližší údaje o způsobu ochrany elektrických zařízení.



Obr. 11. Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry [27]



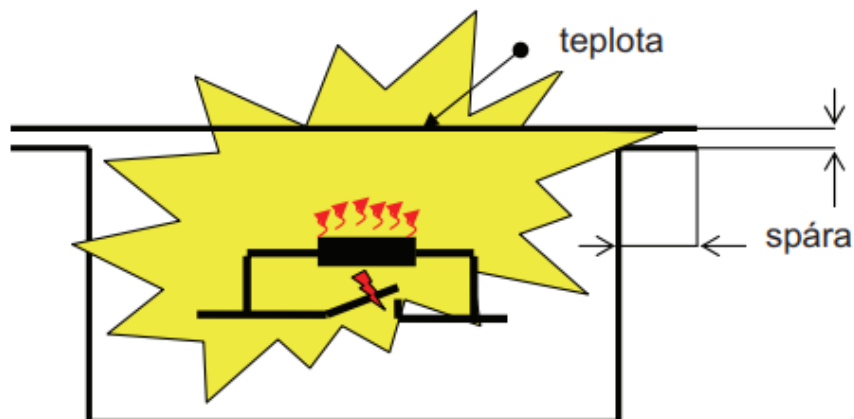
Obr. 12. Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro prachy [27]

5.7 Principy ochrany elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu

Jelikož je toto téma velmi obsáhlé a principů je spousta, bude se tato část práce věnovat pouze principům ochrany elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par.

5.7.1 Pevný závěr Exd

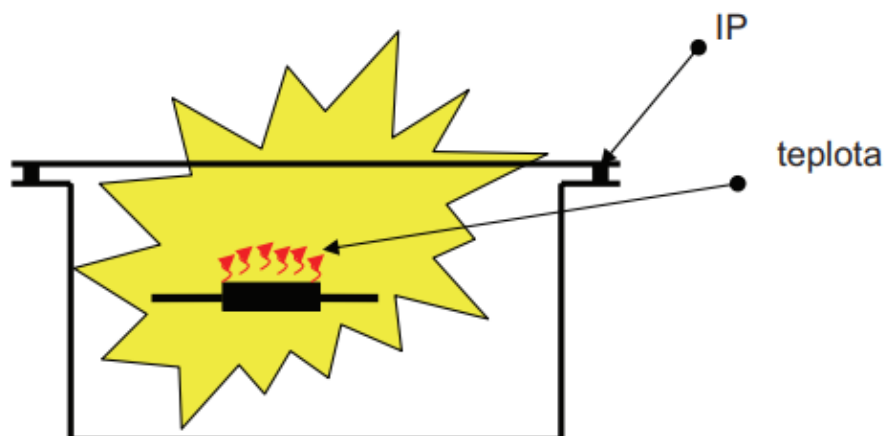
Pevný závěr je nejstarší typ ochrany proti výbuchu. Využívá se pro všechny druhy elektrických zařízení, nejčastěji však u kategorie M2, tedy v dolech kde hrozí nebezpečí výbuchu metanu. U tohoto typu ochrany se počítá s možností vniknutí výbušné atmosféry dovnitř závěru k částem představující zdroj iniciace. V případě, že dojde k iniciaci uvnitř závěru, musí závěr odolat výbuchovému tlaku a zároveň pomocí ochlazování výbuchových zplodin a plamene spárami závěru, zabránit rozšíření do okolních prostor. Dle třídy, pro jakou je daný závěr konstruován, se volí velikost a konstrukce nevýbušných spár. [25]



Obr. 13. Pevný závěr exd [25]

5.7.2 Provedení Exe

Provedení typu Exe stejně jako Exd připouští možnost vniknutí výbušné atmosféry dovnitř závěru. Avšak oproti Exd provedení není závěr konstruován jako odolný proti výbuchu, a proto se v něm nesmí vyskytovat žádné potenciální zdroje iniciace (horké povrchy, jiskřící části). Tento typ ochrany tedy nelze použít tam, kde se vyskytují jakékoliv jiskřící komponenty. Nejiskřící části, které jsou chráněné závěrem, musí v případě obvyklých poruch zůstat bezpečné. Aby nemohlo dojít ke vzniku jiskry, musí být dostatečně dimenzované povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti mezi živými částmi. Zvýšení ochrany zajišťuje i stupeň krytí IP. Tento způsob ochrany nelze aplikovat pro ochranu elektronických součástek na deskách tištěných spojů, kde nelze poruchové stavy jednoznačně určit. Nejčastější využití u asynchronních elektromotorů, akumulátorů, transformátorů či určitých typů svítidel. Tímto způsobem ochrany lze dosáhnout kategorie M2 a lze tento způsob ochrany použít pro všechny třídy výbušnosti plynů a par. [25]

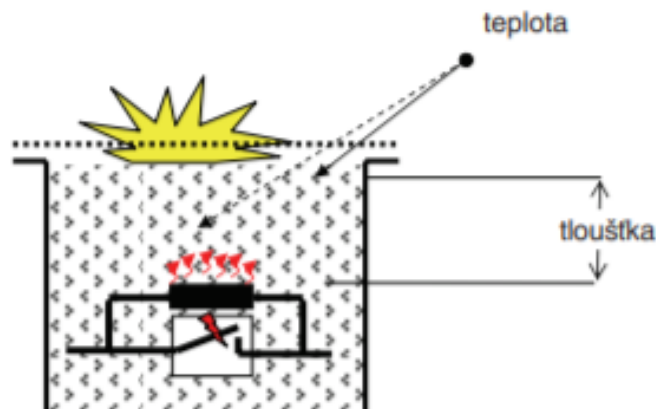


Obr. 14. Provedení Exe [25]

5.7.3 Provedení se zalévací hmotou Exm

Provedení ochrany EXm funguje na principu zalití iniciačních zdrojů do izolační zalévací hmoty. Tím se zabrání přístupu výbušné atmosféry k potenciálním zdrojům iniciace. Tento druh ochrany nelze použít tam, kde se nacházejí pohybuující se části (relé nebo spínače), až na drobné výjimky hermeticky uzavřených částí. Na mechanickou, elektrickou a tepelnou odolnost jsou kladeny vysoké požadavky po celou dobu její životnosti. Na tloušťku zalití jsou dány minimální požadavky, přičemž musí zálivka zajišťovat ochranu jak při normálním provozu, tak při poruchových stavech zalitých součástí. Limitujícími faktory je teplota v místě styku zalévací hmoty se součástkami i na povrchu zařízení. V případě vnitřního zkratu nesmí dojít k poškození ochrany a proto má tento typ ochrany dvě úrovně konstrukční bezpečnosti. [25]

- Úroveň ma (vysoká úroveň) – dosahuje úrovně bezpečnosti zařízení kategorie M1
- Úroveň mb (nižší úroveň) – úroveň s nižšími požadavky, která dosahuje úrovně bezpečnosti zařízení kategorie M2

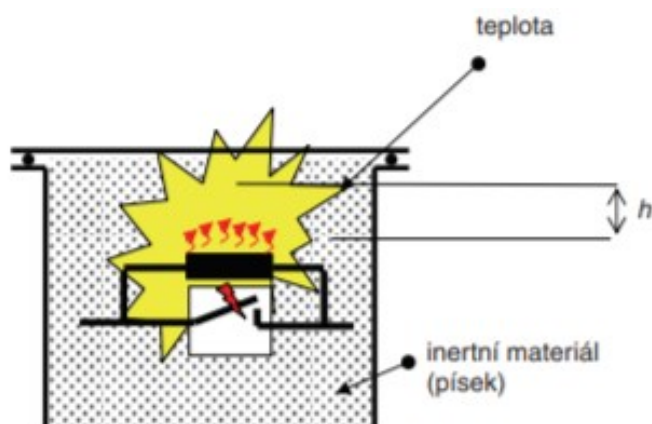


Obr. 15. Ochrana zalévací hmotou Exm [25]

5.7.4 Ochrana pískovým závěrem Exq

U typu ochrany pískovým závěrem se počítá s vniknutím výbušné atmosféry k potenciálním zdrojům iniciace. Princip spočívá v tom, že v případě iniciace, je zde vrstva materiálu na bázi křemene (nejčastěji sklo nebo keramika), která se postará o uhašení výbuchu a tím zabrání jeho přenesení do vnější atmosféry. Materiál jako ochrana zcela vyplňuje vnitřní objem závěru. Omezení použitelnosti této ochrany je dáno výkonem, proudem a napětím chráněného elektrického zařízení. Limitujícími faktory je maximální ztrátový výkon v případě vnitřního zkratu, povrchová teplota závěru a teplota v určité vrstvě písku. Prvky nacházející se uvnitř zařízení musí být chráněny samostatně krytem. Úroveň konstrukční

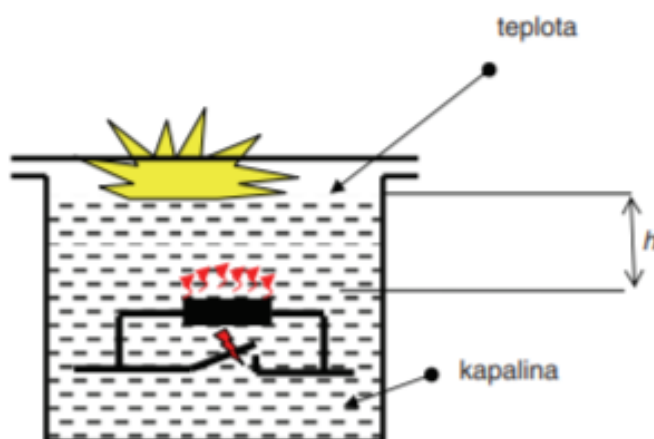
bezpečnosti zařízení u této ochrany dosahuje kategorie M2. Nejčastější aplikace této ochrany u elektronických předřadníků. Ochranu lze použít pro plyny výbušnosti všech tříd. [25]



Obr. 16. Ochrana pískovým závěrem Exq [25]

5.7.5 Olejový závěr Exo

Tento typ ochrany funguje na principu zamezení přístupu výbušné atmosféry k místům, kde hrozí iniciace. Elektrické zařízení je ponořeno do předem dané minimální hloubky kapaliny, u které musí být neustále kontrolována výška hladiny. V současné době se používají nehořlavé izolační kapaliny. V současné době se tento typ ochrany už spíše nepoužívá, jelikož byla vyvinuta speciálně pro ochranu olejových důlních vypínačů, avšak používání hořlavých kapalin je v dolech zakázáno. Tento typ ochrany dosahuje úrovně bezpečnosti kategorie 2. [25]



Obr. 17. Ochrana olejovým závěrem Exo [25]

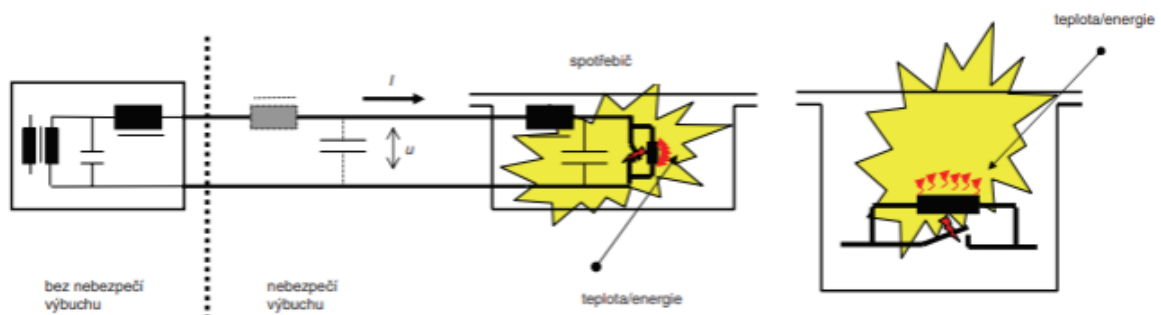
5.7.6 Jiskrově bezpečné zařízení Exi

Jedná se o nejrozšířenější typ ochrany a je používán především pro elektronická, nebo elektrická zařízení pro měření a regulaci. Pod jiskrově bezpečná zařízení patří i jiskrově

bezpečné obvody a návazná jiskrově bezpečná zařízení. Principem tohoto druhu ochrany je, že dojde ke snížení energie na tak nízkou úroveň, při které již není možné iniciovat výbušnou atmosféru jiskrou ani teplotou součástí. U návazně jiskrových zařízení je v místě s nebezpečím výbuchu umístěn pouze spotřebič a zdrojová část se nachází v místě mimo nebezpečí výbuchu. U těchto obvodů je potřeba hodnotit mimo energie samotného zdroje, také energii akumulovanou ve spotřebiči a propojovacím vedení. U tohoto typu ochrany se předpokládá, že výbušná atmosféra může být ve styku s jakoukoliv jinou částí jiskrově bezpečného zařízení. Zařízení musí být bezpečná jak za normálního provozu, tak v případě vzniku poruch, a proto se v závislosti na toleranci poruch rozlišují tři úrovně bezpečnosti. [25]

- Úroveň ia (nejvyšší úroveň) – zařízení je bezpečné při dvou nezávislých poruchách
- Úroveň ib – zařízení je bezpečné při jedné poruše
- Úroveň ic – zařízení je bezpečné pouze při normálním provozu

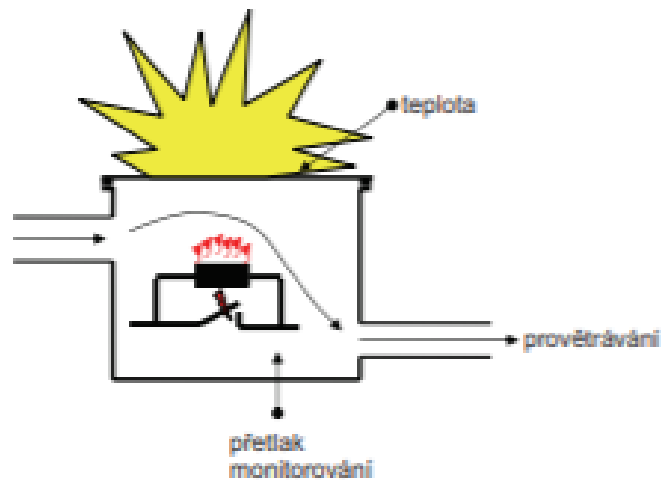
Úroveň bezpečnosti zařízení lze dosáhnout všech tří kategorií, v závislosti na počtu poruch, při kterých je zařízení bezpečné.



Obr. 18. Jiskrově bezpečné zařízení Exi [25]

5.7.7 Závěr s vnitřním přetlakem Exp

S využitím této ochrany se lze setkat nejčastěji u vysokonapěťových elektromotorů nebo elektrických rozvaděčů. Tato ochrana zabráňuje pomocí přetlaku uvnitř závěru (přetlak vzduchu nebo inertního plynu), aby se k elektrickým částem dostala vnější výbušná atmosféra. Za provozu je nutné trvalé sledování přetlaku a před každým uvedením vnitřních částí pod napětí, je nutné provětrat závěr. Podle provětrání a v souvislosti s vybavením závěru se dělí na tři skupiny (px, py a pz). Lze dosáhnout úrovně ochrany kategorie 2, M2 nebo 3. [25]

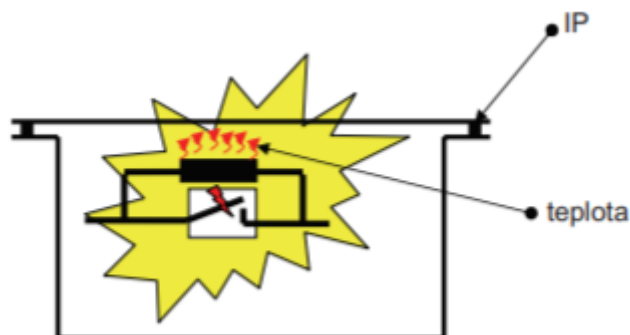


Obr. 19. Závěr s vnitřním přetlakem Exp [25]

5.7.8 Ochrana typu Exn

Ochrana typu n (nejiskřící) lze použít pouze pro zařízení kategorie č. 3. Jsou to zařízení zajišťující úroveň bezpečnosti pouze při normálním provozu. Ochrana typu n se využívá například pro osvětlení, asynchronní motory a také se využívá pro účely měření a regulace. Počítá se zde s rizikem, že výbušná atmosféra může přijít do styku s elektrickými komponenty uvnitř zařízení, a proto se z tohoto důvodu používá tato ochrana pouze pro nejiskřící komponenty, nebo komponenty s akceptovatelnou povrchovou teplotou. Za písmenem „n“ se přidává dodatečné písmeno, které charakterizuje konkrétní způsob ochrany proti výbuchu. [25]

- Ochrana nA – nejsou přítomny žádné jiskřící zdroje iniciace
- Ochrana nC – horký nebo jiskřící prvek je chráněn hermetickým krytem
- Ochrana nL - nízká úroveň elektrických komponentů
- Ochrana nR – ochrana zajištěná hermeticky uzavřeným krytem

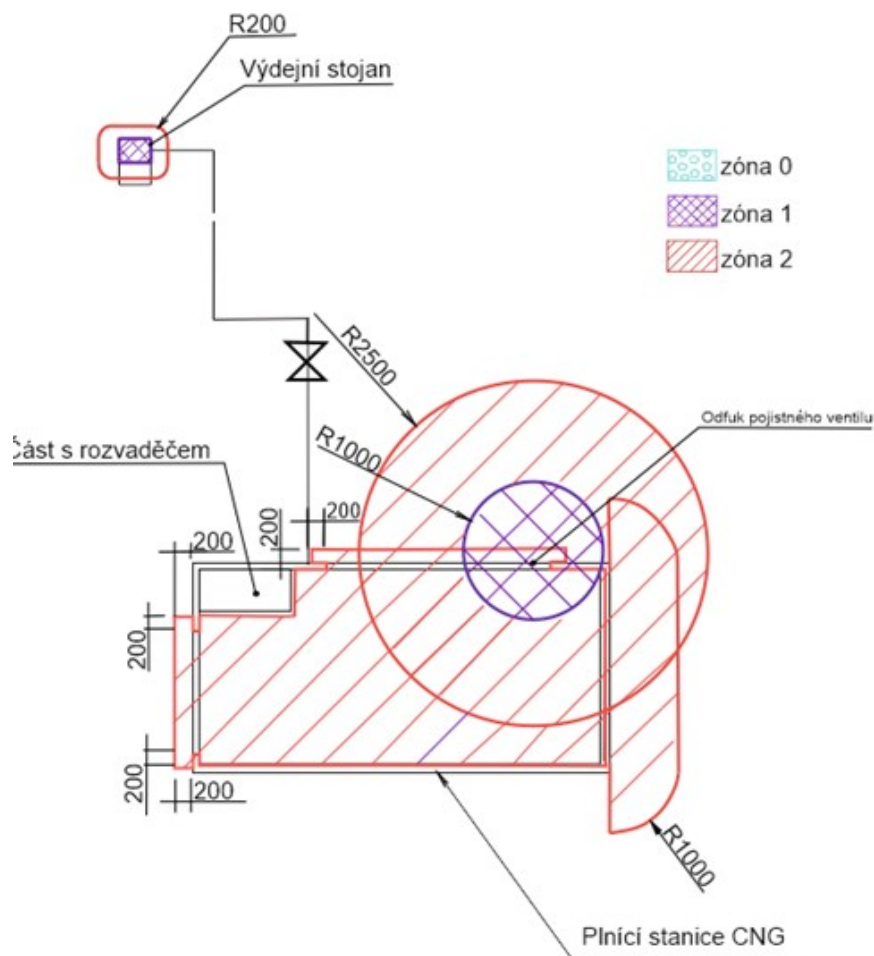


Obr. 20. Ochrana typu Exn [25]

Tato kapitola se věnovala typu komponentů, které se používají pro plnicí stanice. Všechny komponenty uvnitř kontejneru musí být v provedení do výbušné atmosféry. Popsaly se ze jednotlivé typy elektrických ochranných zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par a jejich princip. Jelikož je toto téma velmi obsáhlé, nebyly zde podrobněji rozebírány komponenty v provedení s ochranou do prostředí s nebezpečím výbuchu prachu, které se plnicích stanic na zemní plyn netýkají.

5.8 Komponenty použitelné pro zabezpečení stanice CNG

Komponenty použité pro zabezpečení plnicí stanice CNG se dají rozdělit dle umístění na komponenty do prostředí s nebezpečím výbuchu a na komponenty do prostředí, kde toto nebezpečí nehrozí. Rozdělení a určení vzdáleností do jednotlivých zón určuje TPG 304 02 - Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla. Nebezpečné prostory v předpisu uvádějí maximální rozměr zóny, který může být snížen na základě použití metod ochrany IEC 60079-10-1. Zóny analyzované plnicí stanice jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.



Obr. 21. Zóny výbušného prostředí u analyzované plnicí stanice CNG [autor]

Zóna 1 je klasifikována rádiusem 1000 mm okolo výfuku pojistného ventilu a uvnitř výdejního stojanu. Zóna 2 je klasifikována pro vnitřek plnicí stanice, 200 mm každým směrem od dveřních vstupů, 2500 mm rádius okolo odfuku pojistného ventilu a 1000mm rádiusem kolem větracích otvorů. Rychlospojka tankovací pistole nespadá do žádné zóny.

5.8.1 Spínač otevření dvěří

Pro kontrolu vstupu do kontejneru plnicí stanice, lze použít například mechanický koncový spínač XCWD.115L od výrobce Generi. Spínač slouží k signalizaci otevření vstupních dveří, je nainstalován do zárubně a jeho akční člen je ocelová páka s plastovou kladkou. Uvnitř stanice, kde je klasifikována výbušná zóna 2, musí být spínač v provedení dle směrnice ATEX.

5.8.2 Snímač teploty

Tento snímač se používá pro monitorování teploty vzduchu ve strojovně stanice. Při zvýšení teploty na předem nastavenou hodnotu se spustí axiální ventilátor, který slouží k odvedení horkého vzduchu ze strojovny. Jako příklad lze uvést snímač teploty od českého výrobce ZPA Nová Paka typ 112 13/P. Snímač teploty, jako celek, tvoří pevný závěr Ex d a skládá se ze stonkové ochranné trubky s měřícím odporem, která je upevněna do přípojovací hlavice. V hlavici je instalováno čidlo s převodníkem, který je v provedení jiskrově bezpečného zařízení EX i.

5.8.3 Detektor úniku plynu

Snímače pro detekci plynů se instalují uvnitř stanice CNG, kde hrozí při úniku plynu nashromáždění a vytvoření výbušné atmosféry. Tyto snímače musí být instalovány v provedení do prostředí s nebezpečím výbuchu, vyžadující certifikaci dle směrnice ATEX. Příkladem mohou být velmi kvalitní a léta osvědčené detektory od firmy Dega, které jsou určeny do komerčních a průmyslových prostor.

5.8.3.1 Základní typy plynové detekce

- **Katalytický senzor** – princip katalytického spalování (měření koncentrace je provedeno na základě množství uvolněného tepla při spalovací reakci)
- **Elektrochemický senzor** – princip změny elektrických parametrů elektrod uložených v elektrolytu v důsledku oxidačně redukční reakce detekovaného plynu na jejich povrchu.

- **Infračervený senzor**- senzor pracuje na principu infračervené spektroskopie a jedná se o nekvalitnější metodu snímání
- **Polovodičový senzor** – Výhoda těchto senzorů spočívá v dlouhé životnosti při práci v čistém prostředí a jejich nízký cena. Pracuje na principu změny elektrické vodivosti polovodiče při změně koncentrace detekovaného plynu.

5.8.4 Opticko – akustická signalizace

Opticko- akustická signalizace se instaluje na viditelné místo, na obvodovou zeď plnicí stanice. Jako příklad lze uvést opticko-akustická signalizaci od firmy AXIMA. Pro instalaci do výbušné zóny 0 až 2, je signalizace v jiskrově bezpečném provedení, která je napájena přes zenerovu bariéru nebo galvanický izolátor. V případě instalace signalizace mimo zóny výbušného prostředí lze zvolit levnější variantu bez zabezpečení dle směrnice ATEX.

5.8.5 Kamerový systém

Pokud nelze zajistit přímý dohled obsluhy na plnicí stanici, musí být monitorována kamerovým systémem. Tento požadavek ukládá TPG 304 02. Kamerový systém by měl být se záznamem, pro pozdější objasňování trestné činnosti, či poškození stanice nebo výdejního stojanu. Vzhledem k tomu, že kamerový systém snímá stanici z větší dálky, než kam zasahují zóny výbušného prostředí, není nutnost instalace kamer v provedení dle směrnice ATEX. Jako příklad lze uvést zoomovací IP kameru Avigilon 5.0L-H4A-BO1-IR s rozlišením 5MPx, která je plně dostačující i pro přečtení registrační značky vozidla.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ZABEZPEČENÍ OBJEKTU

6.1 Popis objektu

Neveřejná plnicí stanice, která slouží pro soukromé účely, se nachází uvnitř areálu firmy. Tato firma svou povahou spadá do kritické infrastruktury. Z důvodu utajení, je pro tuto firmu zvolen fiktivní název FTO s.r.o. Zároveň je nutno uvést, že některé informace o poloze neodpovídají skutečnosti.

Firma, která ve svém objektu provozuje plnicí stanici, leží na okraji města a své počátky datuje v 70. letech 19. století. Samostatná plnicí stanice a připojení zemního plynu se realizovalo až v roce 2016.

Neveřejná plnicí stanice slouží k plnění nejen osobních automobilů, ale i vysokozdvizných vozíků a nákladních automobilů sousedního průmyslového podniku, pro který byl zvolen fiktivní název FCO a.s.

Areál firmy FTO s.r.o., je obehnan ze severní, jižní a západní strany drátěným oplocením a z východní strany drátěným oplocením v kombinaci s protipovodňovou betonovou stěnou. Na severní a západní straně plotový systém dělí analyzovaný objekt od sousedních firem, na jižní straně se nachází louka se stromovým porostem a část průmyslové zóny. Parkoviště, které je určeno pro zaměstnance a návštěvy je situováno na východ od objektu, před hlavním vjezdem do areálu. Vjezd na parkoviště je napojen na hlavní pozemní komunikaci.

6.2 Perimetrická ochrana objektu

6.2.1 Oplocení

Pro perimetrickou ochranu je zde použito klasické drátěné oplocení (čtvercové pletivo FLUIDEX), vyrobené ze zinkovaného drátu. Tento druh oplocení není vhodný k zabezpečení objektu tohoto typu. Slouží spíše k vymezení hranic objektu, než k zamezení vniknutí pachatele a to z toho důvodu, že ho lze velmi snadno překonat pomocí přeštipnutí, rozpletení či přizvednutí. Oplocení je doplněno tří řadou vrcholovou mechanickou zábranou v podobě průběžného ostnatého drátu, který je také snadno překonatelný pomocí přeštipnutí či přizvednutí. Na východní straně je plotový systém po celé délce areálu kombinován s protipovodňovou betonovou stěnou, která zde byla zhotovena po povodních v roce 1997. Celková výška oplocení včetně ostnatého drátu činí 220 cm a délka po obvodu 1950 m. Při kontrole stavu oplocení bylo zjištěno na několika místech jeho poškození. Na následujícím nákresu jsou tato místa označena čísly 1 - 4.



Obr. 22. Situační náčrt poškození oplocení [autor]

Poškození v místě č. 1,2 a 3 bylo způsobeno přestípnutím a rozpletením oplocení. Na následujících fotografiích lze vidět, že otvory v oplocení byly opraveny pomocí svařované kari sítě. V místě č. 4 je oplocení zdeformované vlivem jeho přizvednutí.

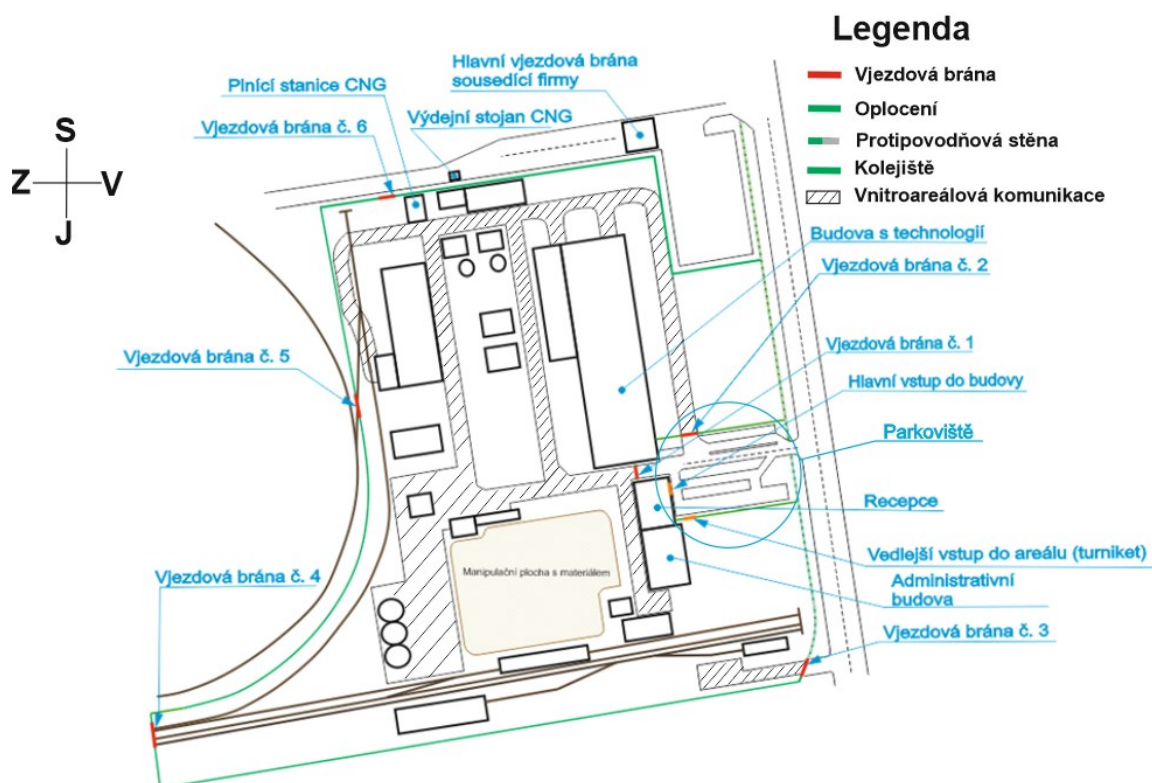


Obr. 23. Poškození oplocení objektu [autor]

Poškození oplocení bylo zjištěno pouze na jižní straně areálu, kde oplocení odděluje analyzovaný objekt od průmyslové zóny města. Tato zóna je odlehlá, volně přístupná veřejnosti a není monitorována kamerovým systémem. Návrh zlepšení zabezpečení bude uveden v další kapitole.

6.2.2 Vjezdové brány

Na následujícím nákresu je zobrazena mapa areálu, včetně zakreslení vjezdových bran, které jsou značeny červenou barvou.



Obr. 24. Mapa areálu [autor]

Vjezdová brána č. 1

Hlavní vjezdová brána do objektu je určena ke vjezdu služebních automobilů, zásobování a vozidel sanit. Je chráněna posuvnou ocelovou bránou a závorami s funkcí automatického otevírání pomocí rozeznávání registračních značek. Vjezdová brána je monitorována kamerovým systémem VIVOTEK IB9387 – LPR.

Vjezdová brána č. 2

Vedlejší vjezdová brána, která je za normálních okolností trvale uzavřena. Je chráněna posuvnou ocelovou bránou a závory s funkcí automatického otvírání pomocí rozeznávání registračních značek. Využívá se pouze ve výjimečných situacích, kdy není možné z technických důvodů využít hlavní vjezdovou bránu. Vjezdová brána je monitorována kamerovým systémem VIVOTEK IB9387 – LPR.

Vjezdová brána č. 3

Vjezdová brána dvoukřídlá otočná, se svislou jeklovou výplní, opatřena ocelovou petlicí a zabezpečena cylindrickým visacím zámkem. Stejně jako na ostatních vjezdových branách je zámek umístěn na petlici ze strany do objektu, tudíž nemůže dojít k jeho přezání, přestříhnutí či jinému poškození pachatelem z vnější. Brána se využívá v případě nutnosti vjezdu servisního vozidla firmy, která provádí opravu kolejiště či kolejových vozidel. Vjezdová brána není monitorována kamerovým systémem.

Vjezdová brána č. 4

Dvoukřídlá vjezdová brána otočná, se svislou jeklovou výplní, která je situována na západní straně objektu. Je opatřena ocelovou petlicí a zabezpečena cylindrickým visacím zámkem. Slouží k vjezdu vlakových souprav se spotřebním materiálem. Tato brána odděluje analyzovaný objekt od objektu sousední firmy.

Vjezdová brána č. 5

Dvoukřídlá otočná brána, která se v současné době již nevyužívá. Dříve sloužila k průjezdu vlakových souprav areálem do vedlejší firmy. Zabezpečena ocelovou petlicí a cylindrickým visacím zámkem.

Vjezdová brána č. 6

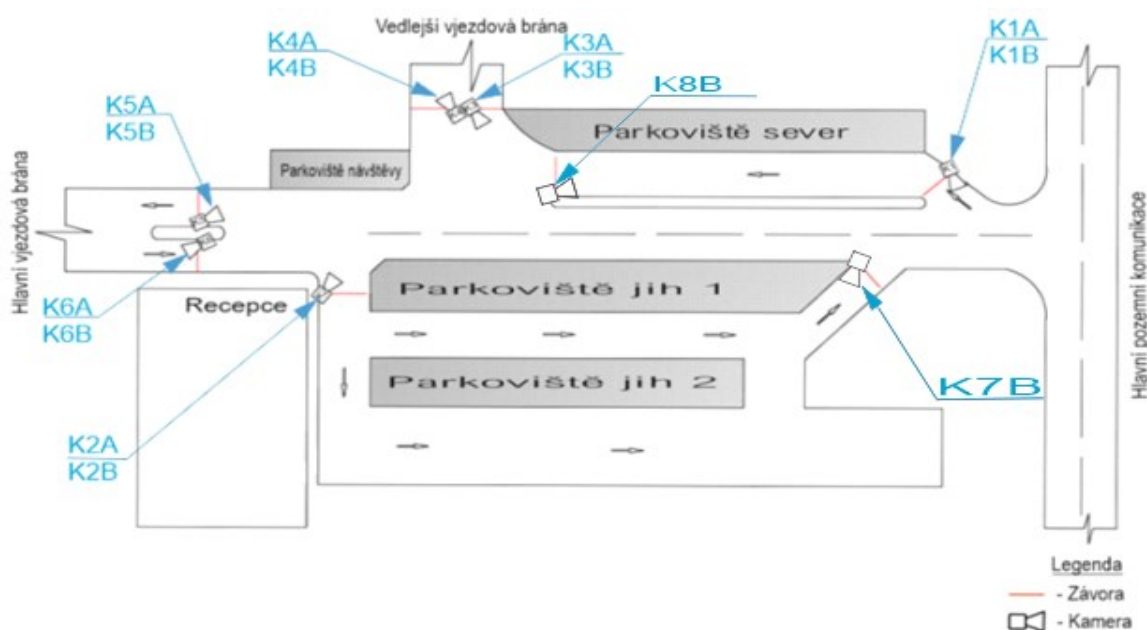
Dvoukřídlá otočná brána, opatřena ocelovou petlicí a zabezpečena cylindrickým visacím zámkem. Odděluje analyzovaný objekt od objektu sousední firmy, kde je umístěn výdejní stojan pro plnění vozidel CNG.

6.3 Režimová opatření

V rámci režimových opatření je v následující kapitole popsána kontrola vjezdu na firemní parkoviště, vstup osob do objektu, pohyb osob v objektu a vjezd vozidel do objektu.

6.3.1 Kontrola vjezdu na parkoviště

Na následujícím obrázku je vyobrazena dispozice parkoviště s rozmístěním kamerového systému.



Obr. 25. Situační náčrt parkoviště s rozmístěním CCTV [autor]

Parkoviště je rozděleno na čtyři úseky. Úsek parkoviště pro návštěvy a úsek pro vozidla zaměstnanců, který se dělí na parkoviště sever, parkoviště jih 1 a jih 2.

Vjezd na parkoviště je chráněn automatickými závorami fungujícími na principu rozpoznávání registračních značek automobilů pomocí speciálních kamer ARH LPR typ ParkIt. Tyto kamery jsou zároveň použity i pro otevírání závor u hlavní a vedlejší vjezdové brány a jsou na nákresu značeny K1A – K6A. Kamery jsou černobílé a pracují v IR pásmu z důvodu větší eliminace slunečního, či jiného parazitního světla.

Po příjezdu vozidla kamera pořídí fotografie RZ vozidla, poté dojde k uložení „pracovních obrázků“ do adresáře na pevný disk. Software začne vyhodnocovat nejlepší pořízenou fotografii, na základě které provede porovnání s databází a načte v systému RZ vozidla. Poté dojde k automatickému otevření závor. Správce databáze má možnost vkládat povolené i zakázané registrační značky vozidel.

Vzhledem k tomu, že kamery typu ParkIt jsou černobílé a zachycují pouze RZ vozidla, jsou k nim přidány dodatkové kamery VIVOTEK IB8369, které se starají o zachycení barevné fotografie celého vozidla. Tyto kamery jsou na nákresu označeny K1B – K8B. Kamery disponují FULL HD rozlišením, inteligentním IR přísvitem až na 20 metrů a video detekcí pohybu.

Výhodou systému automatického rozpoznávání RZ je rychlé odbavení vozidla, historie průjezdů vozidel včetně snímku registrační značky a s tím spojená jednoduchá kontrola uživatelů.

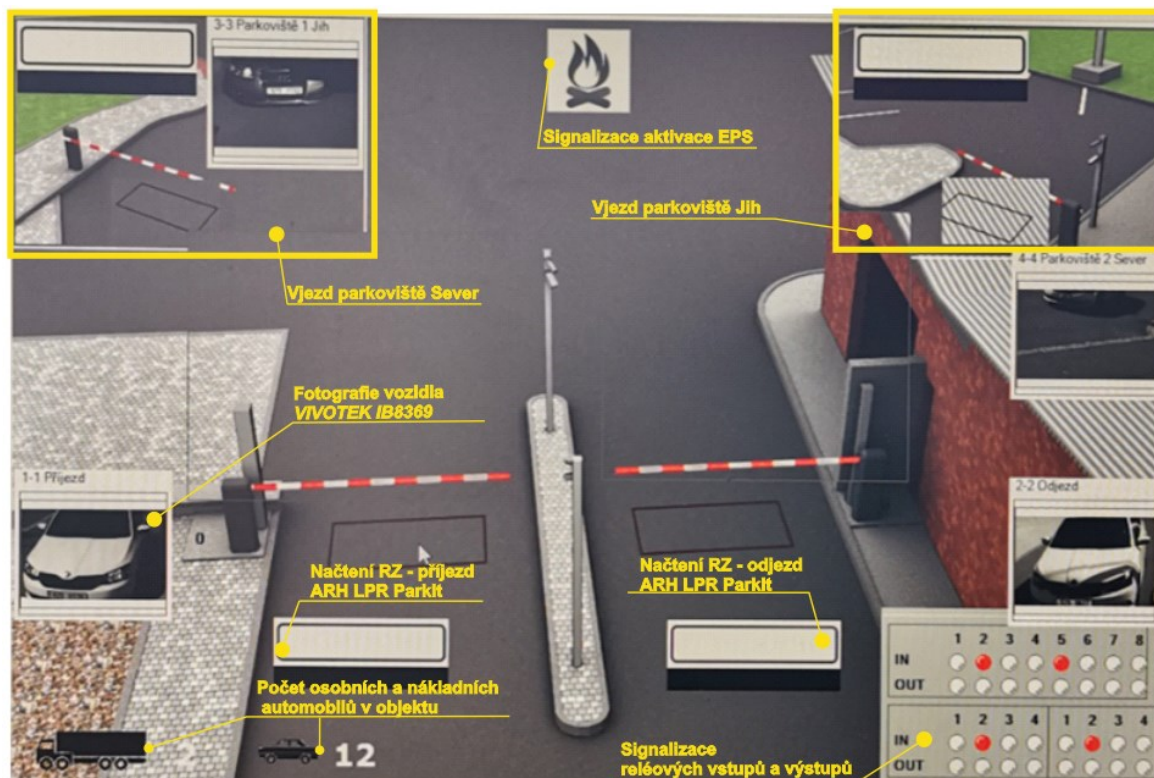
Během analýzy byly zjištěny občasné problémy s otevřením závory při znečištěné či poškozené registrační značce, nebo na přímém slunečním svitu. Na parkovišti jih, je závora s kamerou K2 pro snímání SPZ umístěna přímo v odbočce na parkoviště a v případě, že automobil zvolí malý nájezdový úhel a nepřijíždí ke kameře čelně, kamera není schopna registrační značku rozpoznat a nedojde k otevření závory. V tomto případě je nutno vycouvat a provést opětovný nájezd před závoru, popřípadě zkontaktovat pracovníka recepce, který dá manuální povel k jejímu zvednutí.

6.3.2 Kontrola vjezdu do objektu

Hlavní vjezd pro dopravní prostředky je situován na východní straně objektu, vedle budovy recepce. Vjezd je hlídán závorami, které fungují na principu rozeznávání registračních značek typu ARH LPR ParkIt, a je monitorován kamerami VIVOTEK IB8369. Funkce těchto kamer již byla popsána v kapitole 6.3.1. Dále je vjezd chráněn posuvnou ocelovou bránou, která je v době provozu vrátnice stále otevřená.

U automobilu, jenž má výhradní právo využívat pouze určený zaměstnanec, je v databázi nastaveno automatické otevření závory, bez nutnosti kontroly. U firemního automobilu, který využívá více osob, se před průjezdem závorou musí zaměstnanec identifikovat pomocí čipové karty, jejíž čtečka je umístěna u závory. Poté pracovník ostrahy provede kontrolu automobilu, zda nedochází k neoprávněnému vnášení či vynášení předmětů z objektu a poté dá povel k otevření závory z řídicího PC, který je umístěn na obslužném pultu v prostorách recepce.

Na obrázku níže je zobrazeno grafické zpracování řídicí obrazovky, kde je zobrazen vjezd na parkoviště sever, jih a hlavní vjezdová brána. Při aktivaci signalizace EPS dojde k vysvícení signalizace na řídicí obrazovce, odblokování všech dveří a k automatickému otevření hlavní a vedlejší vjezdové brány, včetně zvednutí závora.



Obr. 26. Řídicí obrazovka – hlavní vjezd do areálu [autor]

6.3.3 Kontrola vstupu do objektu

Vstup osob do objektu je možný přes kontrolní stanoviště (recepce), která je osazena rotačními turnikety s docházkovým systémem Passport od firmy Cominfo, v kombinaci s přístupovým systémem Access. Oba systémy fungují na úrovni společné databáze, a jsou schopni navzájem komunikovat a předávat si informace o průchodech v rámci evidence docházky. Kmenoví zaměstnanci a pracovníci dodavatelských firem využívají ke vstupu čipové RFID karty od výrobce INDALA.



Obr. 27. Čipové RFID karty INDALA

Díky přístupovému systému PASSPORT lze zjistit aktuální počet zaměstnanců a externích pracovníků, kteří se v objektu zdržují. Zpracovaná data o docházce jsou dále využívána a exportována do navazujících mzdových a personálních systémů.

V době uzavření recepce, se ke vstupu do objektu využívá boční motorizovaný plno-profilový tříramenný turniket, který splňuje vysokou úroveň zabezpečení. Tento turniket je osazen přístupovým systémem Access a vstup do areálu tímto turniketem je nastaven jen pro kmenové zaměstnance.

Oba turnikety jsou monitorovány IP kamerou Avigilon 3.0C- H5SL – BO1- IR 3MPx, která je vybavena IR přísvitem pro noční snímání a navíc funkcí Lightcatcher, která umožňuje barevné zobrazení i za horších světelných podmínek. Snímaný obraz je přenášen na centrální monitory umístěné na recepci a jeho záznam je ukládán do IP záznamového zařízení.

6.3.4 Provoz recepce

Vchod do budovy, kde je umístěna recepce, je osazen lineárními automatickými dveřmi, které slouží v provozní hodiny jako hlavní vstup do budovy. Provozní hodiny recepce jsou v pracovní dny od 5.00 – 22.00 hodin, o víkendech a svátcích je provozní doba od 6.00 - 18.00 hod. Mimo tyto hodiny využívají kmenoví pracovníci ke vstupu boční plno-profilový turniket. Pracovník recepce má na starost evidenci a výdej provozních klíčů a administrativní činnost spojenou se vstupem osob a vjezdu vozidel do objektu. V době uzavření recepce není vstup pro externí pracovníky do objektu povolen. Při nutnosti servisního zásahu musí vedoucí pracovník pro servisní organizaci vystavit mimořádné povolení ke vstupu.

6.3.5 Fyzická ostraha

Fyzická ostraha je zajišťována externí firmou. Pracovník fyzické ostrahy zajišťuje ve spolupráci s pracovníkem recepce kontrolní propustkovou činnost. Kontrolní pochůzková činnost z důvodu časové vytíženosti pracovníka není prováděna. Pracovní doba strážní služby je shodná s provozními hodinami recepce.

Tento režim je vzhledem k charakteru objektu velmi riskantní. Zvyšuje se tím pravděpodobnost vniknutí pachatele do objektu a s tím spojené krádeže zařízení s vysokou finanční hodnotou, či poškození technologie zařízení, které může mít za následek odstavení výroby okolních firem, které jsou na provozu analyzovaného podniku závislé.

6.3.6 Klíčový režim

Klíče od kanceláří a od provozních dílen jsou umístěny na recepci, ve skříňce na obslužném pultu. Ke každému klíči je sepsán jmenný seznam pověřených osob, komu lze klíč vydat. Při předávání klíče, pracovník strážní služby provede zápis do evidenční knihy, kde se

zapisuje datum, čas a jméno pracovníka, kterému byl klíč vydán. Stejný postup je dodržován i při navrácení klíče.

6.3.7 Pohyb osob v objektu

Zaměstnancům jsou přiděleny čipové karty dle osobního čísla, které jsou rozděleny do okruhů 1-3 podle oprávnění vstupu, přičemž okruh číslo 3 je okruh s nejvyšším oprávněním. U vstupních dveří do dílen, provozu, částí administrativní budovy či sociálního zařízení, jsou umístěny čtečky čipových karet, které nahrazují klíčový systém otevírání dveří.

Návštěvy a externí pracovníci využívají ke vstupu do areálu kontrolní stanoviště (recepce), stejně jako kmenoví zaměstnanci, ovšem před vstupem do objektu si musí zažádat u bezpečnostní služby o vydání vstupní karty. Vstupní karta se vydává na základě předložení jmenného seznamu zaměstnanců externí firmy, kde je uveden název organizace, místo výkonu práce v objektu, datum ukončení prací a doklad o provedeném vstupním školení BOZP. Návštěvnická karta má nejmenší oprávnění pro vstup. To znamená, že se díky ní externí pracovníci dostanou přes turniket umístěný na recepci pouze do administrativní budovy. Do dílen a provozu se pomocí této karty nelze dostat. Stejně je tomu tak i u bočního turniketu, kdy je vyloučena možnost vstupu externího pracovníka do areálu ověřením pomocí návštěvnické karty.

6.4 Elektrická požární signalizace

V objektu firmy je instalována elektrická požární signalizace od výrobce SCHRACK s ústřednou BMZ MAXIMA. Ústředna, která je instalována pod hlavní dozornou, má dvě zobrazovací tabla. Jedno z nich je umístěno na recepci a druhé na dozorně, kde funguje nepřetržitá služba s ohlašovou požáru. Ve vybraných prostorech jsou použity opticko-kouřové hlásiče, ionizační- kouřové a teplotní hlásiče. Prostory s nebezpečím požáru hořlavých kapalin jsou doplněny hlásičem plamene v provedení do prostředí s nebezpečím výbuchu. Únikové cesty jsou vybaveny tlačítkovými hlásiči požáru.

Funkční bloky ústředny jsou duplicitně zálohované. To znamená, že v případě výpadku či poruše EPS dochází k automatickému přepnutí na identický záložní okruh. Při výpadku napájení je ústředna vybavena nouzovým aku napájením, které má garantovanou výdrž 72 hodin.



Obr. 28. Zobrazovací tablo EPS [autor]

6.5 Kontejner plnicí stanice

Betonový kontejner plnicí stanice CNG se nachází na severní straně areálu, u vjezdové brány č. 5. Obvodovou ochranu kontejneru s technologií tvoří klasické oplocení (čtvercové oplocení FLUIDEX) a vstup je zabezpečen jednostrannou otočnou brankou, která je uzamykatelná cylindrickou zámkovou vložkou.

Stanice je chráněna oddáleným jímačem proti úderu blesku. Kontejner plnicí stanice, je vzdáleně monitorován smluvní servisní firmou. Při poruchových stavech stanice odešle email s hlášením poruchy servisní organizaci, která má možnost dálkového přístupu do řídicího systému stanice. Pokud nelze vyřešit závadu pomocí dálkového vstupu, je vyslán servisní technik. Dálková signalizace poruchových stavů není pro provozovatele stanice zřízena.

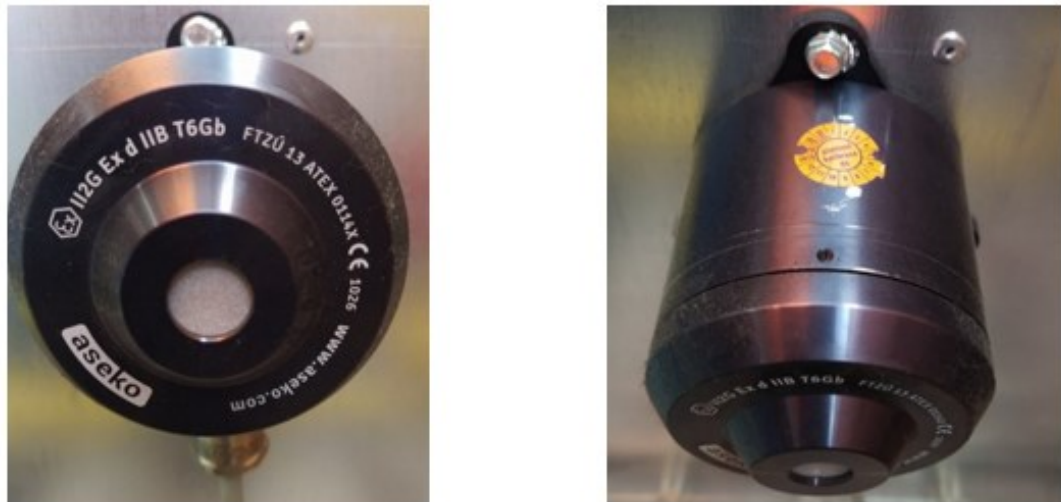
Technologie se dělí na tři technologické celky a každý z nich má svůj vlastní dveřní vstup, který je zabezpečen cylindrickou zámkovou vložkou. Část s řídicím systémem a rozvaděčem je oddělena plynotěsnou ucpávkou Promat, která zajišťuje, že zde nezasahuje výbušná zóna a není nutno instalace rozvaděče v provedení dle směrnice ATEX. Další částí je část s kompresorem a část, kde jsou umístěny svazky tlakových láhví. Místnost kompresoru a místnost, kde jsou uloženy tlakové láhve, je klasifikována do výbušné zóny 2. Únik plynu je zde monitorován detektory od firmy ASEKO.



Obr. 29. Kontejner plnicí stanice CNG [autor]

6.5.1 Detektory úniku plynu

Pro detekci úniku plynu uvnitř kontejneru, jsou použity 2 kusy detektorů od firmy ASEKO, produktové řady GT a slouží k detekci nebezpečné koncentrace hořlavých plynů. Jsou certifikovány pro prostředí s nebezpečím výbuchu Ex II 2G Ex d IIB T6 Gb. Měřícím prvkem je polovodičový senzor s označením GTS. Snímače jsou standardně v prostorovém provedení, instalují se na stěnu a zapojují se třemi vodiči. Životnost polovodičového senzoru je minimálně 3 roky. Při vystavení senzoru vyšší koncentraci, než je povoleno, vede ke zkrácení životnosti, či k jeho poškození a je nutno provést recalibraci u výrobce. Detektor se musí podrobit pravidelné kalibraci každých 12 měsíců.

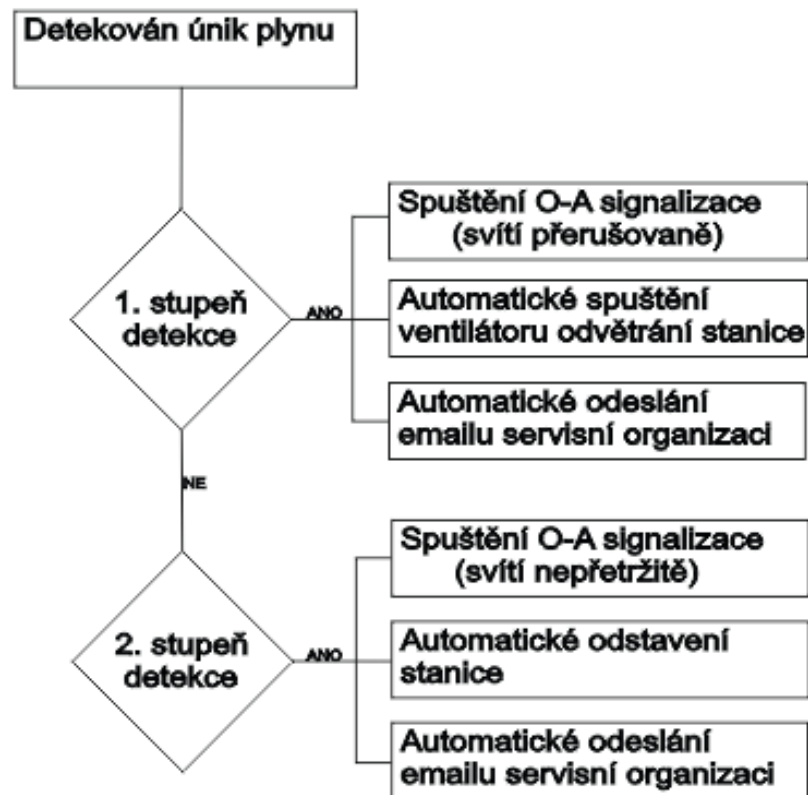


Obr. 30. Detektory úniku plynu ASEKO GTS [autor]

System rozeznává dvě úrovně úniku plynu. První úroveň je zaznamenána, dosáhne-li koncentrace zemního plynu 10% dolní meze výbušnosti. Při zaznamenání 1. stupně, dojde k aktivaci opticko-akustické signalizace v podobě přerušované signalizace oranžového majáku a zvukové výstrahy. Zároveň se odešle email s poruchovým hlášením servisní organizaci a uvede se do provozu ventilátor, který slouží k odsávání vzduchu z kontejneru. Druhá úroveň úniku zemního plynu se spustí při překročení koncentrace 20% dolní meze výbušnosti, kdy zapůsobí bezpečnostní rychlouzávěr plynu a dojde k automatickému odstavení stanice z provozu. Servisní organizace je informována emailem o druhé úrovni detekce úniku plynu a opticko-akustická signalizace svítí nepřetržitě a vydává nepřerušovaný tón sirény.

Absence dálkové signalizace poruchy, zavedené na dozornu, byla vyhodnocena jako velmi riziková. V případě úniku plynu je nutné, aby obsluha neprodleně provedla fyzickou kontrolu stanice a přesvědčila se, zda zafungovaly bezpečnostní prvky a stanice byla bezpečně odstavena z provozu. Dále je nutné, aby obsluha analyzovala místo úniku plynu, zavřela ruční uzávěr plynu před stanicí a neprodleně zajistila opravu.

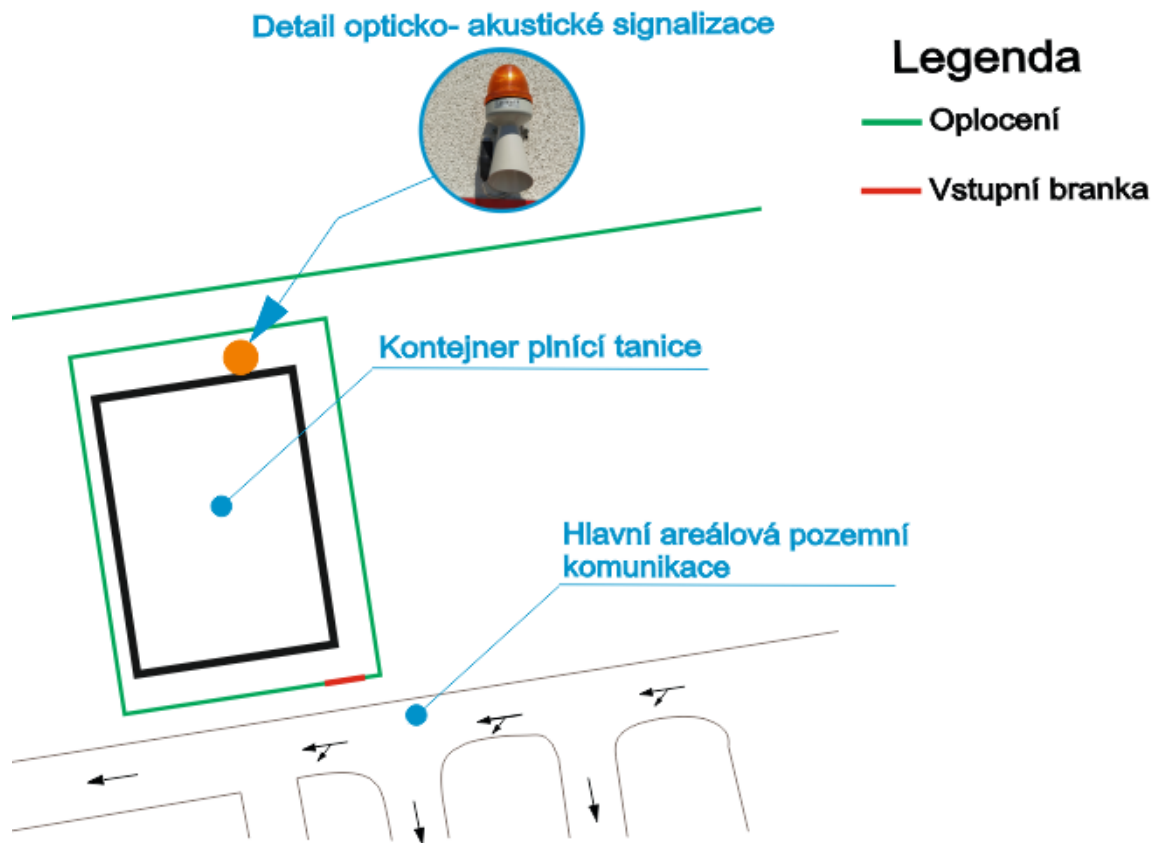
Na následujícím obrázku je zobrazen vývojový diagram stávající detekce úniku plynu ve stanici.



Obr. 31. Vývojový diagram řešení detekce úniku plynu [autor]

6.5.2 Opticko– akustická signalizace

Opticko- akustická signalizace je umístěna na severní stěně kontejneru, která je odvrácena od hlavní areálové pozemní komunikace. Aktivace signalizace je tedy viditelná pouze pokud se provádí fyzická obhlídka stanice, která se provádí 1 krát za den. Zvuková signalizace je slyšitelná až z bezprostřední vzdálenosti z důvodu velkého hluku od okolních technologií. Vzhledem k tomu, že tato signalizace je jediný způsob, kterým může obsluha v rámci periodické obchůzky areálu zjistit poruchu ve stanici, je její umístění nevhodné.



Obr. 32. Detail umístění opticko – akustické signalizace [autor]

6.5.3 Dveřní spínače

Na všech vstupních dveřích do kontejneru plnicí stanice je umístěn dveřní spínač, který má dle projektové dokumentace plnit funkci detekce vstupu. Spínač měl být připojen na centrální EPS a při vstupu do stanice vyvolat poplach na dozorně.

Během analýzy bylo zjištěno, že k připojení CNG stanice na centrální EPS nedošlo, tudíž stanice nebyla střežena, jak bylo v projektové dokumentaci uvedeno. Zároveň provedení dveřního spínače není v souladu se směrnicí ATEX, tudíž ho nelze použít uvnitř plnicí stanice, kde je klasifikována výbušná zóna č. 2.



Obr. 33. Dveřní spínač [autor]

6.6 Výdejní stojan

Výdejní stojan je umístěn v sousedním areálu a slouží k plnění nákladních automobilů, osobních automobilů a vysokozdvizných vozíků. Z toho důvodu má výdejní stojan koncovku NGV1 i NGV2. Vstup do areálu sousední firmy, za účelem periodického servisu a kontrol je možný vjezdovou branou č. 6. Klíč od vjezdové brány a povolení vstupu touto branou má pouze pověřená osoba ze strany provozovatele stanice. Vjezd do firmy, kde je umístěn výdejní stojan, je možný pouze hlavní vjezdovou branou, která je umístěna na východní straně areálu, asi 100m od výdejního stojanu CNG. Výdejní stojan je chráněn ocelovými bezpečnostními zábranami. Z důvodu absence kamerového systému, není prováděn dohled nad provozovaným zařízením, jak určuje TPG 304 02.

V případě poškození výdejního stojanu, utržení hadice, či v případě požáru nebo výbuchu, nelze zpětně zjistit informace o incidentu či dohledat viníka.



Obr. 34. Výdejní stojan CNG [autor]

6.6.1 Plnění vozidel

Plnění vozidel probíhá přes plnicí hadice s koncovkami NGV1 a NGV2, kdy má každý dopravní prostředek přidělené identifikační číslo a vlastní čipovou kartu. Při příjezdu k výdejnímu stojanu řidič přiloží čipovou kartu ke čtečce a výdejní stojan tím odblokuje. Do systému se načte druh vozidla, kterému byla čipová karta přidělena a může započít tankování. Do systému se poté uloží množství natankovaného paliva v kilogramech, datum a čas tankování. Databáze poté slouží jako podklad k měsíční fakturaci.

7 VLASTNÍ NÁVRH ZABEZPEČENÍ PLNÍCÍ STANICE CNG

Vzhledem k tomu, že plnicí stanice CNG je umístěna uvnitř areálu průmyslového podniku, budou při vlastním návrhu zabezpečení zmíněny i návrhy pro zvýšení bezpečnosti perimetrické ochrany objektu a režimová opatření strážní služby, které se podílí na zabezpečení plnicí stanice proti úmyslnému poškození, či teroristickému útoku.

7.1 Fyzická ostraha

Pro zvýšení bezpečnosti objektu je nutno zajistit navýšení počtu pracovníků ostrahy, přejít na režim nepřetržitého provozu a zařadit pravidelné provádění pochůzkové činnosti. Pro spojení mezi pracovníky FO bude používána přenosná radiostanice Motorola MOTOTRBO DP 4401 ATEX, která je v provedení do výbušných prostor. Díky tomu nebude omezen prostor pochůzkové činnosti. Radiostanice má integrovaný GPS lokátor, dle kterého lze sledovat aktuální polohu osoby provádějící pochůzkovou činnost. Dále obsahuje vestavěný modul Man Down, který vysílá nouzové informace při změně polohy radiostanice.



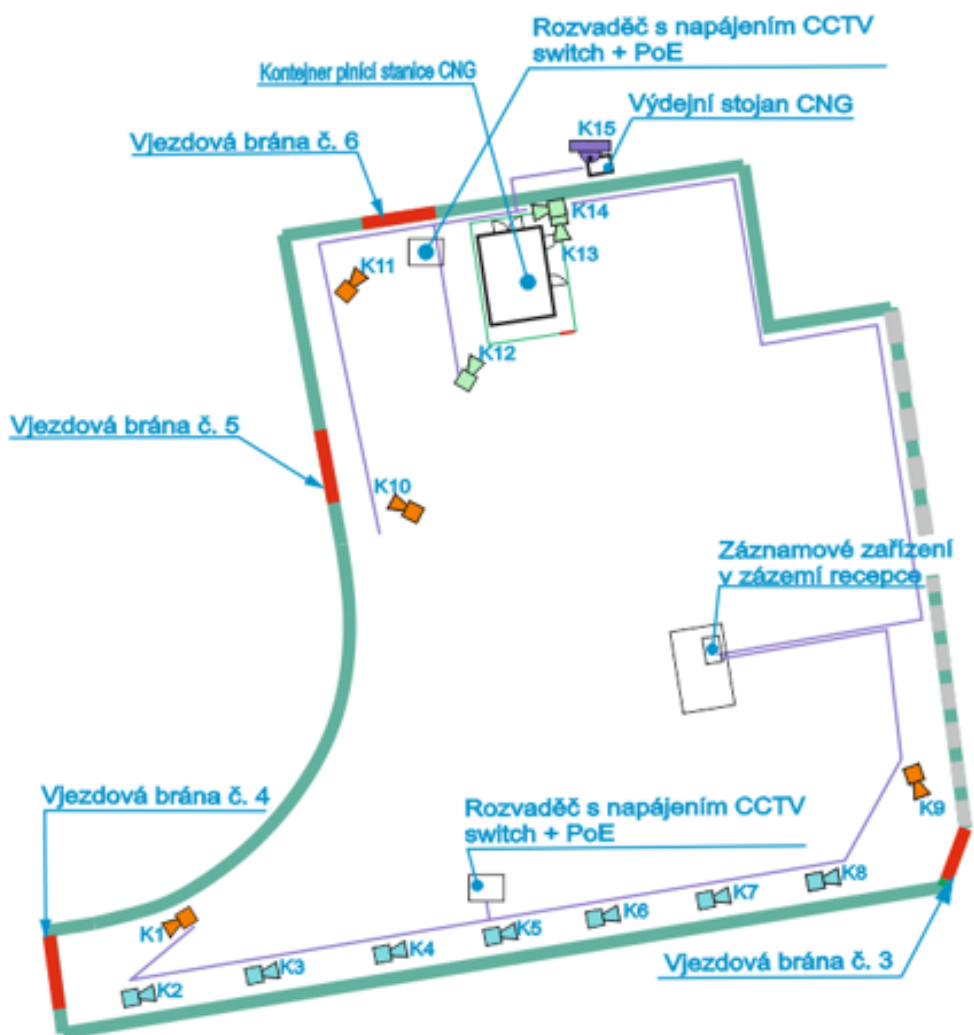
Obr. 35. Motorola Mototrbo DP 4401 ATEX [30]

7.2 Klíčový režim





Veškeré klíče od technologií budou bezpečnostní, s právní ochranou proti kopírování, aby se předešlo nekontrolovatelnému množení klíčů mezi zaměstnanci.

7.3 Perimetrická ochrana

Na následujícím obrázku je zaznačena výměna oplocení, včetně podhrabových zábran a žiletkového spirálového ostnatého drátu. Dále je zaznačeno rozmístění nového kamerového systému, který má na starosti monitorování perimetru objektu, vjezdových bran a plnicí stanice CNG.



Legenda

- Optický kabel
- Oplocení Nylofor 3D s podhrabovými zábranami a žiletkovým drátem
- Oplocení Nylofor 3D instalováno na protipovodňové zdi s žiletkovým drátem
- Vjezdové brány
-  Avigilon 5.0L - H4A-BO2-IR-B - perimetr areálu
-  Avigilon 3.0C - H4A-BO2-IR-B - vjezdové brány
-  Avigilon 3.0C - H4A-BO2-IR-B - kontejner plnicí stanice
-  Avigilon 6.0L-H4F-DO1-IR fisheye - výdejní stojan

Obr. 36. CCTV a perimetrická ochrana objektu [autor]

7.3.1 Oplocení

Pro obvodovou ochranu objektu bude instalováno nové bezpečnostní oplocení NYLOFORD 3D PRO, od firmy Betafence, které je přímo určené k zabezpečení průmyslových areálů. Skládá se ze sloupků o výšce 3200 mm, které jsou od sebe vzdáleny 2500mm. Mezi sloupky jsou ukotveny panely o výšce 2430 mm, které jsou zhotoveny z galvanicky pokovených drátů průměru 5mm, s polyesterovou vrchní vrstvou. Velikosti ok jsou 200 x 50mm a na horní straně panelu jsou trny o délce 30mm. Vysoký stupeň odolnosti má oplocení díky vodorovným výztuhovým prutům.

Jako vrcholová zábrana bude použit žiletkový drát spirálový, v pozinkované úpravě, uchycený pomocí oboustranných bavoletů. Pro zabránění překonání oplocení podlezením či podhrabáním, budou instalovány jako doplněk oplocení podhrabové zábrany. Pro tento objekt byly zvoleny betonové podhrabové desky o délce 2450mm a výšce 30 cm. Na východní straně objektu bude funkci těchto zábran plnit stávající protipovodňová betonová stěna, na kterou se provede montáž nového oplocení. Souhrnem instalace kvalitního oplocení s použitím vrcholové a podhrabové zábrany bude zajištěna vysoká pasivní bezpečnost objektu.



Obr. 37. Oplocení Nylofor 3D s doplňky [30]

7.3.2 Vjezdové brány

Pro mechanické zabezpečení vjezdových bran č. 3, 4, 5, a 6 budou použity nové bezpečnostní visací zámky PLUTO G50 long s vložkou GUARD od výrobce TOKOZ, v bezpečnostní třídě BT 3 dle ČSN P ENV 1627, s právní ochranou klíče proti kopírování. Kalený oblouk

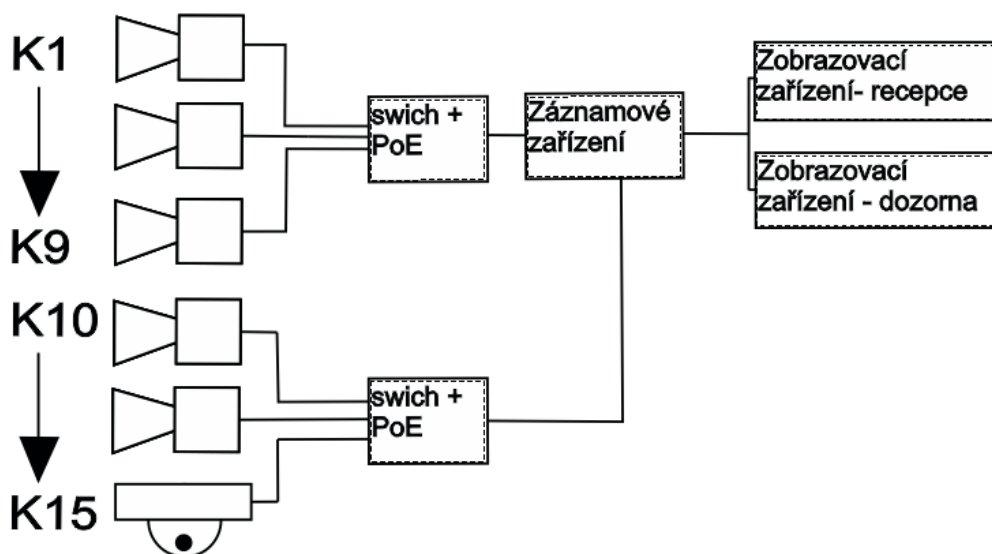


Obr. 38. Visací zámek pluto G50 long [31]

7.4 CCTV

Nový kamerový systém bude monitorovat perimetr na jižní straně areálu, kde bylo při analýze zjištěno opakované poškození oplocení za účelem jeho překonání. Dále bude kamerový systém monitorovat vjezdové brány a plnicí stanici CNG včetně výdejního stojanu.

Na obrázku č. 36, je zobrazen návrh rozmístění kamerového systému. Na následujícím obrázku je zobrazeno blokové schéma zapojení.



Obr. 39. Blokové schéma zapojení CCTV [autor]

Pro montáž kamerového systému bude využito stávajících sloupů veřejného osvětlení. Napájení bude zajištěno z venkovního rozvaděče. Uvnitř rozvaděče bude instalován switch IP24 PoE 320, kde bude dostatečná rezerva pro případné připojení dalších kamer. Z důvodu navýšení počtu kamer, bude přidáno digitální záznamové zařízení, které bude umístěné v zázemí recepce. Jedná se o typ DAHUA NVR5864-4KS2.

Switch a digitální záznamové zařízení bude propojeno optickým kabelem Solarix 12vl /125 3,8mm LSOH Eca.

Nově bude pro nepřetržitou kontrolu plnicí stanice CNG obraz z kamer přenášen také na dozornu, kde bude instalován Hikvision LED monitor 43“, který je navržen pro nepřetržitý provoz.

7.4.1 Monitoring oplocení

Pro monitorování perimetru na jižní straně areálu, kde je nejvyšší riziko vniknutí, budou použity 5Mpx IP kamery Avigilon 5.0L-H4A-BO2-IR-B s rozlišením 2592x1944 pixel, v antivandal provedení s mechanickou odolností IK10 a krytím IP66. Pro kvalitní noční vidění kamera obsahuje IR LED přísvit s dosahem až 70 m. Dále je kamera vybavena inteligentní video analýzou, která je schopna ve spolupráci s Avigilon software detektovat pohybující se osoby a upozornit na ně ostrahu. Poplachová zpráva bude přenášena na stávající centrální monitory umístěné na recepci. Pracovníci ostrahy poté danou situaci vyhodnotí a provedou fyzickou kontrolu perimetru. Jižní stranu oplocení v délce 550 metrů pokryje 7 kamer.

7.4.2 Monitoring vjezdových bran

Vjezdové brány č. 3, 4, 5 a 6 budou monitorovány 3Mpx zoomovacími IP kamerami Avigilon 3.0C-H4A-BO2-IR-B s rozlišením 2048x1536 pixel, v antivandal provedení s mechanickou odolností IK10 a krytím IP66. Kamera obsahuje IR LED přísvit s dosahem 70m a je vybavena inteligentní videoanalýzou. Pro monitorování bran bude použito 4ks těchto kamer. Na první pohled se tento typ kamer liší od Avigilon 5.0L-H4A-BO2-IR-B pouze rozměry a váhou. Napájení kamery bude přes ethernetový kabel.

7.4.3 Monitoring kontejneru plnicí stanice CNG

Instalace kamer bude provedena mimo výbušné zóny, tudíž mohou být použity pro monitorování kontejneru plnicí stanice 3Mpx zoomovací IP kamery Avigilon 3.0C-H4A-BO2-IR-B. Jedná se o stejný typ kamer, který je použit pro monitorování vjezdových bran.

Kamery budou snímat vstupní branku ke stanici a všechny dveřní vstupy. Zároveň bude snímána i opticko-akustická signalizace, která bude umístěná na východní straně stanice.

7.4.4 Monitoring výdejního stojanu

Výdejní stojan bude monitorován 6Mpx IP kamerou Avigilon 6.0L-H4F-DO1-IR fisheye, která bude instalována ve stropě přístřešku, nad výdejním stojanem, kde již nezasahuje výbušná zóna. Barevná kamera s rozlišením 2000x2000 má úhel záběru 360°, je v provedení antivandal, s mechanickou odolností IK10 a krytím IP66.



Obr. 40 Avigilon 3.0c-H4A-BO2-IR-B [32] Obr. 41. Avigilon 6.0L-H fisheye [33]

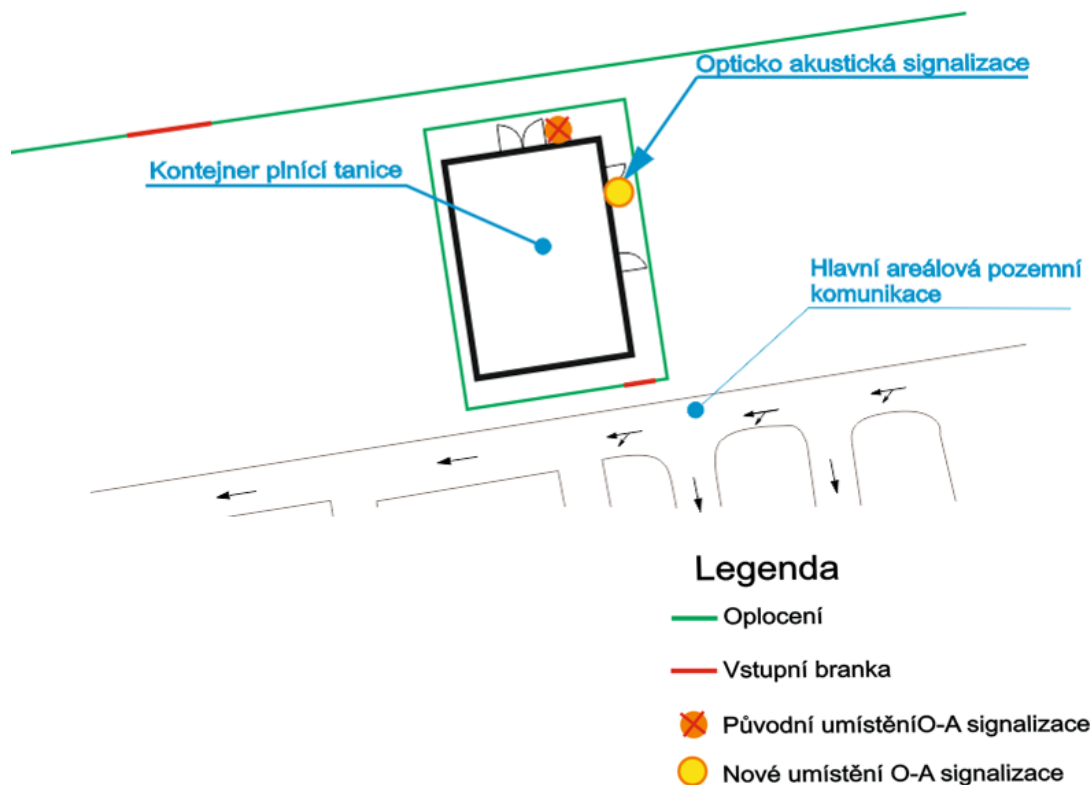
7.5 Zabezpečení plnicí stanice CNG

Na základě analýzy zabezpečení kontejneru plnicí stanice zde budou uvedeny návrhy na jeho vylepšení. Tyto návrhy se týkají přemístění opticko-akustické signalizace a napojení detektorů úniku plynu v kontejneru plnicí stanice na centrální EPS.

7.5.1 Opticko – akustická signalizace

Signalizace bude umístěna na východní obvodovou zeď, vedle vstupních dveří do části s rozvaděčem. Do tohoto místa nezasahuje zóna výbušného prostředí, tudíž může být signalizace použita stávající. Na tomto místě bude signalizace dostatečně viditelná z hlavní areálové komunikace a současně bude monitorována kamerovým systémem.

Na následujícím obrázku je vyobrazeno nové umístění opticko- akustické signalizace.



Obr. 42. Nové umístění opticko – akustické signalizace [autor]

7.5.2 Napojení detektorů úniku plynu na EPS

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.5.1, při detekci úniku plynu ve stanici dochází pouze k zasílání emailového hlášení smluvní servisní organizaci a spuštění opticko-akustické signalizace.

Uvedené řešení je z pohledu bezpečnosti nedostatečné a může mít fatální následky v podobě poškození zdraví osob či majetku. Odstavení stanice zároveň přímo ohrožuje expedici výroby firmy FCO a.s., která provozuje více než polovinu svého vozového parku na stlačený zemní plyn a je na provozu stanice závislá. Při výpadku plnicí stanice nelze provozovat vysokozdvižné vozíky, které slouží ke každodenní nakládce desítek kamionů a tím hrozí firmě FCO a.s. vysoké pokuty za neplnění smluvních podmínek o dodávce zboží. V případě úniku plynu, je nutné, aby obsluha neprodleně provedla fyzickou kontrolu stanice a přesvědčila se, zda byla stanice bezpečně odstavena z provozu a nedochází nadále k úniku plynu.

Pro rychlý zásah obsluhy budou detektory úniku plynu nově napojeny také na stávající centrální EPS. Při aktivaci prvního i druhého stupně úniku plynu v kontejneru plnicí stanice, ústředna BMZ MAXIMA vyhodnotí poplach, který přeneše na zobrazovací tablo umístěné

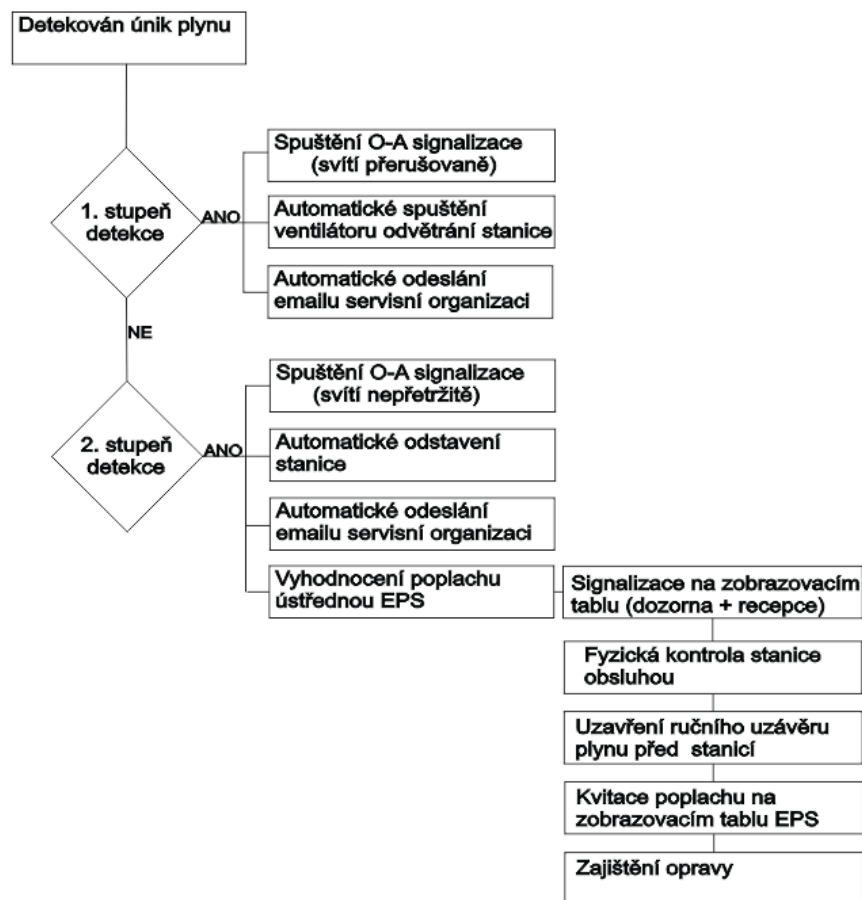
na dozorně a na recepci. Obsluha dozorny na základě vyhodnocení hlášení EPS provede fyzickou kontrolu stanice přenosným detektorem plynu a zároveň provede kontrolu, zda zafungovaly bezpečnostní prvky a stanice se odstavila z provozu. Obsluha dále identifikuje místo úniku plynu, uzavře ruční uzávěr plynu do stanice a provede akceptaci poplachu na zobrazovacím tablu. Poté zkontaktuje servisní organizaci a určí postup opravy, aby byla stanice co nejdříve uvedena zpět do provozu.

Z důvodu tohoto závažného zjištění, byl uvedený návrh řešení během zpracovávání bakalářské práce předložen vedení firmy FTO s.r.o. Návrh byl následně schválen a zrealizován.

V následujícím odstavci je popsán postup realizace návrhu.

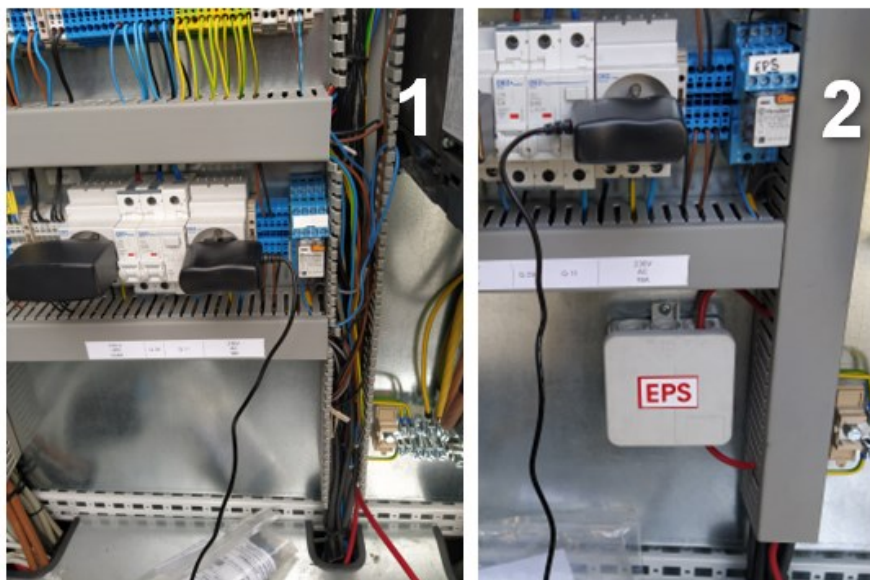
Do rozvaděče ve stanici CNG bylo instalováno relé, které je spínané od 1. úrovně koncentrace zemního plynu. Poté bylo provedeno paralelní připojení linky na vstup vyhodnocovací jednotky EPS, smyčka 162. Jakmile vyhodnocovací modul ve stanici CNG vyhodnotí únik plynu, zašle signál do ústředny EPS, ta zašle na zobrazovací tablo umístěné na dozorně a na recepci poplachovou zprávu.

Na následujícím obrázku je vyobrazen vývojový diagram realizovaného návrhu.



Obr. 43. Vývojový diagram navrženého řešení detekce úniku plynu [autor]

Na následujících fotografiích je vyobrazen rozvaděč ve stanici CNG. Na fotografii č. 1 je rozvaděč před připojením k EPS, na fotografii č. 2 po připojení k EPS.



Obr. 44. Rozvaděč stanice CNG [autor]



Obr. 45. Ústředna EPS [autor]

8 EKONOMICKÉ NÁKLADY

Ekonomické náklady na navržená řešení jsou uvedena v následujících tabulkách

Tab. 11. Ekonomické náklady na fyzickou ostrahu [autor]

Fyzická ostraha			
Položka	Jednotková cena (Kč)	Množství (ks)	Cena celkem (Kč)
Motorola MOTOTRBO DP 4401 Ex	29 950	2	59 900
Fyzická ostraha (externí služba)	12 000 / měsíc	6	72 000/ měsíc
Recepční	15000 / měsíc	1	15 000/ měsíc
Personální náklady celkem: 87 000 Kč/ měsíc			
Vybavení ostrahy radiostanicemi: 59 000 Kč vč. DPH			

Tab. 12. Ekonomické náklady na oplocení perimetru [autor]

Oplocení			
Položka	Jednotková cena	Množství (ks)	Cena celkem (Kč)
Plotový panel 3D	719	780 ks	560 820
Sloupek 60x40x300	402	781 ks	313 962
Žiletkový drát pr. 450mm 10-12m	559	1950m	109 005
Příchytka panelu	36	3120	112 320
Držák podhrabové desky	63	1560	98 280
Šroub k držáku podhrabové desky	39	3120	121 680
Podhrabová deska 2450 x 200 x 50 mm	426	760	323 760
Instalace - vlastní zaměstnanci	0	0	0
Odhadované náklady celkem: 1 639 827 Kč vč. DPH			

Tab. 13. Ekonomické náklady na mechanické zabezpečení vjezdových bran [autor]

Zabezpečení vjezdových bran MZS			
Položka	Jednotková cena	Množství (ks)	Cena celkem (Kč)
Zámek Pluto G50 Long	789	4	3156
Celkem: 3 156 Kč vč. DPH			

Tab. 14. Ekonomické náklady na napojení detektorů úniku plynu na EPS [autor]

Napojení detektorů úniku plynu na EPS			
Položka	Jednotková cena	Množství (ks)	Cena celkem (Kč)
Kabelové propojení CNG stanice – ústředna EPS	57 630	1	57630
Relé 230V	750	1	750
Softwarové úpravy ve stanici CNG	1200	1	1200
Modul TMS do EPS	990	1	990
EPS – montáž, připojení	500	1	500
Programování, zprovoznění, odzkoušení	2500	1	2500
Náklady celkem: 63 570 Kč vč. DPH			

Tab. 15. Ekonomické náklady na CCTV [autor]

CCTV			
Položka	Jednotková cena	Množství (ks)	Cena celkem (Kč)
Avigilon 3.0C-H4A-BO2-IR-B	27 800	7	194 600
Avigilon 5.0L-H4A-BO2-IR-B	33 976	7	237 832
Avigilon 6.0L-H4F-DO1-IR fisheye	18 632	1	18 632
Záznamové zařízení Dahua NVR5864 – 4KS2	33100	1	33 100
Switch IP24 PoE 320	13 725	2	27 450
Záložní zdroj UPS	1790	2	3 580
Montážní materiál	5 000	1	5 000
Výkopové práce, pokládka kabelu, hutnění	387 500	1	387 500
Instalace kamer, zapojení, zprovoznění	400	96	38 400
Optický kabel	6190 / 500m	5	30950
Hikvision LED monitor 43“	23 480	1	23 480
Odhadované náklady celkem: 1 000 525 Kč vč. DPH			

Vzhledem k vysokým nákladům na instalaci nového kamerového systému a oplocení, lze rozdělit tyto investiční akce na více etap, dle jejich důležitosti.

8.1 Etapy výměny oplocení

V první etapě se bude realizovat zabezpečení jižní strany areálu, v délce 550m, která sousedí s odlehlou průmyslovou zónou. Tato zóna je nehlídaná, volně přístupná a hrozí zde opětovné nedovolené vniknutí přes oplocení, které je pro zabezpečení tohoto typu areálu nevhodné.

V druhé etapě výměny oplocení se provede zabezpečení východní strany areálu v délce 470m, která sousedí s veřejnou pozemní komunikací. Oplocení na severní a západní straně není nezbytně nutné měnit za nové, jelikož zde leží sousední firmy a riziko nedovoleného vniknutí z těchto částí je minimální. V následující tabulce jsou vyčísleny ekonomické náklady na etapu č. 1 a etapu č. 2.

Tab. 16. Jednotlivé etapy výměny oplocení [autor]

Oplocení			
Název	Popis	Množství	Cena celkem (Kč)
Etapa 1	Oplocení včetně podhrabových zábran a ostnatého drátu na jižní straně areálu	550 m	462 495
Etapa 2	Oplocení včetně ostnatého drátu na východní straně areálu	310 m	331 872
Odhadované náklady celkem: 794 367 Kč vč. DPH			

8.2 Etapy instalace CCTV

V první etapě je nutno instalovat kamerový systém pro pozorování výdejního stojanu a kontejneru plnicí stanice CNG. Konkrétně budou monitorovány dveřní vstupy do stanice, opticko- akustická signalizace a výdejní stojan CNG.

Ve druhé etapě, se provede instalace kamer pro monitorování vjezdových bran. Ve třetí etapě, se provede instalace kamer pro monitorování jižní strany perimetru. V následující tabulce jsou popsány jednotlivé etapy.

Tab. 17. Jednotlivé etapy instalace CCTV [autor]

CCTV		
Název	Popis	Cena celkem (Kč)
Etapa 1	Instalace kamer pro monitoring kontejneru stanice CNG, výdejního stojanu, kamer pro monitoring, výkopové práce, optický kabel	569 307
Etapa 2	Kamerový systém pro monitoring vjezdových bran	135 904
Etapa 3	Instalace kamer pro monitorování perimetru, výkopové práce, optický kabel	295 314
Odhadované náklady celkem: 1 000 525 Kč vč. DPH		

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat zabezpečení konkrétní plnicí stanice pro stlačený zemní plyn. V teoretické části byly vysvětleny základní rozdíly mezi plyny pro vytápění, plyny pro pohon motorových vozidel a jejich rozdělení. Dále byl popsán princip plnicí stanice na stlačený zemní plyn, její jednotlivé části, ze kterých se skládá a legislativní požadavky pro bezpečný provoz stanice.

Závěr teoretické části byl věnován požadavkům na zařízení, která jsou určena do prostředí s nebezpečím výbuchu a následně byla provedena řešerše komponentů vhodných pro zabezpečení plnicí stanice CNG.

Úvod praktické části byl zaměřen na samotný popis areálu, kde se plnicí stanice nachází a na způsob jejího využití. Dále byla provedena analýza technického zabezpečení areálu a plnicí stanice CNG, která byla zaměřena na zabezpečení perimetru, režimových opatření, fyzické ostrahy a systému elektronické požární signalizace. Vzhledem k typu objektu, byla analýza zaměřena na zabezpečení proti úmyslnému poškození technologie cizí osobou, neoprávněným manipulacím i na bezpečnost provozu zařízení z hlediska požáru či výbuchu.

Na závěr byl vypracován vlastní návrh zabezpečení areálu i objektu plnicí stanice CNG, včetně zpracování ekonomických nákladů. Změny se týkaly zejména fyzické ostrahy objektu, výměny poškozeného oplocení po celém obvodu areálu za nové a monitorování vybraných míst kamerovým systémem. Poslední návrh se týkal připojení detektorů úniku plynu uvnitř stanice k EPS, z důvodu rychlé reakce obsluhy v případě úniku plynu uvnitř stanice. Tato varianta řešení byla během zpracovávání bakalářské práce předložena vedení společnosti a následně na to zrealizována.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zemní plyn. *Https://www.cez.cz* [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/zempl_4.html
- [2] BUDIN, Jan. Zemní plyn - těžba, vlastnosti a rozdělení. *OEnergetice.cz* [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>
- [3] MUSIL, Ladislav. Vytápíme plynem. *Www.tzbinfo.cz* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1908-co-mozna-nevite-o-zemnim-plynu>
- [4] MAJLING, Eduard. Těžba ropy a zemního plynu v České republice - historie a současnost. *OEnergetice.cz* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/ropa/tezba-ropy-a-zemniho-plynu-v-ceske-republice-historie-a-soucasnost>
- [5] : Distribuce zemního plynu - 2. část. *E.ON Distribuce* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/clanek/distribuce-zemniho-plynu-2-cast>
- [6] *Průmyslové plynovody: Industrial gas installation piperworks : TPG G 703 01 : schválena dne 20.4.2011*. Praha: GAS, 2011. Technická pravidla. ISBN isbn978-80-7328-209-7.
- [7] BUCHTA, Jiří. Poškození plynovodu při zemních pracích. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/15319-vysledky-setreni-nekterych-udalosti-na-plynovych-zarizenich-17-cast>
- [8] Vytápíme plynem: Zemní plyn. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem>
- [9] LNG carrier. In: *Wikiwand* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.wikiwand.com>
- [10] LNG vs CNG. *CNG+* [online]. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.html>
- [11] Co je CNG?. *CNG.CZ* [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/o-cng/co-je-cng>
- [12] [Veřejné plnicí stanice CNG a LNG v České Republice]. In: *CNG4you* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: http://www.cng4you.cz/cs/images/resize/mapy/mapa_cng_unor--2020_web_650x439.jpg
- [13] Časté otázky (FAQ). *CNG4you* [online]. [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/otazky-a-odpovedi/caste-otazky.html#technika>
- [14] Skoda-octavia-g-tec-auto-na-plyn-rez-nadrze-2020. In: *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/i/auto/skoda-octavia-g-tec-auto-na-plyn-rez-nadrze-2020.jpg>
- [15] Zájem o auta na zemní plyn stále roste, zvýšil se i počet plnicích stanic. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/zajem-o-auta-na-zemni-plyn-stale-roste-zvysil-se-i-pocet-plnicich-panic>
- [16] Statistika: Vývoj výtoče CNG + LNG v ČR: 2004 až 2019 (v mil. m³). In: *CNG4you* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>

- [17] Kolik stojí a co obnáší domácí plnička CNG?. *Eon.cz* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/kolik-stoji-a-co-obnasi-domaci-plnicka-cng>
- [18] Technologie stanic: Stanice pro rychlé plnění. *CNG.CZ* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/stanice/technologie-stanic/#rychle>
- [19] Popis CNG technologie – plnění. *Gascontrol* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.gascontrol.cz/environmentalni-technologie/cng/#verejne-plnici-stanice>
- [20] Compressed Natural Gas (CNG). In: *Ariel* [online]. [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.arielcorp.com/cng/>
- [21] *Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla: Refuelling CNG stations for motor cars : TPG G 304 02 : schválena dne: 18.9.2019*. Praha: Český plynárenský svaz, 2019. Technická pravidla. ISBN 978-80-87992-60-9.
- [22] JAK VYBRAT KOMPRESOR. *Industrien* [online]. [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.industrien.cz/poradna/jak-vybrat-kompresor/>
- [23] Global CNG Compressor Market 2016 – Industry Research Report. In: *QY Insights* [online]. [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <http://www.qyinsights.com/global-cng-compressor-market-2016-industry-research-report/>
- [24] Tvorba pravidel praxe (TPG, TDG, TIN). *Český plynárenský svaz* [online]. [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.cgoa.cz/ts.tpp-zakladni-informace/>
- [25] HRUBÝ, Jaromír. Elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu. *Elektro: Časopis pro elektrotechniku* [online]. , 1-12 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41113.pdf>
- [26] Rozdělení zón v prostředí s nebezpečím výbuchu. *OBO* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://obo.pl/classification/sk-sk/basiswissen/rozdleni-zon-v-prostedi-s-nebezpeim-vybuchu-1.html>
- [27] Pomůcka1: Výběr zařízení do výbušných prostor - Přehled. *GENERI, s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.generi.cz/ke-stazeni>
- [28] KULDA, Vojtěch. Asynchronní motory v prostředí s nebezpečím výbuchu. *Elektro: Časopis pro elektrotechniku* [online]. (7-82000) [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/asynchronni-motory-v-prostredi-s-nebezpecim-vybuchu--15145>
- [29] Co udává parametr krytí IP?. *LXF.cz* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.lxf.cz/co-udava-parametr-kryti-ip/>
- [30] Motorola DP4401 ATEX. In: *Motorola Solutions* [online]. [cit. 2020-08-06]. Dostupné z: <https://static.motorola-radiostanice.cz/files/photos/500/f/fe6e85328d6ccb6d4d2f2c6664599ca862c3f242.jpg>
- [31] Svařované plotové panely. In: *Plotovecentrum.cz* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: https://www.plotovecentrum.cz/files/products_fotogaleriy/products-photogalery-big_cs/p/panel3D_pvc_ziletkovy_drat_1.jpg
- [32] Visací zámek Pluto G50 Long. In: *Tokoz eshop* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: https://eshop.tokoz.cz/Pluto-G50-Guard-Long-_d2462389_11047.aspx
- [33] Avigilon 3.0C-H4A-25G-BO1-IR-B ALL IN ONE kompaktní IP kamera. In: *TSSGROUP* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://www.tssgroup.cz/avigilon-3-0c-h4a-25g-bo1-ir-b-all-in-one-kompaktni-ip-kamera/>

- [34] Avigilon 6.0L-H4F-DO1-IR 6 Mpx fisheye IP kamera. In: *TSSGROUP* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://www.tssgroup.cz/avigilon-6-0l-h4f-do1-ir-6-mpx-fisheye-ip-kamera/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
LNG	Liquified Natural Gas (Zkapalněný zemní plyn)
TPG	Technická pravidla – Gas (Technická pravidla pro plyn)
TDG	Technická doporučení - Gas (Technická doporučení pro plyn)
TIN	Technické instrukce
CNG	Compressed Natural Gas (Stlačený zemní plyn)
USA	United States of America (Spojené Státy Americké)
LPG	Liquified Petroleum Gas (Propan butan)
VVTL	Velmi vysokotlaké
EU	Evropská Unie
RZ	Registrační značka
EHK	Evropská hospodářská komise
ČSN	České technické normy
EN	Evropské normy
HK ČR	Hospodářská komise České republiky
Sb.	Sbírka
IR	Infrared (Infračervené záření)
ATEX	Atmosphere Explosible (Výbušná atmosféra)
D	Dust (Prach)
G	Gas (Plyn)
M	Mine (Důl)
IEC	International Electrotechnical Commission (Mezinárodní elektrotechnická komise)
EPL	Equipment Protection Level (Úroveň ochrany zařízení)
CCTV	Closed Circuit Television (Uzavřený televizní okruh)
PoE	Power over ethernet (Napájení přes ethernet)

UPS Uninterruptible Power Supply (Zdroj nepřetržitého napájení)

FO Fyzická ostraha

PC Personal computer (Osobní počítač)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Ložiska zemního plynu na území ČR [4].....</i>	14
<i>Obr. 2. Vnitrostátní přeprava zemního plynu [5]</i>	15
<i>Obr. 3. Tanker pro přepravu LNG [9].....</i>	18
<i>Obr. 4. Mapa plnicích stanic na zemní plyn [12].....</i>	20
<i>Obr. 5. Škoda Octavia CNG [14].....</i>	21
<i>Obr. 6. Vývoj výtoče CNG v letech 2004 - 2019 [16].....</i>	22
<i>Obr. 7. Technologický kontejner [20]</i>	25
<i>Obr. 8. Pístový kompresor [23].....</i>	26
<i>Obr. 9. Tlakové láhve se zemním plynem [autor]</i>	27
<i>Obr. 10. Nejmenší vzdálenosti zásobních nádrží výdejných zařízení od ostatních objektů a zařízení [21]</i>	30
<i>Obr. 11. Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry [27]</i>	36
<i>Obr. 12. Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro</i>	36
<i>Obr. 13. Pevný závěr exd [25]</i>	37
<i>Obr. 14. Provedení Exe [25].....</i>	37
<i>Obr. 15. Ochrana zalévací hmotou Exm [25].....</i>	38
<i>Obr. 16. Ochrana pískovým závěrem Exq [25].....</i>	39
<i>Obr. 17. Ochrana olejovým závěrem Exo [25]</i>	39
<i>Obr. 18. Jiskrově bezpečné zařízení Exi [25]</i>	40
<i>Obr. 19. Závěr s vnitřním přetlakem Exp [25].....</i>	41
<i>Obr. 20. Ochrana typu Exn [25]</i>	41
<i>Obr. 21. Zóny výbušného prostředí u analyzované plnicí stanice CNG [autor]</i>	42
<i>Obr. 22. Situační nákres poškození oplocení [autor]</i>	47
<i>Obr. 23. Poškození oplocení objektu [autor]</i>	47
<i>Obr. 24. Mapa areálu [autor].....</i>	48
<i>Obr. 25. Situační nákres parkoviště s rozmístěním CCTV [autor]</i>	50
<i>Obr. 26. Řídicí obrazovka – hlavní vjezd do areálu [autor]</i>	52
<i>Obr. 27. Čipové RFID karty INDALA</i>	52
<i>Obr. 28. Zobrazovací tablo EPS [autor]</i>	55
<i>Obr. 29. Kontejner plnicí stanice CNG [autor].....</i>	56
<i>Obr. 30. Detektory úniku plynu ASEKO GTS [autor].....</i>	57
<i>Obr. 31. Vývojový diagram řešení detekce úniku plynu [autor].....</i>	58
<i>Obr. 32. Detail umístění opticko – akustické signalizace [autor]</i>	59

<i>Obr. 33. Dveřní spínač [autor].....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 34. Výdejní stojan CNG [autor].....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 35. Motorola Mototrbo DP 4401 ATEX [30].....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 36. CCTV a perimetrická ochrana objektu [autor]</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 37. Oplocení Nylofor 3D s doplňky [30]</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 38. Visací zámek pluto G50 long [31].....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 39. Blokové schéma zapojení CCTV [autor]</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 40 Avigilon 3.0c-H4A-BO2-IR-B [32] Obr. 41. Avigilon 6.0L-H fisheye [33]</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 42. Nové umístění opticko – akustické signalizace [autor]</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 43. Vývojový diagram navrženého řešení detekce úniku plynu [autor]</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 44. Rozvaděč stanice CNG [autor]</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 45. Ústředna EPS [autor].....</i>	<i>70</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Složení zemních plynů [2]</i>	13
<i>Tab. 2. Vlastnosti zemních plynů [2]</i>	13
<i>Tab. 3. Rozdělení plynovodů dle tlaku [6]</i>	15
<i>Tab. 4. Rozdělení plynovodů dle účelu a materiálu [6]</i>	16
<i>Tab. 5. Pravděpodobnost výskytu výbušné atmosféry [26]</i>	31
<i>Tab. 6. Rozdělení elektrických zařízení dle 94/9/EC do skupin [25]</i>	32
<i>Tab. 7. Povinné doplňkové značení [27]</i>	33
<i>Tab. 8. Rozdělení do podskupin [27]</i>	34
<i>Tab. 9. Rozdělení do teplotních tříd [28]</i>	34
<i>Tab. 10. Tabulka krytí IP [29]</i>	35
<i>Tab. 12. Ekonomické náklady na fyzickou ostrahu [autor]</i>	71
<i>Tab. 13. Ekonomické náklady na oplocení perimetru [autor]</i>	71
<i>Tab. 14. Ekonomické náklady na mechanické zabezpečení vjezdových bran [autor]</i>	72
<i>Tab. 15. Ekonomické náklady na napojení detektorů úniku plynu na EPS [autor]</i>	72
<i>Tab. 16. Ekonomické náklady na CCTV [autor]</i>	73
<i>Tab. 17. Jednotlivé etapy výměny oplocení [autor]</i>	74
<i>Tab. 18. Jednotlivé etapy instalace CCTV [autor]</i>	74