

# **Posouzení bezpečnostních rizik a návrh systému bezpečnosti bioplynové stanice**

Bc. Martin Malý

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Malý**  
Osobní číslo: **A13378**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Posouzení bezpečnostních rizik a návrh systému bezpečnosti bioplynové stanice**  
Téma anglicky: **An Assessment of Safety Risks and the Proposal and Development of a Biogas Plant Safety System**

Zásady pro vypracování:

1. Pojedejte o problematice bioplynových stanic (funkce, dělení, provoz).
2. Vymezte legislativní povinnosti a obecné zásady provozu bioplynových stanic.
3. Popište technologii a systém bezpečnosti vybrané bioplynové stanice.
4. Za pomoci různých metod analyzujte současný stav bezpečnosti vybrané bioplynové stanice.
5. Na základě předchozích analýz navrhnete zlepšení systému bezpečnosti pro vybraná rizika.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 191 s. ISBN 978-80-7385-005.
2. LAUCKÝ, Vladimír a Rudolf DRGA. Speciální technologie komerční bezpečnosti. 1. vyd. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 291 s. ISBN 978-80-7454-146-9.
3. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management: [teorie a praxe ochrany majetku a fyzické bezpečnosti]. 3. vyd. Zlín: VeRBuM, 2013, 456 s. ISBN 978-80-87500-25-4.
4. NEUGEBAUER, Tomáš. Vyhledání a vyhodnocení rizik v praxi. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Wolters Kluwer, 2014, 111 s. ISBN 978-80-7478-458-3.
5. POKORNÝ, Marek. Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014, 111 s. ISBN 978-80-01-05456-7.
6. SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. Bioplyn v praxi: teorie – projektování – stavba zařízení – příklady. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 8086167216.
7. STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS. Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: GAS, 2006, 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
8. WELLINGER, A, Jerry MURPHY a David BAXTER. The biogas handbook: science, production and applications. 476 pages. Woodhead Publishing in energy, no. 52. ISBN 08-570-9498-X.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Dora Lapková**

Ústav bezpečnostního inženýrství

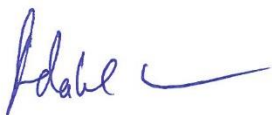
Datum zadání diplomové práce:

**12. ledna 2015**

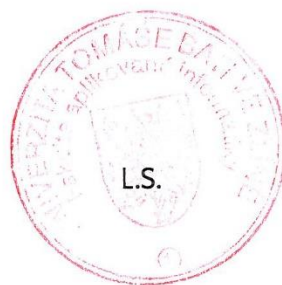
Termín odevzdání diplomové práce:

**15. května 2015**

Ve Zlíně dne 6. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*


### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/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 diplomovou/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 diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 15. 5. 2015

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

MALÝ, Martin: *Posouzení bezpečnostních rizik a návrh systému bezpečnosti bioplynové stanice*. [Diplomová práce]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky; Ústav bezpečnostního inženýrství. Vedoucí práce: Ing. Dora Lapková. Stupeň odborné kvalifikace: Inženýr (Ing.) v programu: Inženýrská informatika, studijní obor: Bezpečnostní technologie, systémy a management. Zlín: FAI UTB, 2015. 74 s.

Diplomová práce pojednává o problematice posouzení bezpečnostních rizik bioplynové stanice. Práce je dělena do části teoretické a praktické. Teoretická část vymezuje problematiku bioplynových stanic, právní povinnosti a management rizik. Praktická část je zaměřena na identifikaci bezpečnostních rizik pomocí různých metod a analýz. V závěru práce je zpracován návrh systému bezpečnosti pro redukci nejzávažnějších vybraných bezpečnostních rizik.

Klíčová slova: bezpečnost, bioplynová stanice, analýza rizik, ochrana, bioplyn

## **ABSTRACT**

MALÝ, Martin: *An Assessment of Safety Risks and the Proposal and Development of a Biogas Plant Safety System*. [Diploma thesis]. Tomas Bata University in Zlin. Faculty of Applied Informatics; Department of Security Engineering. Thesis Supervisor: Ing. Dora Lapková. Level of Professional Qualifications: Engineer (Ing.) in the Program: Process Engineering. Field of Study: Security Technologies, Systems and Management. Zlin: FAI TBU, 2015. 74 pages.

This Diploma Thesis deals with the Issue of Safety Risks Assessment of the Biogas Plants. The Thesis is divided into Theoretical and Practical Parts. The Theoretical Part defines the Issues of Biogas Plants, Legal Obligations and Risks Management. The Practical Part is focused on identifying Safety Risks by various Methods and Analysis. In Conclusion of the Thesis there is a Proposal of Safety System for reducing the most serious of selected Safety Risks.

Keywords: Safety, Biogas Plant, Risk assessments, Security, Biogas

## **Poděkování**

„Na tomto místě bych chtěl poděkovat paní Ing. Doře Lapkové, vedoucí této diplomové práce, za důsledné vedení, cenné rady a připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinu Hromadovi, Ph.D., konzultantovi diplomové práce, za věcné připomínky a poskytnuté rady.

Nesmím také opomenout provozovatele bioplynové stanice v Pěčíně, společnost ELGA s.r.o. a její zaměstnance, kteří mi poskytli důležité podklady a informace pro tuto práci.

Velmi děkuji své rodině za trpělivou podporu, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.“

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PRÁVNÍ RÁMEC OBLASTI BIOPLYNOVÝCH STANIC</b> .....	<b>12</b>
1.1 LISTINA ZÁKLADNÍCH PRÁV A SVOBOD .....	12
1.2 PRÁVNÍ RÁMEC DLE PLATNÝCH ZÁKONÍKŮ .....	12
1.2.1 Občanský zákoník .....	12
1.2.2 Zákon o obchodních korporacích.....	13
1.2.3 Trestní zákoník.....	13
1.3 PRÁVNÍ RÁMEC BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI.....	13
1.4 PRÁVNÍ RÁMEC POŽÁRNÍ OCHRANY.....	14
1.5 PRÁVNÍ RÁMEC OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	14
1.6 PRÁVNÍ RÁMEC PŘIPOJENÍ VÝROBNY K DISTRIBUČNÍ SÍTI .....	16
<b>2 BIOPLYNOVÉ STANICE V ČR</b> .....	<b>18</b>
2.1 DĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC .....	19
2.1.1 Zemědělské bioplynové stanice .....	19
2.1.2 Čistírenské bioplynové stanice.....	19
2.1.3 Ostatní bioplynové stanice .....	20
2.2 VSTUPNÍ SUROVINY .....	20
2.2.1 Cíleně pěstovaná biomasa .....	20
2.2.2 Exkrementy hospodářských zvířat .....	21
2.2.3 Ostatní biologicky rozložitelné odpady .....	21
2.3 VÝSTUPNÍ PRODUKTY ANAEROBNÍ FERMENTACE .....	21
2.3.1 Bioplyn.....	22
2.3.2 Digestát .....	22
2.4 VLIV PROVOZU STANICE NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	23
2.5 ZNÁMÉ HAVÁRIE NA ÚZEMÍ ČR.....	23
<b>3 MANAGEMENT RIZIK</b> .....	<b>26</b>
3.1 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK .....	26
3.2 ŘÍZENÍ RIZIK.....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>4 OBJEKT BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ</b> .....	<b>30</b>
4.1 AREÁL BIOPLYNOVÉ STANICE.....	31
4.1.1 Silážní žlab .....	31
4.1.2 Vstupní jímky.....	32
4.1.3 Fermentační a dofermentační nádrže .....	33
4.1.4 Koncový sklad digestátu .....	34
4.1.5 Kogenerační jednotka.....	34
4.1.6 Fléra.....	35
4.1.7 Trafostanice .....	36
4.1.8 Obslužné zázemí - velín .....	36
4.1.9 Technický sklep .....	37

<b>5</b>	<b>SYSTÉM BEZPEČNOSTI BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ .....</b>	<b>38</b>
5.1	MECHANICKÉ ZÁBRANNÉ SYSTÉMY .....	38
5.2	POPLACHOVÉ ZABEZPEČOVACÍ A TÍSNĚOVÉ SYSTÉMY .....	39
5.3	UZAVŘENÉ TELEVIZNÍ OKRUHY .....	39
5.4	HAVARIJNÍ PLÁN .....	40
5.5	POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ .....	40
5.6	PROVOZNÍ ŘÁDY .....	41
5.7	BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI .....	41
<b>6</b>	<b>VYBRANÁ NEBEZPEČÍ BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ .....</b>	<b>42</b>
6.1	VÝBUCH A POŽÁR .....	42
6.2	ÚNIK NEBEZPEČNÝCH LÁTEK .....	44
6.3	VANDALISMUS A SABOTÁŽ .....	45
6.4	OSTATNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI .....	46
<b>7</b>	<b>ANALÝZA BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK .....</b>	<b>48</b>
7.1	IDENTIFIKACE PROCESNÍCH A STRUKTURÁLNÍCH RIZIK .....	49
7.2	HODNOCENÍ VYBRANÝCH BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK .....	51
7.3	VYHODNOCENÍ ANALÝZY VYBRANÝCH BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK .....	56
<b>8</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU BEZPEČNOSTI DLE ANALÝZY RIZIK.....</b>	<b>58</b>
8.1	SYSTÉM BEZPEČNOSTI PRO PROCESNÍ RIZIKA .....	58
8.2	SYSTÉM BEZPEČNOSTI PRO STRUKTURÁLNÍ RIZIKA .....	62
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>74</b>



## ÚVOD

Dnešní moderní doba klade velký důraz na využívání obnovitelných zdrojů energie, které by dokázaly z větší části, nebo nejlépe úplně, nahradit neobnovitelné primární zdroje energie zahrnující uhlí, ropu a zemní plyn. Obnovitelné zdroje a jejich energetické toky se přirozeně obnovují v průběhu jejich využívání a zahrnují energii ze slunečního záření, větrnou energii, vodní energii, geotermální energii, energii přílivu a biomasu. Bohužel se v současnosti stále využívá vysoké procento neobnovitelných primárních zdrojů fosilních paliv, jejichž spotřeba má dlouhodobě negativní důsledky na životní prostředí.

Nespornou výhodou je fakt, že obnovitelné zdroje energie skýtají takové množství energie, jež několikanásobně přesahuje dnešní i budoucí spotřebu. Decentralizace a plošné rozšíření energetických možností obnovitelných zdrojů v sobě skýtají nejen možnost využití po celém světě, ale také daleko menší zatížení životního prostředí. Cennou výhodou některých výroben je možnost zpracování odpadních produktů z průmyslové výroby i živočišného chovu, jejichž zdroje jsou prakticky všude kolem nás.

Mezi nevýhody je však nutno zařadit materiálově, technologicky a finančně náročné výrobní, respektive přeměňovací zařízení. U některých typů obnovitelných zdrojů je navíc nutné řešit otázku akumulace energie pro případ, kdy je obnovitelný zdroj dočasně nedostupný (zejména u sluneční a větrné energie), aby mohlo být docíleno kontinuální dodávky elektrické energie určené k přímé spotřebě nebo dodávce do distribuční sítě.

Bioplynové stanice, řadí se bezesporu mezi obnovitelné zdroje energie, s sebou přináší určitá nebezpečí, zejména pak pro jejich obsluhu, okolí nebo pro životní prostředí. S rostoucím požadavkem společnosti na spotřebu elektrické energie roste také počet výroben, a tedy i počet bioplynových stanic. Ke konci roku 2014 bylo v provozu více než 550 bioplynových stanic s instalovaným výkonem převyšujícím 410 MWe.

Vzhledem k vysokému počtu a rozmanitosti výroben, jejichž majiteli jsou finančně stabilní technologické společnosti nebo samotní zemědělci, je třeba věnovat zvýšenou pozornost bezpečnosti provozu a minimalizovat dopad případné nežádoucí události. Do oblasti bezpečnosti je v dnešním moderním světě vkládáno stále větší množství prostředků a úsilí, které má vzniku mimořádných nežádoucích událostí předcházet, případně je zcela eliminovat.

Cílem předkládané diplomové práce je, na základě studiem získaných teoretických poznatků, identifikovat bezpečnostní rizika různými metodami, a pro vybraná rizika navrhnout bezpečnostní systém jejich minimalizace nebo úplné redukce. Efektivní systém bezpečnosti objektů bioplynových stanic vyžaduje nejen využití pokročilých technologických zařízení, ale také dodržování určitých pravidel a režimových opatření, která jsou však mnohdy opomíjena z důvodu neznalosti problematiky.

Obsah práce je určen nejen provozovatelům bioplynových stanic, ale také jejich zaměstnancům, kteří se na bezpečnosti výroben přímo podílejí při manipulaci s technologickými částmi zařízení. Práce může být přínosná také pro provozovatele z řad běžných zemědělců, kteří uvažují nad pořízením výrobního zařízení pro zpracování vlastních odpadů tohoto druhu, ale kteří nemají dostatečné povědomí o dané problematice, případně o bezpečnosti svého stávajícího zařízení.

Tato diplomová práce je členěna do dvou samostatných celků, a to teoretické a praktické části. V teoretické části je proveden rozbor zákonných norem a právních rámců, na něhož navazuje úvod do samotné problematiky výstavby a provozu bioplynových stanic v České republice. V části praktické je pak systematicky popsán objekt vybrané bioplynové stanice v Pěčíně, včetně rozboru vybraných nebezpečí ohrožující tento objekt. Jsou provedeny analýzy bezpečnostních rizik různými metodami z hlediska procesního a strukturálního, na které navazuje návrh systému bezpečnosti vedoucí k minimalizaci identifikovaných rizik.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRÁVNÍ RÁMEC OBLASTI BIOPLYNOVÝCH STANIC

Právní rámec v oblasti bioplynových stanic je velmi rozsáhlý, vychází z několika samostatných oblastí platných předpisů a zákonů zahrnujících základní právní normy. Otázku výstavby i provozu bioplynových stanic řeší předpisy České republiky v dostatečné míře.

Za základní vstupní právní rámec lze považovat Metodický pokyn 12/2008 k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu, vydaný Ministerstvem životního prostředí České republiky. [35]

### 1.1 Listina základních práv a svobod

Tato důležitá listina je součástí ústavního pořádku České republiky a byla vyhlášena Zákonem č. 2/1993 Sb., Listina základních práv a svobod. Ve vztahu k bioplynovým stanicím ji lze chápat jako rámec právních východisek pro ochranu osob a majetku, přičemž nesmí být neoprávněně zasahováno do práv a svobod dotčených osob. Pro tato práva platí, že jsou nezadatelná, nezcizitelná, nepromlčitelná a že spadají pod ochranu soudní mocí. [24]

### 1.2 Právní rámec dle platných zákoníků

Mezi další funkční právní rámce ve vztahu k bioplynovým stanicím lze uvést Občanský zákoník, Zákon o obchodních korporacích a Trestní zákoník.

#### 1.2.1 Občanský zákoník

Zákoník vydaný v roce 1964 prošel novelizací v roce 1991, avšak právním nárokům dnešní doby již nevyhovoval. Od 1. ledna 2014 je tak v platnosti novelizovaný Občanský zákoník č. 89/2012 Sb., Občanský zákoník, který upravuje hmotné soukromé právo doplněné o nové dílčí části, které předchozí zákoník neobsahoval. Nejvýznamnější změnou oproti předchozím verzím je sloučení části původního Občanského a Obchodního zákoníku v jeden celek.

Obsahově se autoři zákoníku inspirovali odpovídajícími předpisy německými, švýcarskými, rakouskými, nizozemskými a italskými. Myšlenkově se má srovnat s evropskou konvencí, odpovídat středoevropské právní tradici a oprostít se od socialistického práva.

Z pohledu právních předpisů oblasti bioplynových stanic je Občanský zákoník základním dokumentem právní ochrany fyzických i právnických osob. Současně také vymezuje podnikatelskou činnost, bez které by provoz bioplynových stanic nebyl možný. [33]

### 1.2.2 Zákon o obchodních korporacích

Obchodní zákoník byl s platností od 1. ledna 2014 částečně a ve zkrácené podobě nahrazen Zákonem č. 90/2012 Sb., o obchodních společnostech a družstvech. Věnuje se však pouze vlastní úpravě specifik obchodních společností a družstev, zatímco samotná podnikatelská činnost je řešena v části Občanského zákoníku. [34]

### 1.2.3 Trestní zákoník

Zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, upravuje trestní právo hmotné. Definuje mimo jiné trestní odpovědnost, protiprávnost činu, druhy trestů, trestní sankce a popisuje skutkové podstaty jednotlivých trestných činů.

Účelem zákoníku je zajistit bezpečnost, ochranu osob a majetku před protiprávním jednáním a plnit preventivní funkci. V oblasti bezpečnosti bioplynových stanic je nutné pohlížet na Trestní zákoník jako na oporu, kterou lze využít při tvorbě bezpečností politiky. [32]

## 1.3 Právní rámec bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

Zaměstnavatelé, tedy i provozovatelé bioplynových stanic, jsou povinni svým zaměstnancům zajišťovat bezpečnost a ochranu zdraví při práci v souladu se Zákonem č. 262/2006 Sb., zákoník práce. Dle zákona jsou zpracovávány vnitřní předpisy bezpečnosti práce a provozní řády, se kterými by měl být každý zaměstnanec před výkonem, a dále pak periodicky během výkonu zaměstnání, řádně proškolen. Zaměstnavatelé jsou dále, mimo jiné, povinni neustále vyhodnocovat rizika a poskytovat zaměstnancům ochranné pracovní pomůcky. [10, 30]

Mezi další vybrané právní předpisy patří:

- Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí,
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci,
- Nařízení vlády č. 495/2001 Sb., kterým se stanoví rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků,
- Nařízení vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu,
- Zákon č. 251/2005 Sb., o inspekci práce.

## 1.4 Právní rámec požární ochrany

Jelikož se jedná o objekty se zvýšeným rizikem vzniku výbuchu a požáru, nedílnou součástí vnitřních předpisů každého provozu bioplynové stanice je požární ochrana. Základním právním předpisem je Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. Provozovatelé bioplynových stanic jsou, mimo jiné, povinni vypracovávat a udržovat aktuální požární řády, poplachové směrnice a dokumentace zdolávání požáru. [25, 21]

Mezi další vybrané právní předpisy patří:

- Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb,
- Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního dozoru,
- Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru a o změně některých zákonů,
- Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.

## 1.5 Právní rámec ochrany životního prostředí

Ochrana životního prostředí v České republice je v posledních desetiletích věnována stále větší pozornost. Bioplynové stanice mohou mít nepříznivý vliv na životní prostředí zejména při špatně navržené technologii nebo nedodržováním zákonných norem a předpisů. Z pohledu právních předpisů a nařízení je ochrana životního prostředí řešena v dostatečné míře.

Nedílnou součástí podkladů pro Územní řízení a povolení stavby bioplynové stanice je posudek dle Zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí ve znění pozdějších předpisů, dle něhož se posuzují vlivy předmětného provozu na životní prostředí a veřejné zdraví. Zákon č. 100/2001 Sb., tvoří spolu s Metodickým pokynem 12/2008, hlavní právní rámce v oblasti ochrany životního prostředí. [8, 35]

Mezi další vybrané právní předpisy patří:

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů,
- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší,
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

### **Ochrana podzemních a povrchových vod**

Ochranu podzemních a povrchových vod upravuje Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, který stanovuje podmínky pro hospodaření s vodními zdroji a pro zachování její jakosti. Vodní zákon definuje podmínky a povinnosti zneškodňování odpadních vod před jejich vypuštěním, kdy nesmí dojít k ohrožení podzemních nebo povrchových vod závadnými látkami.

Za látky závadné lze označit materiály jako je digestát, kejda, dešťové a zbytkové vody z manipulačních ploch apod. Využívání výstupních materiálů pro hnojení zemědělských půd, jež mohou kontaminovat podzemní či povrchové vody, je pak dalším rizikem. V této souvislosti je důležité dodržovat právní předpis se zvýšenou pozorností. [29]

### **Ochrana ovzduší**

Ochrana ovzduší právně vychází ze Zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, kterým se definují povinnosti fyzických a právnických osob pro omezení znečišťování a snižování množství vypouštěných znečišťujících látek do ovzduší. Bioplynové stanice používají pro spalování bioplynu pístové spalovací motory, kategoricky zařazené mezi stacionární zdroje znečištění. Množství emisí je však ve většině případů zanedbatelné a nepřekračuje přípustné limity (pomineme-li pojistná zařízení pro krizové spalování bioplynu ve flérách).

Únik pachových látek z prostor bioplynové stanice patrně patří mezi největší problémy obtěžující obyvatele. Přípustnou míru úniku pachových látek, stanovenou na základě provedených měření pomocí olfaktometrické metody, definuje Zákon o ochraně ovzduší. [28]

### **Nakládání s odpady**

Provozovatel bioplynové stanice je podle Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech původce odpadů, jehož povinnosti podléhají zákonným normám. Zákon upravuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů, nakládání s odpady a povinnosti odpadového hospodářství (mj. evidence). Pokud jsou v bioplynových stanicích zpracovávány odpady, je nutné k provozu takového technologického zařízení zajistit souhlas příslušných správních orgánů. [27]

Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně Vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně Vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, klasifikuje bioplynové stanice jako technologická zařízení určená ke zpracování biologických odpadů a specifikuje materiály, které lze v těchto zařízeních zpracovávat. [31]

Technologický odpad (digestát) tvoří hlavní část odpadu vzniklého provozem bioplynové stanice, a jako vedlejší část pak vzniká odpad provozní (obalové materiály, komunální odpad, odpadní oleje, ředidla, barvy, apod.). Má-li být digestát využit jako hnojivo, je nutné jej jako hnojivo registrovat podle Zákona č. 156/2008 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (toto neplatí pro bioplynové stanice zpracovávající výhradně statkové odpady hospodářských zvířat a objemná krmiva). [4, 26]

## 1.6 Právní rámec připojení výroby k distribuční síti

Aby mohl provozovatel bioplynové stanice vyrábět a distribuovat elektrickou energii, musí mít pro tuto činnost zvláštní oprávnění a schváleno připojení svého zařízení k distribuční soustavě v souladu se Zákonem č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích. Dle tohoto Zákona se žadateli vystavuje Licence na výrobu, přenos a distribuci elektrické energie, platná po dobu 25 let. Připojení zařízení bioplynové stanice k distribuční soustavě je provozovateli umožněno na základě jeho žádosti, za současného splnění podmínek připojení dle Vyhlášky č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, ve znění pozdějších předpisů.

Kontrolní činnosti dodržování energetických zákonů a vyhlášek vykonává Státní energetická inspekce jako kontrolní orgán, podřízený Ministerstvu obchodu a průmyslu. Významná úloha Státní energetické inspekce spočívá při kontrolách v souvislosti s poskytováním finanční podpory v oblasti obnovitelných zdrojů energie. [15]

Mezi další vybrané právní předpisy patří:

- Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií,
- Vyhláška č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích, ve znění pozdějších předpisů,
- Vyhláška č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice,
- Vyhláška č. 541/2005 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona.



Je také nutné zmínit, že vypracovávání plánů opatření pro případ havárií se řídí Vyhláškou č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování vzniklých škodlivých následků. Povinnost vypracovávat tyto havarijní plány mají subjekty, které dle vyhlášky zpracovávají závadné látky jmenované vyhláškou.

V první kapitole jsou shrnuty veškeré důležité právní rámce v oblasti výstavby a provozu bioplynových stanic. Je patrné, že právní úprava zahrnuje velmi mnoho zákonných předpisů, nicméně Česká republika řeší tuto problematiku v dostatečné šířce i hloubce. Nové právní předpisy vycházejí z platných předpisů v rámci Evropské unie a jsou koncipovány na mezinárodní úrovni. Pro provozovatele bioplynových stanic je velmi důležité respektovat právní normy a předcházet vzniku nepříznivých událostí prováděním úplné prevence.

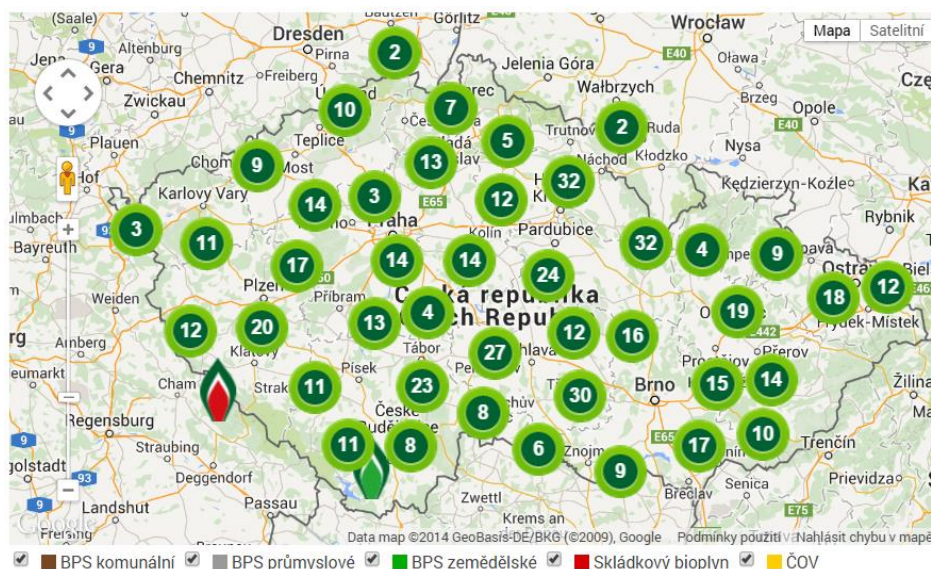
Pokud však soustavně dochází k porušování zákonných předpisů, může být kontrolním orgánem vyměřena výrazná finanční pokuta nebo i úplný zákaz činnosti. Činnost kontrolních orgánů je systematická a nejčastěji se koná v prvních třech letech od uvedení výroby do provozu. Následné kontroly jsou prováděny periodicky v určeném časovém období.

## 2 BIOPLYNOVÉ STANICE V ČR

Bioplynové stanice jsou složitá technologická zařízení umožňující s pomocí řízené anaerobní fermentace zpracovávat biologicky rozložitelné materiály a bioodpady za vzniku metanové plynové směsi. Plyn je následně spalován v kogeneračních jednotkách, které primárně generují elektrickou energii a sekundárně energii tepelnou, využitelnou v dalších aplikacích například pro sušení nejrůznějšího materiálu nebo vytápění objektů.

Bioplynové stanice spadají mezi zdroje zelené energie a v České republice jsou finančně podporované státem. Oproti jiným obnovitelným zdrojům na našem území mají bioplynové stanice výhodu v nepřetržitosti provozu, a tedy že umožňují nepřetržitou dodávku elektrické energie do distribuční sítě. Provoz kogeneračních jednotek lze navíc snadno regulovat tak, aby výroba dosahovala relativně konstantního výkonu i po delší časové období.

V České republice bylo koncem roku 2014 v provozu více než 550 bioplynových stanic s instalovaným výkonem převyšujícím 410 MWe. Rozmístění bioplynových stanic v České republice je velmi rozmanité (viz Obr. 1), protože vstupní suroviny jsou dostupné kdekoli.



Obr. 1. Mapa bioplynových stanic na území České republiky [Zdroj: 14]

Podle odhadů odborníků v oboru bude do roku 2020 vystavěno dalších 400 nových bioplynových stanic. Tuto teorii navíc podporuje fakt, že výstavbu nových výroben podporují dotacemi Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky. Výstavba nových bioplynových stanic je navíc součástí Národního akčního plánu pro energii z obnovitelných zdrojů, vypracovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky. [20]

## 2.1 Dělení bioplynových stanic

Bioplynové stanice lze rozdělit podle typu zpracovávané biomasy, jakožto vstupní suroviny. Každá surovina má určitá specifika, která jsou při výstavbě výroby zohledňována.

Níže uvedené členění bioplynových stanic vychází z Metodického pokynu 12/2008 k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu, vydaného Ministerstvem životního prostředí České republiky. [35]

### 2.1.1 Zemědělské bioplynové stanice

Zemědělské bioplynové stanice jsou technologická zařízení, velmi často součástí zemědělských areálů, která zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv (podestýlky). Nejčastěji jsou zde zpracovávány suroviny živočišného původu (kejska a hnůj prasat, skotu, drůbeže, králíků apod.), rostlinné suroviny (seno, plevy, sláma, zbytky obilovin, bramborová a řepná nať, travní biomasa, siláž apod.) a pěstovaná biomasa (vyzrálá kukuřice, štěpková biomasa apod.).

V zařízení zemědělských bioplynových stanic se však nesmí zpracovávat odpady podle Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ani jiné materiály spadající pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech. [35]

Zemědělské bioplynové stanice jsou bezpochyby nejpočetnější a nejrozšířenější skupinou vůbec. Ke konci roku 2014 bylo v České republice v provozu 382 zemědělských bioplynových stanic. [14]

### 2.1.2 Čistírenské bioplynové stanice

Čistírenské bioplynové stanice bývají součástí areálu čistíren odpadních vod a umožňují za pomoci anaerobní fermentace stabilizovat čistírenské kaly. Výrobny však nejsou určeny ke zpracování bioodpadů, ale souží jako součást kalového hospodářství čistíren. Využívají se zde pouze materiály jako čistírenské kaly, materiály žump, septiků a odpadní voda.

V případě, že jsou do vstupních fermentačních nádrží čistírenské bioplynové stanice přidávány i jiné odpady definované podle Zákona o odpadech, pak se jedná o ostatní bioplynovou stanici s rozdílnými požadavky na provoz i výstavbu. [35]

Ke konci roku 2014 bylo v České republice v provozu 98 čistírenských bioplynových stanic, což je druhá nejpočetnější kategorie provozovaných bioplynových stanic. [14]

### 2.1.3 Ostatní bioplynové stanice

Ostatní bioplynové stanice slouží ke zpracování biologicky rozložitelného odpadu a vedlejších produktů živočišné výroby, například jatečního odpadu, masokostní moučky, průmyslových odpadů apod. Na ostatní bioplynové stanice se vztahuje právo podle Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a dále Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech.

Kategorie ostatních bioplynových stanic má navíc vyšší nároky na dovoz a skladování odpadů, včetně vyšších nároků na zamezení uvolňování pachových emisí. Do této kategorie spadají průmyslové a skládkové bioplynové stanice. [35]

Druhy ostatních bioplynových stanic:

- a) průmyslové bioplynové stanice – slouží ke zpracování průmyslových odpadů z potravinářské výroby
- b) skládkové bioplynové stanice – spalování bioplynu ze skládek komunálních odpadů

Ostatní bioplynové stanice jsou v České republice zastoupeny nejméně. Ke konci roku 2014 bylo v provozu 11 průmyslových a 63 skládkových bioplynových stanic. [14]

## 2.2 Vstupní suroviny

Hmota organického původu, tedy souhrn látek tvořících těla všech organismů, je označována termínem biomasa. Zvolení optimálních vstupních surovin je jedním ze základních předpokladů pro efektivní provoz bioplynových stanic, ve kterých je možné zpracovávat širokou škálu bioodpadů a surovin, včetně i těch obtížně zpracovatelných. Nejčastěji jsou využívány snadno dostupné a cíleně pěstované plodiny, exkrementy hospodářských zvířat a ostatní biologicky rozložitelné odpady.

### 2.2.1 Cíleně pěstovaná biomasa

Hojně se využívá cíleně pěstované kukuřičné, obilné siláže nebo cukrovky. Použití kukuřičné siláže se však osvědčilo nejvíce, díky vysoké úrovni šlechtění, moderní technologii sklizně a silážování. Mnohdy je ale pro provozovatele bioplynových stanic výhodné použití kombinace různých plodin, přičemž zajímavým dílčím zdrojem se jeví travní senáž, která však vyžaduje náročnější technologický postup na zpracování. [13]

### 2.2.2 Exkrementy hospodářských zvířat

Základním vstupním materiálem zemědělské bioplynové stanice by měly být právě exkrementy domácích hospodářských zvířat. Tato biomasa patří mezi podprůměrně vydatné materiály, ale s významným množstvím kmenů bakterií podílejících se na anaerobní fermentaci. Obsah žádoucí mikroflóry je důležitý především při zprovoznování bioplynové stanice. [13]

### 2.2.3 Ostatní biologicky rozložitelné odpady

Odpadní materiály z potravinářského průmyslu většinou neobsahují žádné nežádoucí příměsi, a proto jsou i tyto vhodné jako vstupní materiál pro bioplynové stanice. V případě použití tříděných bioodpadů z domácností je nutné zajistit odstranění nežádoucích složek (plasty, kovy, apod.). Tříděný bioodpad je sám o sobě velmi energeticky zajímavým materiálem, nicméně před použitím musí projít určitým hygienizačním procesem. [13]

## 2.3 Výstupní produkty anaerobní fermentace

Díky složitému procesu anaerobní fermentace se v reakčních nádržích tvoří bioplyn a jako vedlejší produkt vzniká digestát. Anaerobní fermentace, označována též jako anaerobní digesce, je složitý proces na sebe navazujících fyzikálně-chemických a biologických dějů. Zjednodušeně řečeno se jedná o bioenergetickou transformaci organických látek probíhající vlivem působení mikroorganismů za nepřístupu vzduchu. Celý proces sestává z několika sousledných fází, uvedených v tabulce Tab. 1, z nichž ovlivnění jednoho procesu může mít za následek ovlivnění celé reakce.

Tab. 1. Fáze rozkladu materiálu vlivem anaerobní fermentace

Fáze	Název	Popis
1	Hydrolyza	Makromolekulární látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuky) jsou štěpeny za přítomnosti anaerobních bakterií a kyslíku na nízkomolekulární látky (mastné kyseliny, aminokyseliny, alkoholy). V průběhu procesu se uvolňuje vodík a oxid uhličitý.
2	Acidogeneze	Produkty hydrolyzy se dále štěpí na jednodušší látky již bez přítomnosti vzdušného kyslíku (organické kyseliny, sirovodík, čpavek, vodík a oxid uhličitý). Procesu se účastní kyselinotvorné bakterie.
3	Acetogeneze	Vyšší organické kyseliny ve transformují na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík. Přeměnu kyselin mají za následek bakterie octotvorné.
4	Methanogeneze	Poslední fáze rozkladu se účastní metanogenní bakterie acetotrofní, rozkládající kyselinu octovou na metan + oxid uhličitý a hydrogenotrofní, rozkládající oxid uhličitý + vodík.

[Zdroj: 9, 12]

Anaerobní proces je ovlivňován řadou faktorů měnící životní prostředí mikroorganismů. Jedná se především o vlhkost, teplotu, hodnotu pH, přísun živin, přítomnost toxických látek, zatížení procesu apod. Hlavními výstupními produkty procesu anaerobní fermentace jsou bioplyn a digestát, vedlejšími pak vytvořená elektrická energie a teplo vznikající spalováním bioplynu v kogeneračních jednotkách. [3, 9, 12]

### 2.3.1 Bioplyn

Jedná se o bezbarvý, vysoce výbušný a dusivý plyn obsahující metan ( $\text{CH}_4$ ), oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a další stopové množství plynných látek, uvedených v tabulce Tab. 2. Plyn vzniká při procesech rozkladu organických materiálů a lze se s ním setkat běžně v přírodě (v okolí mokřadů a rašelinišť). Bioplyn je specifický svým zápachem po sirovodíku.

Měrná výhřevnost bioplynu se pohybuje, v závislosti na použité vstupní surovině, mezi 18-25  $\text{MJ/m}^3$ , meze výbušnosti jsou v rozmezí 6-12 % a zápalná teplota je okolo 700 °C. Vlastnosti bioplynu jsou dány podílem obsahu metanu a oxidu uhličitého ve vztahu k původu vzniku bioplynu z různých technologických zařízení. [9]

Tab. 2. Látkové složení bioplynu

Látka	Obsah
Metan – $\text{CH}_4$	50-75 %
Oxid uhličitý - $\text{CO}_2$	25-55 %
Vodní pára – $\text{H}_2\text{O}$	0-10 %
Dusík – $\text{N}_2$	0-5 %
Kyslík – $\text{O}_2$	0-2 %
Vodík – $\text{H}_2$	0-1 %
Čpavek – $\text{NH}_3$	0-1 %
Sulfan – $\text{H}_2\text{S}$	0-1 %

[Zdroj: 9]

### 2.3.2 Digestát

Zbytkový materiál, vytvořený procesem anaerobní fermentace, lze využít jako organické hnojivo velmi bohaté na dusík. Digestát se dále upravuje na kapalnou část nazývanou fugát a tuhounou část neboli separát. Obě části lze využít ke hnojení zemědělských půd, avšak musí být splněny určené podmínky právních předpisů, zejména požadavky na splnění hygienických parametrů, limitních hodnot rizikových prvků a indikátorových organismů. V žádném případě nesmí dojít ke kontaminaci povrchových a podzemních vod. [6]

## 2.4 Vliv provozu stanice na životní prostředí

Při správně navržené technologii, dodržování provozních postupů a právních nařízení, převažují pozitivní vlivy na životní prostředí. Je-li vše v pořádku, bioplynová stanice produkuje kvalitní hnojivo, elektřinu a teplo, bez dalšího zatížení životního prostředí. Vliv provozu bioplynových stanic na životní prostředí je posuzován podle Zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.

Pokud však není správně zvolená technologie provozu, zejména pak technologie skladování vstupních surovin, může docházet k negativním vlivům na okolí bioplynové stanice. Nejčastěji se jedná o možné úniky pachových látek, znečišťování okolí jako důsledek převozu a skladování vstupních surovin. Nárůst četnosti dopravní a manipulační techniky navíc zvyšuje zátěž místních komunikací, prašnost a samozřejmě také hlučnost. Proto je nutné brát ohled na místní rozptylové podmínky a situovat bioplynovou stanici co možná nejdále od obytných částí již při plánování umístění provozu. [8]

## 2.5 Známé havárie na území ČR

Bioplynové stanice jsou považovány za poměrně bezpečná zařízení, jsou-li dodržovány všechny vnitřní provozní předpisy provozovny, pokud bylo při výstavbě použito kvalitních materiálů a bylo-li dodržováno správných technologických postupů. Vzhledem k počtu výroben, povaze používaných vstupních materiálů a vlastnostem bioplynu však v minulosti již došlo k několika méně či více závažným událostem.

Ke vzniku mimořádných událostí může dojít z několika příčin. Nejčastěji se jedná o selhání lidského činitele, poruch technologických zařízení a působením atmosférických jevů. Rozbor minulých havárií a nehod je velmi důležitý z hlediska minimalizace vzniku dalších mimořádně nebezpečných událostí v budoucnosti. [1]

Níže jsou uvedeny některé havárie bioplynových stanic na území České republiky:

### Výbuch bioplynu v čistírně odpadních vod v Praze

Dne 20. listopadu 2004 došlo při svařování konstrukce k explozivnímu výbuchu bioplynu na vrcholku odkalovacího sila v areálu čistírny odpadních vod v Praze. Následná exploze utrhla víko sila a odmrštila jej i s pracovníkem, který na místě zemřel. Jeho kolega se zřítíl z výšky dolů, kdy po nárazu na kovovou lávku utrpěl vážná zranění. Příčinou vzniku výbuchu bylo selhání lidského činitele při svařování elektrickým obloukem. [22]

### **Výbuch v bioplynové stanici v Chotětově, okres Mladá Boleslav**

V sobotu 19. ledna 2013 došlo v bioplynové stanici v Chotětově na Mladoboleslavsku k de-tonačnímu výbuchu, pravděpodobně z důvodu úniku metanu do prostor technického zázemí. Uvnitř objektu se nacházely dvě osoby, které byly s popáleninami na 50 % a 30 % těla transportovány do popáleninového centra Fakultní nemocnice Královské Vinohrady.

Škoda na majetku byla odhadnuta na 100000 Kč, přičemž nedošlo k výraznému poškození ostatní technologie výroby. Příčina výbuchu je předmětem vyšetřování, avšak podle prvotních znaleckých vyjádření se mohlo jednat o selhání lidského činitele. [19]

### **Úder blesku a požár na bioplynové stanici v Malšicích, okres Tábor**

Dne 22. června 2011 ve večerních hodinách udeřil blesk do jímací soustavy fermentoru bioplynové stanice v Malšicích na Tábořsku, která byla téměř před dokončením. Důsledkem účinků bleskového proudu došlo k poškození střešního pláště jímací plachty a tou začal unikat nahromaděný bioplyn, který se vzápětí smísl se vzduchem a vytvořil výbušnou směs. Požárem iniciovaná směs explodovala a vyvrhla kusy jímací plachty do vzdálenosti více než 5 metrů od fermentační nádrže.

Díky malému množství nahromaděného bioplynu však nebyly účinky výbuchu příliš velké a naštěstí nebyl nikdo zraněn. Vyšetřování poté prokázalo nedostatečnou ochranu bioplynové stanice před vlivy atmosférických jevů. [7]

### **Únik oxidu uhličitého a metanu z bioplynové stanice ve Žďáru nad Sázavou**

V dopoledních hodinách dne 19. února 2011 unikl v areálu bioplynové stanice ve Žďáru nad Sázavou oxid uhličitý s malým množstvím metanu. Jednalo se o bioplynovou stanici zpracovávající biologicky rozložitelný odpad z domácností, jídelen, údržby zeleně apod., tedy komunální typ bioplynové stanice, která navíc byla krátce ve zkušebním provozu.

V důsledku úniku oxidu uhličitého byli přiotráveni tři pracovníci stanice, přičemž jeden z nich měl silné křeče a musel být hospitalizován. Ostatní pracovníci byli ošetřeni se žaludečními potížemi na místě. K nehodě v tomto případě došlo nedbalostí pracovníka, který kontroloval funkčnost ventilátorů, aniž by předtím byly z prostoru fermentační nádrže odsáty nebezpečné plyny. Následně se mu udělalo špatně a dva zbylí pracovníci mu přispěchali na pomoc, ale také se sami nadýchali nebezpečných plynů. [17]



### **Únik kejdy z prostor bioplynové stanice v Kozojídkách, okres Hodonín**

Dne 21. září 2013 došlo vlivem poruchy na potrubí bioplynové stanice v Kozojídkách na Hodonínsku k úniku značného množství hospodářské kejdy mimo objekt. Kejda z poškozeného potrubí vytekla do obecní kanalizace, odtud do místního potoka a dále až do řeky Veličky. Díky vysokému nasazení hasičů a většímu průtoku řeky byla uniklá část kejdy rychle rozředěna, čímž bylo zabráněno znečištění životního prostředí. Havárie se znovu zopakovala za necelé dva měsíce, tedy dne 11. listopadu 2013 došlo k opětovnému poškození části potrubí a opakovanému úniku většího množství kejdy do obecní kanalizace. Za vznik havárie je nejspíše odpovědná firma, které provedla neodbornou montáž potrubí. [23]

### **Únik separovaného digestátu bioplynové stanice v Liboměřicích, okres Chrudim**

V sobotu 31. ledna 2015 došlo pravděpodobně vlivem poruchy přečerpávacího čerpadla k úniku přibližně 300 m<sup>3</sup> separovaného digestátu (látka podobná močovině) do potoka Zlatník v Liboměřicích. Hasiči museli přehradit potok a vytvořit lagunu pro odčerpávání vody, dále použitelné jako hnojivo na pole. Pokud by nebyl zásah proveden rychle, hrozila by kontaminace řeky Chrudimky a Křižanovické přehrady, sloužící jako zdroj pitné vody.

Separovaný digestát unikl do potoka ze zásobníku vzdáleného necelé 4 kilometry přes lesní porost a louky, takže se část separátu vsákla cestou. Do řeky Chrudimky se díky včasnému zásahu hasičů, trvajícím více než 33 hodin, dostalo opravdu zanedbatelné množství navíc už zředěného separovaného digestátu. Zasažené plochy však musí být sanovány a kontaminovanou zeminu čeká likvidace dle platných norem. [18]

Tato kapitola zevrubně pojednává o problematice bioplynových stanic a jejich možném vlivu na životní prostředí i bezprostřední okolí. Jsou popsány druhy bioplynových stanic, jejich účel, používané vstupní materiály a výstupní produkty. Složitá technologická zařízení, což bioplynové stanice bezesporu jsou, v dnešní době řídí moderní výpočetní technika, nicméně i přesto může selhat lidský činitel nebo nastat technologická havárie. Koncem kapitoly jsou uvedeny známé havárie bioplynových stanic na území České republiky.

### 3 MANAGEMENT RIZIK

Lidé byli vždy konfrontováni se skutečností, že výsledky jejich činnosti nemusí být totožné s jejich plány, protože každá lidská činnost je spojena s nejistotou a neurčitostí různého původu. Na základě stále se zvětšujícího počtu nebezpečí a nejistot se lidé snaží zavádět mechanismy efektivního snižování pravděpodobnosti vzniku nežádoucích událostí, zvláště technologických. Stále ale existuje řada rizik, která nelze zcela řídit (lidská, klimatická apod.).

Historie managementu rizik začala v 50. letech 20. století technologickým rozvojem velkých průmyslových společností, jejichž výroba může způsobit závažné havárie. Dnes lze považovat management rizik za plnohodnotnou moderní disciplínu, využívanou v manažerské praxi jako podpůrný nástroj pro manažerské rozhodování. Praxe neustále ukazuje velkou důležitost této disciplíny, jejíž podceňování může vést nejen k velkým finančním ztrátám, ale i ke vzniku závažných havárií a ohrožení obyvatelstva.

#### Nebezpečí

Nebezpečí je určitá vlastnost látky, biologického či fyzikálního děje nebo stav systému, který nepříznivě působí na zdraví člověka, životní prostředí a materiální hodnoty. Jde o soubor vlastností, které se projeví, pokud je subjekt jejich vlivům vystaven. O nebezpečí tedy hovoříme jako o zdroji rizika.

#### Riziko

Pojem riziko je chápáno jako vztah mezi očekávanou ztrátou a neurčitostí uvažované ztráty (vyjádřeno pravděpodobností nebo frekvencí výskytu). V užším pojetí je riziko vyjádřeno mírou pravděpodobnosti, se kterou dojde za určitých podmínek k nepříznivému účinku na vystavený subjekt. Pokud není možné riziko zcela eliminovat, lze jej použitím přiměřených ochranných opatření redukovat na riziko zbytkové, které již přijatelné je.

#### 3.1 Analýza a hodnocení rizik

Management rizik zahrnuje dvě základní etapy. První etapou je analýza rizik, při které dochází k identifikaci potenciálního nebezpečí a odhadu ztrát vzniklých působením nebezpečí na daný subjekt nebo systém. Součástí analýzy rizik je proces hodnocení rizik, díky nimž lze stanovit míru pravděpodobnosti a frekvenci vzniku nebezpečné události. V rámci hodnocení rizik se pozornost směřuje především na takové zdroje rizik, které vyžadují aplikovat nezbytná opatření k přecházení vzniku nebezpečných událostí.

Analýza rizik využívá kvalitativní a kvantitativní metody, případně jejich kombinace. Kvalitativní metody jsou více subjektivní, rychlejší, jednodušší a vyjadřují rizika určitého rozsahu. Naproti tomu kvantitativní metody se zakládají na matematických výpočtech (modelech), frekvenci výskytů a následků rizik - jsou tudíž přesnější, ale obsáhlejší. [2]

Mezi jednotlivé metody pro analýzu rizik lze zařadit:

- **CHECK LIST** – metoda analýzy dle kontrolních seznamů,
- **SAFETY AUDIT** – metoda bezpečnostního auditu hledající rizikové situace,
- **SWOT** – metoda analýzy dle silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb,
- **WHAT-IF ANALYSIS** – metoda analýzy toho, co se stane když,
- **HAZARD OPERATION PROCESS** – metoda analýzy ohrožení a provozuschopnosti systému,
- **EVENT TREE ANALYSIS** – metoda analýzy stromem událostí,
- **FAULT TREE ANALYSIS** – metoda analýzy stromem poruch,
- **FISHBONE (ISHIKAW) DIAGRAM** – metoda grafické analýzy příčin a následků poruch systému,
- **FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS** – metoda analýzy možných selhání a jejich dopadů na systém,
- **HUMAN RELIABILITY ANALYSIS** – metoda analýzy lidské spolehlivosti,
- **Analýza souvztažnosti** – metoda pro vyhledávání a hodnocení rizik,
- **Kittsova bodová metoda** – metoda pro hodnocení závažných zdrojů rizik.

Pro potřeby této diplomové práce jsou obecně představeny dvě metody, použité pro analýzu bezpečnostních rizik v praktické části práce.

### **FISHBONE (ISHIKAW) DIAGRAM**

Technika spočívá v modelování a strukturaci procesů, která pomáhá identifikovat možné nejpravděpodobnější příčiny problémů, což je účelem této metody. Výsledek je prezentován ve formě graficky zpracovaného diagramu, obsahujícího zásadní faktory, tedy příčiny způsobující následky. Zásadní faktory identifikované metodou Ishikawova diagramu je nutné dále analyzovat, čímž lze stanovit další dílčí příčiny. [2]

## FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Jedná se o metodu analýzy selhání a jejich dopadů na základě systematicky a strukturovaně vymezených selhání systému. Tato metoda slouží jako kontrola jednotlivých prvků systému, včetně kontroly celého provozu. Častěji se využívá pro vážná rizika spíše v technických oborech, nicméně v poslední době je aplikována i v ekonomickém prostředí. Předpokladem provedení této analýzy je kvantitativní přístup k řešenému problému. [2]

### 3.2 Řízení rizik

Druhá etapa managementu rizik se věnuje samotnému řízení rizik identifikovaných předchozí analýzou, jejíž cílem je rizika zcela eliminovat, respektive z části redukovat na úroveň přijatelnějších zbytkových rizik. Všechna opatření zaváděná k ochraně života a životního prostředí by měla mít prioritu před ekonomickými hledisky.

Aplikace jakýchkoliv opatření je vždy spojeno s určitými náklady, a proto by i rozhodování o přijetí navržených opatření mělo vycházet z porovnání nákladů vzniklých ztrát oproti nákladům na aplikaci těchto opatření. Zde platí pravidlo, že včasná aplikace opatření je méně nákladná a více efektivní. [2]

Poslední kapitola teoretické části definuje základní pojmy riziko a nebezpečí, což jsou výchozí termíny managementu rizik. Vzhledem k tomu, že se rizika mění v čase, musí být analýza rizik prováděna kontinuálně, včetně ověřování již aplikovaných opatření, případně aplikovat opatření nová.

#### Závěr teoretické části

Bioplynové stanice mohou být zdrojem látek a materiálů, potenciálně nebezpečných pro životní prostředí, a proto je nutné dodržovat velké množství zákonných nařízení v plném rozsahu. V objektu bioplynové stanice dochází k tvorbě a skladování nezanedbatelného množství bioplynu, obsahujícího vysoké procento metanu, což přináší další možná nebezpečí spojená s výbuchem a požárem.

Rozbor známých havárií bioplynových stanic na území České republiky ukázal, že největší podíl na vzniku mimořádných událostí má v první řadě selhání lidského činitele, a poté technologické selhání (zpravidla opět částečně ovlivněné působením lidského činitele). Závěr teoretické části této práce byl věnován managementu rizik, který je výchozí oporou pro praktickou část diplomové práce.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 OBJEKT BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ

Plně zemědělská bioplynová stanice v Pěčíně u Trhových Svinů je provozovaná společností ELGA s.r.o. a nachází se v Jihočeském kraji, necelých 25 km jihovýchodním směrem od Českých Budějovic. Objekt rozkládající se na ploše lehce přesahující 28000 m<sup>2</sup> je situován mimo obydlenou oblast, takže bezprostředně nezasahuje do obytné zóny a neruší svým provozem obyvatele. Nejbližší obydlené části jsou Pěčín u Trhových Svinů (700 metrů jižně od bioplynové stanice), Rejta u Trhových Svinů (750 metrů severozápadně od bioplynové stanice) a Hrádek u Trhových Svinů (800 metrů severovýchodně od bioplynové stanice).



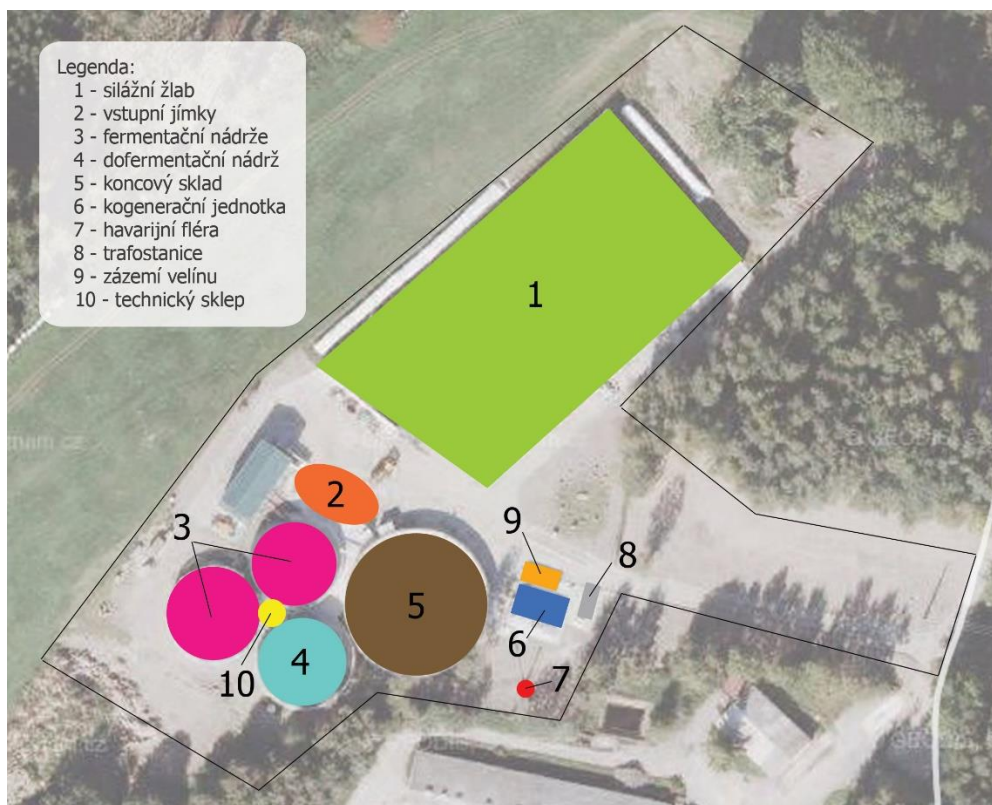
Obr. 2. Zemědělská bioplynová stanice v Pěčíně, příjezdová cesta [Zdroj: vlastní]

Do provozu byla výrobná, zobrazená na Obr. 2, uvedena již počátkem roku 2011, nicméně elektrickou energii začala vyrábět až začátkem dubna téhož roku, protože nejdříve bylo nutné zaktivovat proces fermentace a tím získat dostatečné množství bioplynu pro zprovoznění pístové kogenerační jednotky.

Bioplynová stanice s instalovaným elektrickým výkonem 1,190 MWe a tepelným výkonem 0,951 MWt měsíčně spotřebuje průměrně 1800 tun vstupních surovin (odpovídá 95 % kuřičné siláže, zbylých 5 % tvoří odpady potravinářské výroby, seno apod.) a vyrobí v průměru 700 MWh elektrické energie. Vzhledem k průměrnému instalovanému výkonu v České republice, okolo 0,950 MWe, lze bioplynovou stanici v Pěčíně zařadit spíše mezi větší výrobní. Například v sousedním Německu, které má daleko delší zkušenosti s provozem bioplynových stanic, se průměrný instalovaný výkon pohybuje kolem 0,500 MWe.

## 4.1 Areál bioplynové stanice

V následující části je popsán areál bioplynové stanice v Pěčíně podle níže uvedeného situačního plánu na Obr. 3. Pro lepší přehlednost rozmístění jednotlivých objektů jsou tyto očíslovány a rozlišeny barevně. Hranice areálu jsou naznačeny černými linkami, které zároveň vymezují hranici pozemku tvořenou svařovaným oplocením.



Obr. 3. Situační plán zemědělské bioplynové stanice v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

### 4.1.1 Silážní žlab

Silážní žlab bioplynové stanice v Pěčíně, na Obr. 3 označen č. 1, slouží jako skladovací plocha pro kukuřičnou siláž (na Obr. 4) nebo jiný vstupní materiál. Žlab je ze tří stran tvořen železobetonovou opěrnou zdí, dno je spádováno ke sběrné vpusti odvádějící nahromaděné silážní šťávy a kontaminovanou dešťovou vodu do záchytné jímky.

Rozměry použitelné skladovací plochy jsou 98/85 x 50 m, přičemž skladovací kapacita silážního žlabu je při výšce 4,5 m skladované siláže přibližně 18000 m<sup>3</sup>, což je z kapacitního hlediska dostatečná plocha. Z Obr. 3 je patrné, že skladovací plochy silážního žlabu zabírají největší část plochy areálu bioplynové stanice v Pěčíně.



Pro omezení úniku zápachu ze skladovaného materiálu je odkryta pouze nezbytně nutná plocha sloužící k odběru materiálu, zbytek je vždy zakryt folií tak, aby byl materiál chráněn nejen před únikem pachových stop, ale i před působením nepříznivých vlivů počasí. Díky vlhkosti materiálu siláže nepředstavuje tento objekt požární riziko.



Obr. 4. Silážní žlab pro kukuřičnou siláž v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

#### 4.1.2 Vstupní jímky

Vstupní jímky, na Obr. 3 označeny č. 2, jsou využívány jako přechodné skladovací místo tekutých či pevných vstupních surovin. Zde se vstupní suroviny předeřívají, ředí a odtud čerpají do fermentačních nádrží. Jímky tvoří dvě 3 m vysoké železobetonové monolitické nádoby, částečně zapuštěné cca 2 m do terénu. Jejich vnitřní strany jsou opatřeny hydroizolační vrstvou a detekčním systémem přetečení. Přísun surovin do fermentačních nádrží je zajišťován centrálním čerpadlem, automaticky ovládaným řídicím systémem. Sestavu vstupních jímek zachycuje Obr. 5.



Obr. 5. Sestava nádrží vstupních jímek v Pěčíně [Zdroj: vlastní]



#### 4.1.3 Fermentační a dofermentační nádrže

Bioplynová stanice v Pěčíně využívá procesu dvoustupňové fermentace, která je efektivnější a lze ji lépe řídit. Pro první fermentační stupeň se využívá dvou železobetonových primárních fermentačních nádrží, na Obr. 3 označeny č. 3, o celkové výšce 7 m, průměru 22 m, objemu nádrže 2260 m<sup>3</sup> a objemu plynojemu 870 m<sup>3</sup>. Druhý fermentační stupeň probíhá v sekundární dofermentační nádrži, na Obr. 3 označen č. 4, o celkové výšce 7 m, průměru 23 m, objemu nádrže 2908 m<sup>3</sup> a objemu plynojemu 950 m<sup>3</sup>.

Všechny fermentační nádrže, zachycené na Obr. 6, jsou zapuštěny cca 2 m do terénu, jejich vnější stěny jsou opatřeny hydroizolací s detekčním systémem úniku kapaliny a zateplením. Střechy nádrží slouží zároveň jako membránové plynojemy tvořené plynotěsnou plastovou folií. Prostřednictvím vstupních jímek je zajišťován přísun surovin, které se díky vnitřně instalované technologii periodicky promíchávají ponornými míchadly a zahřívají integrovaným topným systémem na určitou teplotu. Bioplyn je z fermentačních nádrží dále rozváděn odvodněným plynovodem, chráněným před bleskem a nebezpečným dotykovým napětím.



Obr. 6. Fermentační nádrže v Pěčíně před dokončením [Zdroj: vlastní]

Vzhledem k tomu, že ve fermentačních nádržích vzniká a zadržuje se bioplyn, je nutné řešit požární bezpečnost objektu podle ČSN 73 0804 - Požární bezpečnost staveb. Konstrukčně jsou fermentační nádrže budovány jako nehořlavé, chráněné systémem svodů bleskových proudů. V okolí minimálně 6,5 m od fermentačních nádrží je stanovena ochranná zóna výbušného prostředí, ve které je přísně zakázáno manipulovat s otevřeným ohněm a umísťovat jakékoliv hořlavé materiály (platí také pro suchou trávu, senáž, listí apod.).

#### 4.1.4 Koncový sklad digestátu

Koncový sklad, na Obr. 3 označen č. 5, o průměru 36 m je vysoký 7 m a zapuštěný 2 m pod okolní terén. Nezastřešený objekt pojme celkem 7120 m<sup>3</sup> digestátu. Dno i stěny skladu jsou tvořeny železobetonovou konstrukcí, opatřenou hydroizolační vrstvou a ve vnitřním prostoru je instalován systém míchadel. Koncový sklad je zachycen na níže uvedeném Obr. 7.



Obr. 7. Pohled do koncového skladu digestátu v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

Digestát obsahuje z větší části vodu a tuhý zbytek z procesu anaerobní fermentace. Materiál je nehořlavý. Z tohoto důvodu je objekt bez požárního rizika.

#### 4.1.5 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je umístěna v typovém ocelovém kontejneru, na Obr. 3 označen č. 6, spolu s další nezbytnou periferní technologií. Jedná se o pístový spalovací motor, určený pro spalování bioplynu, s označením GE Jenbacher JMC 416 GS-B.L o elektrickém výkonu 1190 kW a tepelném výkonu 951 kW. Spolu s motorem se v kontejneru, zachyceném na Obr. 8, nachází další technologie jako je tlumič výfuku, výměník tepla, elektrický generátor, plynová řada pro úpravu tlaku, ovládací elektronika a elektrické rozvaděče.

Větrání kontejneru je zajištěno vysoko objemovým ventilátorem vybaveným filtrem s tlumičem sání. Na střeše kontejneru jsou umístěny chladicí bloky s nucenou ventilací a výfuk kogenerační jednotky. Motor i elektrický generátor jsou propojené spojkou a vzájemně upevněné k rámu pryžovými díly tak, aby byly eliminovány vibrace při provozu. Ovládání kogenerační jednotky je plně automatické s možností ruční úpravy parametrů.



Obr. 8. Kontejner s kogenerační jednotkou v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

Vzhledem k tomu, že v kontejneru dochází ke spalování bioplynu motorem, je nutné zajistit dostatečné větrání prostoru nucenou objemovou ventilací. Požární bezpečnost je řešena, stejně jako u fermentačních nádrží, v souladu s ČSN 73 0804 - Požární bezpečnost staveb.

#### 4.1.6 Fléra

Fléra, na Obr. 3 označena č. 7, slouží jako nouzový hořák pro spalování přebytkového bioplynu (v případech, kdy je kogenerační jednotka mimo provoz). Hořák je připojen plynovodem z objektu kontejneru kogenerační jednotky, měří 4 m a automaticky se spouští podle nastavených parametrů - standardně se při 120 % objemu bioplynu v plynojemu, vypnutí pak při poklesu zpět na 100 %. Fléra (viz Obr. 9) je umístěna v ochranné pásmu ve vzdálenosti minimálně 15 m od ostatních nadzemních objektů, jelikož plamen dosahuje výšky až 2,5 m a jeho tepelné účinky jsou značné i z větší vzdálenosti.



Obr. 9. Fléra pro nouzové spalování plynu v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

#### 4.1.7 Trafostanice

Trafostanice, na Obr. 3 označena č. 8, je osazena 1250 kVA olejovým transformátorem, který slouží pro připojení výroby k distribuční síti vysokého napětí. Objekt, zachycený na Obr. 10, tvoří prefabrikovaný betonový kontejner o rozměrech 6,5 x 3 x 2,6 m, vybavený havarijní jímkou o objemu 1000 l zapaštěnou do terénu. Dno i stěny jsou ošetřeny hydroizolací, pro transformátorový olej nepropustnou. Objekt není vytápěný, větrání je zajištěno přirozeně. Požární bezpečnost je řešena v souladu s ČSN 73 0804 - Požární bezpečnost staveb.



Obr. 10. Kobková trafostanice v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

#### 4.1.8 Obslužné zázemí - velín

Objekt velínu, na Obr. 3 označen č. 9, spolu s WC slouží jako obslužné zázemí stanice. Izolovaný ocelový kontejner, zachycený na Obr. 11, o rozměrech 9 x 3 x 2,4 m obsahuje místnost pro obsluhu, technologickou skříň, skříň elektrických rozvodů, dále PC terminál pro kontrolu a řízení technologie bioplynové stanice. Prostory velínu jsou vytápěny elektrickým topením, větrání je zajištěno přirozeně okny nebo nuceně ventilátorem (prostory WC). Požární bezpečnost je řešena v souladu s ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb.



Obr. 11. Velín s technologiemi v Pěčíně [Zdroj: vlastní]



#### 4.1.9 Technický sklep

Technický sklep, na Obr. 3 označen č. 10, je situován mezi stěny koncového skladu digestátu a fermentačních nádrží. Nosná konstrukce stropu je z dřevěných trámů s krytinou z asfaltových pásů. Technický sklep, zachycený na Obr. 12, je částečně zapuštěn pod terén tak, že jeho betonová podlaha bez úpravy kopíruje podlahu fermentorů. Uvnitř technického sklepu je umístěna technologie pro provoz fermentorů zahrnující různé ventily, centrální čerpadlo napojené do vstupních jímek, potrubní rozvody, výstupy otopného systému apod. Místnost je nuceně větrána ventilátorem. Vzhledem k tomu, že je zde použito dřevěných materiálů, je požární bezpečnost objektu řešena dle ČSN 73 0804 – Požární bezpečnost staveb.



Obr. 12. Prostor objektu technického sklepa v Pěčíně [Zdroj: vlastní]

Tato kapitola přehledně popisuje jednotlivé objekty areálu bioplynové stanice v Pěčíně. Jedná se o poměrně rozlehlý areál o rozloze lehce přesahující 28000 m<sup>2</sup>, kde nejvíce prostoru zabírají samotné skladovací prostory pro vstupní materiál. Z popisu objektů dle situačního plánu na Obr. 3 vyplývá, že areál bioplynové stanice zahrnuje množství různých objektů, jejichž okolí je rozděleno na několik ochranných zón, ve kterých je přísně zakázáno manipulovat s otevřeným ohněm a umisťovat v jejich okolí hořlavé předměty.

Rozborem bylo zjištěno, že všechny objekty v areálu jsou projektovány s velkým důrazem na požární bezpečnost dle ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty nebo ČSN 73 0804 – Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. Tato kapitola je oporou pro analýzu rizik, kterou by bez popisu jednotlivých objektů areálu nebylo možné provést.

## 5 SYSTÉM BEZPEČNOSTI BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ

Systém bezpečnosti bioplynové stanice v Pěčíně je navržen tak, aby reagoval na aktuální požadavky dnešní doby nejen v otázce bezpečnosti objektu a ochrany podnikových aktiv, ale také v otázkách efektivnosti procesů a bezpečnosti zaměstnanců. Na systém bezpečnosti je tedy nutno pohlížet jako na systémová víceoborová opatření, školení a optimalizaci procesů vycházející z potřeby daného podniku. Vzhledem k povaze bioplynové stanice se jedná o úzce specifickou záležitost, na kterou se systém bezpečnosti neustále odkazuje.

Moderní podniky dnešní doby investují spoustu prostředků do ochrany svých zaměstnanců a vybavují je kvalitními ochrannými prostředky, mnohdy nad rámec zákonných požadavků. V současnosti se také čím dál více rozvíjí systémy vzdělávání a školení zaměstnanců, která mají velmi pozitivní vliv na snížení vzniku pracovních úrazů. Provozovatel bioplynové stanice v Pěčíně si je vědom možných nebezpečí vně i venku objektu, a proto pravidelně hodnotí a aktualizuje bezpečnostní analýzy podle vývoje provozu stanice.

### 5.1 Mechanické zábranné systémy

Mechanické zábranné systémy jsou základní prvky ochrany objektů a řadí se mezi nejstarší druhy ochran. Jsou typické svou mechanickou odolností a zahrnují všechny prvky, které jakkoli ztěžují vniknutí nepovolané osoby do chráněného prostoru. Mechanické zábranné systémy se dále dělí na obvodovou, plášťovou, prostorovou a předmětovou ochranu.

Bioplynová stanice v Pěčíně se rozkládá na velké ploše přesahující 28000 m<sup>2</sup>, což nutně vyžaduje použití kvalitní obvodové ochrany v podobě oplocení. V areálu je instalováno odolné oplocení ze svařovaného pletiva, osazeného vrcholovými zábranami o dvou řadách ostnatého drátu. Svařované pletivo má oproti pletenému vyšší mechanickou odolnost, čímž lépe chrání obvodovou hranici areálu, ale má také vyšší pořizovací cenu.

Do areálu vede jedna zpevněná příjezdová cesta vybavena robustní jednokřídlou pojezdovou bránou ovládanou systémem elektrického otevírání a je doplněna o vrcholovou zábranu z ostnatého drátu. Plášťová ochrana všech uzavíratelných objektů v areálu bioplynové stanice je řešena dveřmi s bezpečnostními cylindrickými zámky a standardními okenními výplněmi. V areálu bioplynové stanice nejsou instalovány žádné okenní mříže.

## 5.2 Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy jsou souborem technických prostředků, umožňující detekci vstupu nepovolaných osob do střeženého prostoru. Pokud je střežený prostor narušen, je toto opticky nebo akusticky na definovaném místě signalizováno. Mimo narušení prostoru lze také signalizovat jiné události na základě vstupů z nepoplachových aplikací.

Objekty v areálu bioplynové stanice v Pěčíně jsou vybaveny elektronickým zabezpečovacím systémem využívajícím různých bezpečnostních prvků. Jsou zde instalovány magnetické kontaktní spínače umístěné na vstupní bráně, dveřích a oknech. Tyto spínače umožňují detekovat manuální nebo i samovolné otevření hlídané části. Dále je využito vnitřních pohybových detektorů pro signalizaci pohybu osob v prostorách objektů. Plotové detekční kabely ani infračervené bariéry, střežící perimetr objektu, nejsou v areálu navrhnuty.

Do zabezpečovací ústředny jsou také vyvedeny signály z detektorů kouře a úniku plynu, instalovaných k hlídání uzavřených místností (objekt velínu, kogenerační jednotky, technického sklepu). V případě zjištění přítomnosti kouře nebo úniku plynu dojde k automatickému odstavení zařízení z provozu, uzavření uzávěrů plynu, spuštění nouzového větrání, signalizaci a přivolání obsluhy. Elektrická požární signalizace není v objektu uvažována.

## 5.3 Uzavřené televizní okruhy

Pro monitorování pohybu osob a vzdálené kontroly technologie se v areálu používá uzavřených televizních okruhů. Je zde rozmístěno celkem 6 statických barevných kamer, napojených na centrální záznamové zařízení, uchovávající 24 h záznam z posledních 3 týdnů. Kamery jsou pro monitorování prostor v noci nebo při snížených viditelných podmínkách vybaveny infračerveným přísvitovým modulem. Výhodou je i vzdálené připojení ke kamerám prostřednictvím internetu, což výrazně urychluje vzdálený přehled o dění v objektu.

V prostorách velínu je umístěn dohledový monitor, díky němuž má obsluha bioplynové stanice celý prostor pod dohledem, aniž by bylo nutné některé technologie fyzicky kontrolovat. V minulosti bylo v Pěčíně využito vyvolání historického záznamu z kamerového systému, kvůli dodávce vstupních surovin. Tehdy dodavatel tvrdil dodání několika kamionů kukuřičné siláže, avšak kamerovým systémem byl zjištěn počet nižší.

## 5.4 Havarijní plán

Havarijní plán je dokument, který obsahuje pokyny k zajištění prevence úniku závadných látek ohrožujících povrchové a podzemní vody. Povinnost vypracovávat havarijní plány se týká všech provozovatelů, jenž se závadnými látkami pracují, neboť zacházení s těmito látkami v blízkosti vodních toků je vždy spojeno se zvýšeným nebezpečím. Mezi závadné látky patří mimo jiné i vstupní suroviny živočišného původu (keřda, hnůj, močůvka apod.). Havarijní plány jsou zpracovány v souladu se Zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů a dále také v souladu s Vyhláškou č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků.

Bioplynová stanice v Pěčíně má vypracován a schválen plán opatření pro případ havárie. Jedná se o dokument, ve kterém je provedeno vymezení areálu bioplynové stanice, popis situace a technologického procesu, popis jednotlivých objektů, seznam zařízení, technologická a organizační prevence. Dále je proveden rozbor závadných látek včetně určení cest havarijního odtoku. Plán také obsahuje popis možných havárií, návrh jejich odstraňování, postup předávání informací o vzniklé havárii, personální zajištění činností, adresy či telefonní spojení na správní úřady a subjekty účastnící se zneškodňování havárií.

## 5.5 Požárně bezpečnostní řešení

Požárně bezpečnostní řešení je nedílnou součástí projektové dokumentace stavby, obsahuje textovou i výkresovou část, zpracovává se v souladu Zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, Vyhláškou č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního dozoru, Zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.

Bioplynová stanice v Pěčíně má vypracovanou dokumentaci požárně bezpečnostního řešení, řešící posouzení požární bezpečnosti jednotlivých objektů v areálu dle norem požární bezpečnosti staveb. Objekt je dle dokumentace rozdělen na jednotlivé požární úseky, v nichž bylo výpočtem stanoveno požární riziko. Dále dokumentace řeší hodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti, stanovuje možnosti provedení požárního zásahu, upřesňuje způsob evakuace osob, definuje druh a počet únikových cest, vymezuje požárně nebezpečné prostory.

Dokumentace také stanovuje počet, druh a místo přenosných hasicích přístrojů, stejně tak jako zhodnocení nutnosti instalace stabilního hasicího zařízení, samočinného odvětracího



zařízení, nutnost instalace elektrické požární signalizace a zařízení na detekci hořlavých plynů. Objekt musí být vybaven výstražnými bezpečnostními značkami a cedulemi, což bioplynová stanice v Pěčíně splňuje.

## 5.6 Provozní řády

Provozní řády bioplynové stanice jsou dokumenty, které jsou nepostradatelnou součástí efektivního zajištění plynulosti procesů provozu. Bioplynová stanice v Pěčíně má vypracovány různé druhy provozních řádů, podle jejich způsobu použití.

Místní provozní řád bioplynové stanice blíže popisuje bioplynovou stanici, její technologii včetně podrobného popisu biologických procesů, stanovuje bližší požadavky odborné a zdravotní způsobilosti obsluhy, oprávnění ke vstupu do strojovny a servisního sklepa, povinnosti obsluhy, vedení a náležitosti provozní dokumentace, údržbu a opravy zařízení, předepisuje periodické kontroly a revize. Součástí místního provozního řádu jsou také pokyny pro zásady první pomoci, stejně jako podmínky poskytování osobních ochranných pracovních pomůcek obsluze bioplynové stanice.

Vypracovány jsou dále provozní řády na ochranu ovzduší a ochranu vod, které identifikují možné zdroje znečištění a řeší následky havárií. Tyto jsou však součástí havarijního plánu.

## 5.7 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v areálu bioplynové stanice v Pěčíně je řešena na základě vnitřních směrnic platných pro všechny osoby zdržující se na pracovišti areálu bioplynové stanice. Pracovníci, kteří vykonávají práci nebo se mohou pohybovat v prostředí s nebezpečím výbuchu, jsou minimálně 1x ročně pravidelně školeni. V rámci odborného školení jsou technikem bioplynové stanice, který je zároveň zodpovědný za dodržování stanovených zásad, prováděna přezkoušení pracovníků z teoretických i praktických znalostí. Samozřejmostí je poskytování adekvátních ochranných pracovních pomůcek.

V této kapitole je proveden rozbor bezpečnostní politiky bioplynové stanice v Pěčíně. Nebylo zjištěno žádných závažných nedostatků, které by mohly výrazně ohrozit bezpečnost objektu nebo pracovníků. Za zváženou by však stálo použití lepší perimetrické ochrany v podobě instalace infračervených bariér, případně použití perimetrického detekčního kabelu na oplocení. Za nevyhovující lze také považovat současný počet kamer, který je v takto rozlehlém areálu velmi nízký a nedokáže jej zcela efektivně monitorovat.

## 6 VYBRANÁ NEBEZPEČÍ BIOPLYNOVÉ STANICE V PĚČÍNĚ

Provoz bioplynové stanice s sebou nese určitá rizika, kterým je nutné věnovat zvýšenou pozornost, i když jsou bioplynové stanice považovány za poměrně bezpečná výrobní zařízení. I přesto však tato nebezpečí ohrožují zaměstnance, okolní obyvatele a životní prostředí. Materiály (včetně vstupních surovin) používané v areálu bioplynových stanic mohou být nebezpečné zejména v případech, kdy s nimi není zacházeno v souladu s normami a předpisy.

Největším rizikem provozu bioplynové stanice je bioplyn obsahující metan, vznikající ve fermentačních nádržích a rozváděný plynovodem. Výbuch bioplynu v provozu bioplynové stanice již byl v České republice zaznamenán a stalo se tak vlivem selhání lidského činitele nebo po úderu blesku do fermentační nádrže. Pro zaměstnance pak vznikají další nebezpečí, jakými jsou úrazy elektrickým proudem, točivými stroji, mechanizací, otravy apod.

### 6.1 Výbuch a požár

Požár je nejvýznamnějším nebezpečím každé bioplynové stanice, protože v objektu dochází k výrobě a skladování velkého množství výbušného metanu. Za požár se považuje každé nežádoucí hoření, kvůli kterému dochází nebo již došlo k bezprostřednímu ohrožení osob, zvířat, majetku nebo životního prostředí. Požár může vzniknout z různých důvodů, například kvůli elektrickému zkratu, mechanickým jiskrám, jiskrou statické elektřiny, procesem samovznícení, horkými povrchy a v neposlední řadě také neopatrnou manipulací s otevřeným ohněm. Dále může dojít k výbuchu díky přítomnosti iniciačního zdroje a určité koncentrace výbušné směsi (výbušné plyny nebo páry smíšené se vzduchem). Výbuchem se uvolní velké množství energie, jehož průběh je rychlý a doprovázený destruktivními účinky tlakové vlny.

Iniciační zdroj není sám o sobě nebezpečný, ale stává se jím v případě, kdy je vystaven přítomnosti hořlavého materiálu (iniciační jiskra není sama o sobě nebezpečná, ale stává se nebezpečnou v přítomnosti určitého množství výbušného metanu, který se díky předané energii vznítí). Vybrané iniciační zdroje potenciálně nebezpečné v objektu bioplynové stanice jsou uvedeny v následující části práce.

#### Elektrická jiskra

Elektrická jiskra vzniká v elektrických zařízeních nebo elektroinstalaci při spínání nebo rozpínání elektrických obvodů. Jde o vytvoření krátkodobého elektrického oblouku o vysoké teplotě mezi dvěma elektrodami (respektive částmi elektrických zařízení).

Elektrický oblouk může vzniknout v důsledku elektrického zkratu, tedy závadě elektrického zařízení nebo instalace v důsledku technologické poruchy. Elektrické jiskry nicméně standardně vznikají v točivých strojích s motory obsahujícími uhlíkové kartáčky (kompresory, míchadla, čerpadla, ventilátory apod.) na což je nutné brát zřetel při jejich používání v chráněných zónách.

Iničiačním zdrojem může být i statická elektřina. V tomto případě jde o fyzikální jev způsobený nahromaděným elektrickým nábojem na povrchu materiálu a následným uvolněním při kontaktu s materiálem jiným.

### **Mechanické jiskry**

Mechanické jiskry vznikají v důsledku tření nebo nárazu dvou materiálů, které si vzájemně předají svou pohybovou energii za vzniku jiskry s dostatečnou tepelnou energií. Tyto jiskry vznikají především při technologických poruchách, při nichž dojde ke styku uvolněných rotačních částí zařízení s jinými částmi zařízení (kontakt rotační části motoru s konstrukcí, deformace hřídele nebo lopatek, opotřebovaná ložiska ventilátorů, tření mechanických sestav).

### **Samovznícení**

Na základě chemických, fyzikálních nebo biologických dějů mohou, díky uvolnění velkého množství tepla, vznikat procesy samovznícení materiálu, jejichž zapálení předchází procesy samozáhřevní. Pro bioplynové stanice představuje proces samovznícení problém při skladování rostlinných produktů skladovaných pod foliemi. Díky biochemickým procesům, probíhajícími ve špatně uskladněné senáži či siláži, může dojít k zahřátí materiálu na kritickou hranici a samovznícení materiálu. Nejedná se však o zcela běžný jev.

### **Horké povrchy a manipulace s otevřeným ohněm**

Horké povrchy se nacházejí všude tam, kde dochází k mechanickému tření částí zařízení nebo vlivem zbytkového tepla jako vedlejšího produktu. Jedná se o části krytů, hřídelí, ložisek elektromotorů, čerpadel, kompresorů, ventilátorů, hořáků apod. Potenciálně nebezpečné mohou být i zahřáté části zemědělských mechanizací (výfuky, kryt motoru, pneumatiky).

Otevřený oheň se může vyskytovat při opravách (tavení materiálů, svařování), nouzovém spalování bioplynu ve flérách nebo jako součást vařičů, ohříváčů a vysoušečů. V areálu bioplynové stanice je přísně zakázáno jakkoli manipulovat s otevřeným ohněm, kouřit a rozdělávat tábořiště.

## 6.2 Únik nebezpečných látek

V areálu bioplynové stanice se skladuje a pracuje s řadou nebezpečných látek, jejichž únik mimo určené prostory může mít velmi nepříznivé následky. K úniku nebezpečných látek může docházet vlivem poruchy zařízení, vlivem mimořádné události ve vztahu k technologickému procesu nebo také v důsledku vandalizmu, sabotáže či selhání lidského činitele.

Vybrané nebezpečné látky jsou uvedeny v následující části práce.

### Bioplyn

Bioplyn a jeho složky mohou uniknout z netěsných plynojemů fermentačních nádrží, plynovodu, ventilů a přírub v důsledku poškození technologie. Menší koncentrace bioplynu ve venkovním prostředí nepředstavuje vážné nebezpečí, ovšem jakýkoliv únik v uzavřených prostorech je zvláště nebezpečný nejen pro obsluhu, ale také z důvodu výskytu různých iniciačních zdrojů v podobě ostatní technologie s možností vzniku požáru či výbuchu.

V kapitole 2.3.1. Bioplyn v Tab. 2 je popsáno složení bioplynu. Vzhledem k různým molárním hmotnostem mohou být jednotlivé složky uvolňovány zvláště. Největší zastoupení nebezpečných složek v bioplynu má metan (50-75 %) a oxid uhličitý (25-55 %). Metan sice není toxický, nicméně při vyšší koncentraci působí dusivě, stejně jako oxid uhličitý, a je extrémně hořlavý (spolu se vzduchem tvoří výbušné směsi). Oxid uhličitý je nedýchatelný plyn způsobující závratě, ztrátu vědomí a smrt.

Menší zastoupení nebezpečných látek v bioplynu představuje dusík (0-5 %), vodík (0-1 %), čpavek (0-1 %), sulfan (0-1 %). Z těchto látek je nejvíce nebezpečný sulfan, jelikož je vysoce toxický, dráždí dýchací cesty či oči a způsobuje vážné otravy. Čpavek, podobně jako sulfan, také dráždí dýchací cesty, plíce, oči a kůži. Ve styku s vodou navíc tvoří žíravé louhy.

### Vstupní suroviny

Vstupní suroviny bioplynové stanice v Pěčíně tvoří zejména kukuřičná siláž, příležitostně mohou být zpracovány i malá množství jiných zemědělských biologických surovin. Nebezpečné látky představují silážní šťávy s nízkým stupněm pH (3,6-4, vysoká kyselost), vysokým obsahem minerálních látek a dalších kyselin. Silážní šťávy jsou spolu s kontaminovanou dešťovou vodou sváděny do vstupních jímek bioplynové stanice k dalšímu zpracování. Vzhledem k tomu, že v okolí bioplynové stanice v Pěčíně se nevyskytuje žádný trvalý povrchový tok, nehrozí zde přímé nebezpečí kontaminace vodních toků. Problémem však zůstává možný únik nebezpečných tekutin do půdy a půdních porostů.

### **Oleje a provozní kapaliny**

S oleji a provozními kapalinami se na bioplynové stanici v Pěčíně pracuje v místech k tomu určených, vybavených záchytnými havarijními vanami pro zachycení případného úniku. V objektu je zřízeno trvalé místo určené ke skladování cca 1200 l oleje, potřebného pro provoz a údržbu kogenerační jednotky. K úniku oleje může dojít také během přepravy nebo vlivem nepozornosti obsluhy při práci s olejovým materiálem.

Dalším možným místem úniku oleje do prostor bioplynové stanice je trafostanice. Olejový transformátor je umístěn v kobkové trafostanici, která je vybavena dostatečně velkou 1000 l záchytnou jímkou pro zachycení případného úniku olejové náplně transformátoru.

### **Únik fermentátu, digestátu nebo tekutých složek**

Vlivem technologické poruchy stavební části zařízení může do areálu bioplynové stanice uniknout fermentát, digestát nebo tekutá složka ze vstupních jímek. V tomto případě je nutné zhodnocení celé situace a sjednání rychlé nápravy. S největší pravděpodobností se v areálu zvýší obsah pachových látek a to zejména v případě úniku obsahu fermentátu nebo vstupních látek. Dále je zde vysoké nebezpečí kontaminace půd a podzemních vod. V případě úniku některých částí je možné tyto odčerpat a vrátit k dalšímu zpracování zpět do vstupní jímkou.

Možné havárie na bioplynové stanici v Pěčíně jsou blíže řešeny v provozních řádech a havarijním plánu. Součástí těchto dokumentů jsou podrobné popisy havárií, preventivních opatření a návrhů na odstranění následků již vzniklých havárií.

## **6.3 Vandalismus a sabotáž**

Bioplynová stanice v Pěčíně je svou polohou umístěna mimo obydlenu oblast, je po obvodu oplocena a má vlastní příjezdovou cestu, tudíž v jejím okolí neprochází žádná veřejná komunikace. Z tohoto pohledu se nebezpečí vandalismu jeví jako velmi nízké, protože vandalismus se častěji projevuje v místech s hustějším výskytem objektů či obyvatel, a to především z důvodu potěšení nebo potřeby odreagování se pachatele. Často k poškozování cizího majetku nebo veřejných míst dochází zkratovitě a zcela bez zjevných motivů pod vlivem drog nebo alkoholu.

Úmyslné poškozování nebo ovlivňování procesů a zařízení bioplynové stanice je daleko pravděpodobnější, protože bioplynové stanice jsou obecně obyvateli vnímány jako obtěžující, především z pohledu uvolňování pachových látek, hluku projíždějící zemědělské mechanizace a obavám kvůli možné kontaminaci životního prostředí závadnými látkami.

Bioplynová stanice v Pěčíně se za dobu svého 4 letého provozu nesešla s žádným náznakem sabotážního činu a s jednotlivými částmi obydlených oblastí se pokouší úzce spolupracovat. Je-li provozovatel v kontaktu s obyvateli a řeší jejich případné stížnosti, pak nehrozí výrazné riziko případných sankcí nebo jiných potíží ohrožujících provoz stanice.

Sabotéry se nicméně i přesto mohou stát nespokojení obyvatelé, konkurence, vlastní zaměstnanci či obsluha, jejichž cílem je msta nebo snaha o úplné zastavení provozu bioplynové stanice. Způsob vykonání sabotáže však může být značně rozdílný. Jinak bude bioplynovou stanicí sabotován nespokojený obyvatel, kterému není zcela známa funkčnost jednotlivých zařízení, a jinak bude postupovat osoba znalá všech biologických procesů a technologií.

Pro osobu neznalou procesů a funkcí jednotlivých technologických zařízení se nejjednodušeji jeví poškození plynojemů ve fermentačních nádržích. Foliové plachty lze jednoduše prostřelit nebo prořezat, v důsledku čehož dojde k úniku bioplynu do okolí. Oprava tohoto druhu poškození není příliš nákladná a vyžaduje opravu záplatou. Množství takto uniklého bioplynu navíc není závažné a neohroží provoz stanice. Dalším možným útokem je uzavření lehce dostupných ventilů. Manipulace s ventily je však indikována řídicím systémem a reakce obsluhy je prakticky okamžitá, nebo je ventil do provozního stavu uveden automaticky.

V případě sabotáže osobou znalou přichází v úvahu narušení fermentačního procesu nebo systematické poškozování technologie. Narušit fermentační proces není příliš složité a jeho ztráty jsou velmi vysoké. Principem narušení fermentačního procesu je zajistit zastavení procesu metanogenní proces použitím různých chemických přípravků vlévaných do vstupních surovin nebo přímo do vstupních jímek. Obnova původního stavu může trvat i měsíc, přičemž čin může být zopakován. Systematické poškozování technologie má velký vliv na její životnost. Vlivem cíleně nesprávné obsluhy může být životnost několikanásobně snížena, čímž pak několikanásobně vzrostou náklady na opravu poškozených technologií.

#### **6.4 Ostatní mimořádné události**

Mezi ostatní mimořádné události lze zařadit všechny ty, které vznikají v důsledku působení vlivů počasí, zejména účinků atmosférických jevů. Trvalým nebezpečím je pro každou bioplynovou stanicí možnost zásahu blesky za vzniku požáru, což bylo v České republice zaznamenáno na bioplynové stanici v Malšicích v roce 2011. Tehdy blesk zasáhl jímací soustavu fermentoru, kvůli kterému došlo k výbuchu nahromaděného bioplynu. Vyšetřování odhalilo nedostatečnou ochranu fermentačních nádrží před účinky atmosférických jevů.

Bioplynová stanice v Pěčíně je zabezpečena proti působením atmosférických jevů systémem aktivních bleskových jímačů. Rozdíl nábojů mezi mraky a zemí, typický při bouřkové činnosti, způsobí vznik ionizovaného kanálu elektrostatického výboje. Systém aktivních jímačů bleskových proudů je instalován o 2 metr výš než nejvyšší bod chráněného objektu a v případě zasažení objektu bleskem je tento bezpečně sveden na předem určených místech.

Místní podnební podmínky je třeba brát v úvahu hlavně v době projektování bioplynové stanice. Je-li předem známo, že objekt bude stát v místech s vyšší pravděpodobností výskytu dešťových srážek, musí být zajištěna dostatečná ochrana areálu z hlediska kapacity odtokových kanálů a dešťových jímek. Plocha silážních žlabů, kde se navíc vyskytují silážní šťávy, je největším zdrojem dešťové vody. Z tohoto důvodu je na bioplynové stanici v Pěčíně projektován silážní žlab se záchytnou jímkou propojenou se vstupními jímkami.

Porucha ostatních technologických zařízení bioplynové stanice je bezesporu dalším možným původcem různých nebezpečí ohrožujících nejen objekt či obyvatele, ale také stabilitu výroby. Pro případ poruchy plynovodu nebo kogenerační jednotky je k dispozici například nouzové spalování bioplynu ve fléře. Díky velkému množství instalovaných čidel je obsluha signalizována porucha řídicím systémem a tím je snížena reakční doba obsluhy na minimum.

Existují ale poruchy, jejichž odstranění nelze operativně provést a vyžadují delší časový úsek. Jedná se především o poruchy míchadel, vytápění nebo ostatní technologie ve fermentačních nádržích, rozsáhlé opravy nebo výměna plynojemové plachty apod. Před každou takto náročnou opravou je nutné přizpůsobit provoz bioplynové stanice postupným odstavením fermentační nádrže a odsátím bioplynu. Na bioplynové stanici v Pěčíně již několikrát došlo k opravám míchadel spojených s odkrytím fermentačních nádrží.

V této kapitole jsou shrnuta vybraná nebezpečí bioplynové stanice v Pěčíně. Rozbor slouží jako výchozí podklad pro modelování bezpečnostních rizik, provedených v následující části diplomové práce. Z textu je patrné, že i v provozu bioplynové stanice v Pěčíně hrozí reálná nebezpečí, která mohou mít nepříznivé dopady nejen na její okolí, ale samozřejmě také na plynulost chodu výroby, tedy nezanedbatelné ekonomické dopady. Nejzávažnějšími nebezpečími této bioplynové stanice jsou požár, únik nebezpečných látek, sabotáž, porucha technologických zařízení nebo nepříznivé vlivy počasí. V následujících kapitolách je provedena hlubší analýza rizik včetně jejich grafické modelace s cílem stanovit ochranná opatření pro redukci identifikovaných nebezpečí.

## 7 ANALÝZA BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK

Analýza bezpečnostních rizik navazuje na předchozí kapitoly, ve kterých je proveden popis bioplynové stanice v Pěčíně, rozbor jejích jednotlivých objektů a současného bezpečnostního systému z různých pohledů. Je zde také provedena jednoduchá analýza možných nebezpečí, potenciálně ohrožujících nebo vyvolatelných provozem bioplynové stanice. Z těchto nebezpečí vychází následující kapitola, která se analýzou rizik zabývá hlouběji.

Před samotným provedením analýzy rizik je třeba stanovit její účel, tedy proč má být analýza rizik prováděna. Naším cílem je přinést odpovědi na otázky, působením jakých nebezpečí se bioplynová stanice vystavuje, jak je těmito nebezpečími ohrožena a jaká existuje pravděpodobnost vzniku. Proces analýzy bezpečnostních rizik nejlépe představuje model na Obr. 13.



Obr. 13. Model procesu analýzy bezpečnostních rizik [Zdroj: vlastní]

V praxi lze využít četných možností analýz různými metodami s ohledem na využitelnost zvolené metody v rámci řešení daného problému. Z pohledu analýzy bezpečnostních rizik je třeba nejdříve zhodnotit vypovídající hodnotu údajů a dostupných dat vzhledem k použitelnosti dané metodiky. V dnešní době informačních technologií existuje velké množství softwarových produktů, které dokáží navrhnout optimální metodu a zpracovat analytický model dle zadaných vstupních dat, včetně vytvoření fyzikálních simulací řešeného problému.

Je nutné brát v potaz, že bioplynová stanice generuje svým provozem ekonomický zisk, který umožňuje její existenci, tedy můžeme hovořit i o ekonomických nebezpečích ohrožujících bioplynovou stanici (výpadek výroby vlivem poruchy, nedostatek vstupních surovin a omezení výroby apod.), ale musíme také uvažovat nebezpečí hmotná, která mají vliv na fyzickou strukturu bioplynové stanice (požár, výbuch, únik nebezpečných látek apod.). Od těchto pohledů se odvíjí následující procesy identifikace bezpečnostních rizik a následného návrhu na redukci nejzávažnějších z nich.

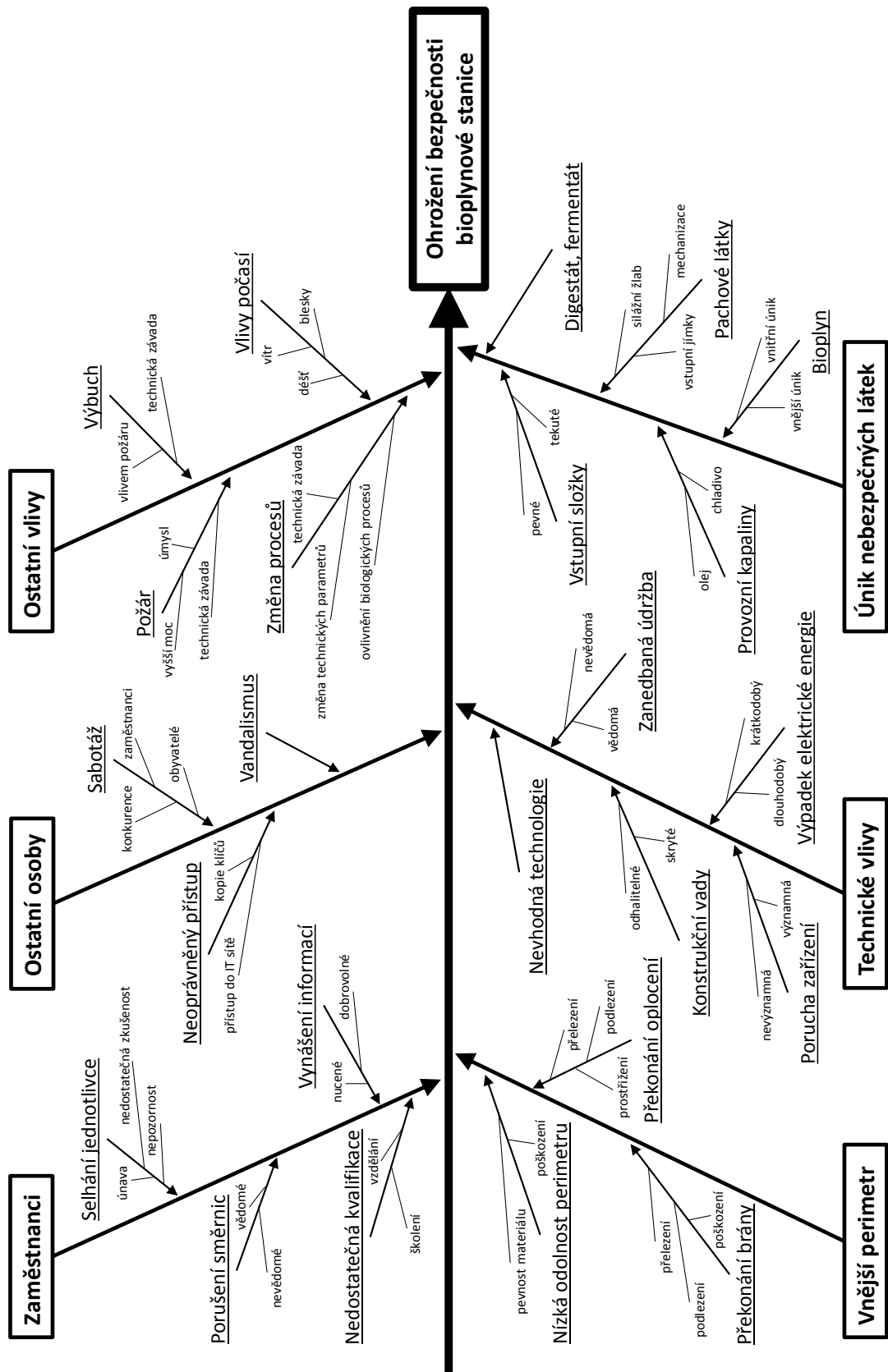


## 7.1 Identifikace procesních a strukturálních rizik

Identifikace procesních a strukturálních rizik tvoří základní podklad úspěšného rozhodování a vedení rozhodovacích procesů pro aplikaci redukčních opatření. Pro bezpečnostní analýzu procesních a strukturálních rizik bioplynové stanice v Pěčíně je použito grafické metody příčin a následků prostřednictvím metody Ishikawova diagramu (tzv. modelu rybí kosti), zpracovaného v podobě diagramu na Obr. 14.

Tuto metodu vyvinul japonský profesor Kaoru Ishikawa jako techniku pro lepší strukturování procesů nebo pro grafickou identifikaci možných příčin a následků poruch jednotlivých systémů. Diagram je díky svému grafickému znázornění velmi přehledný, podněcuje vytváření dalších nápadů a znázorňuje interakce dílčích příčin a poruch.

Analýzou procesních rizik se vymezují pravděpodobné příčiny ohrožení, přičemž se vychází z jednotlivých fází probíhajících procesů. Součástí procesních rizik je také lidský činitel, který hraje bezpochyby velkou, byť přímou nebo nepřímou roli v bezpečnosti procesů. Strukturální analýza pak představuje technické nebo konstrukční závady, bezprostředně ohrožující analyzovaný objekt, především pak závady technologických zařízení.



Obr. 14. Analýza bezpečnostních rizik Ishikawovým diagramem [Zdroj: vlastní]

## 7.2 Hodnocení vybraných bezpečnostních rizik

Hodnocení bezpečnostních rizik předem danými postupy slouží pro bližší poznání identifikovaných rizik. Cílem tohoto hodnocení je zajistit dostatečné podklady, léty otestovanými metodami, pro podporu rozhodování ve prospěch posuzovaného objektu. Dnes jsou však posuzované problémy tak rozsáhlé, že jejich vyhodnocení je možné pouze za pomoci specializovaných a složitých softwarových nástrojů. Pro jednoduché posouzení méně rozsáhlých problémů nicméně postačí využít nenáročných a běžně dostupných prostředků.

Následující část práce se zabývá bližší analýzou rizik, již dříve identifikovaných Ishikawovým diagramem na Obr. 14. K vyhodnocení předchozí analýzy je využito strukturované spolehlivostní analýzy Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) se stanovením rizikového čísla R, dle Vzorce 1 (pro procesní a strukturální pohled zvlášť).

Ke zjištění příčin a následků poruch systému z hlediska jednotlivých nebo skupinových poruch slouží strukturovaná spolehlivostní analýza metodou Failure Mode and Effects Analysis. Tato metoda byla vyvinuta v roce 1949 jako nástroj posuzování poruchy systému pro armádu Spojených států. Její další rozvoj nastal v druhé polovině 20. století, protože začala být hojně využívána v automobilovém a leteckém průmyslu. V současnosti se řadí mezi nejpoužívanější metody pro analýzu spolehlivosti a to nejen v technických oborech. Metoda FMEA je blíže popsána v ČSN EN 60812:2006 – Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup způsobů a důsledků poruch (FMEA). [11]

Výpočet rizikového čísla pro každou identifikovanou poruchu představuje rozhodující faktor identifikace slabých míst, která musí být ošetřena následnými opatřeními pro snížení nebo úplné odstranění rizika. Hodnoceným faktorům poruchových stavů jsou přiřazena bodová hodnocení dle předem daných hodnoticích tabulek, jejichž výsledkem je spočtení rizikového čísla (respektive míry rizika) R, seřazeného do přehledného seznamu od největšího po nejmenší bodové hodnocení. Tím vznikne uspořádaný seznam rizik od největšího po nejmenší.

Vzorec pro výpočet rizikového čísla R (1):

$$R = P * N * H \tag{1}$$

Příčemž: R – rizikové číslo (míra rizika)

P – pravděpodobnost přítomnosti rizika

N – závažnost následků rizika

H – odhalitelnost rizika

Hodnoticí tabulka pro výpočet rizikového čísla R je stanovena normou ČSN EN 60812:2006 a zahrnuje rozpětí 10 parametrů, plně postačujících v průmyslové praxi. Pro potřeby této práce byla hodnoticí tabulka zkrácena na 5 vybraných parametrů, zapracovaných do přehledové Tab. 3. Jedná se o hodnoticí stupnici pro výpočet rizikového čísla R na základě parametrů P, N, H (kde: P - Pravděpodobnost přítomnosti rizika, N – Závažnost následků rizika, H - Odhalitelnost rizika).

Tab. 3. Hodnoticí parametry metody FMEA pro výpočet rizikového čísla R

<b>R</b>	<b>Míra rizika</b>	<b>P</b>	<b>Pravděpodobnost přítomnosti rizika</b>
< 3	Bezvýznamné riziko	1	Nahodilá
4-10	Akceptovatelné riziko	2	Spíše nepravděpodobná
11-50	Mírné riziko	3	Pravděpodobná
51-100	Nežádoucí riziko	4	Velmi pravděpodobná
> 100	Nepřijatelné riziko	5	Trvalá

<b>N</b>	<b>Závažnost následků rizika</b>	<b>H</b>	<b>Odhalitelnost rizika</b>
1	Malá škoda, úraz bez pracovní neschopnosti	1	Téměř jistě odhalitelné riziko
2	Velká škoda, úraz s pracovní neschopností	2	Snadno odhalitelné riziko
3	Vyšší škoda, úraz s převozem do nemocnice	3	Odhalitelné riziko
4	Vysoká škoda, těžký úraz s trvalými následky	4	Nesnadno odhalitelné riziko
5	Velmi vysoká škoda, smrt osob	5	Neodhalitelné riziko

[Zdroj: 5]

### Analýza procesních rizik

Analýza procesních rizik vychází z jednotlivých aktivit probíhajících procesů. Z hlediska procesů je v Ishikawově diagramu identifikováno celkem 11 procesních rizik, která jsou podrobena analýze metodou FMEA. Ve skutečnosti lze procesních rizik identifikovat daleko více, nicméně pro potřeby této práce se jedná o dostačující počet.

Procesní rizika byla ohodnocena parametry z hodnoticí Tab. 3 a dle vypočteného rizikového čísla R byla tato seřazena do Tab. 4 od největšího po nejmenší, čímž vznikl ucelený přehled nejrizikovějších faktorů. Aby mohla být analýza procesních rizik správně vyhodnocena, byla Tab. 4 doplněna o četnost výskytu vypočteného rizikového čísla a také o její součet, tedy kumulativní četnost.

Tab. 4. Analýza procesních rizik z Ishikawova diagramu

p. č.	Procesní rizika	R	P	N	H	Četnost	Kumulativní četnost
1	Požár	100	5	5	4	13,33 %	13,33 %
2	Výbuch	100	5	5	4	13,33 %	26,67 %
3	Selhání jednotlivce	80	5	4	4	6,67 %	33,33 %
4	Vlivy počasí	60	5	4	3	6,67 %	40,00 %
5	Sabotáž	48	3	4	4	6,67 %	46,67 %
6	Porušení směrnic	36	3	4	3	13,33 %	60,00 %
7	Změna procesů	36	3	3	4	13,33 %	73,33 %
8	Neoprávněný přístup	12	2	2	3	6,67 %	80,00 %
9	Nedostatečná kvalifikace	8	2	2	2	6,67 %	86,67 %
10	Vynášení informací	6	1	2	3	6,67 %	93,33 %
11	Vandalismus	3	1	1	3	6,67 %	100,00 %

[Zdroj: vlastní]

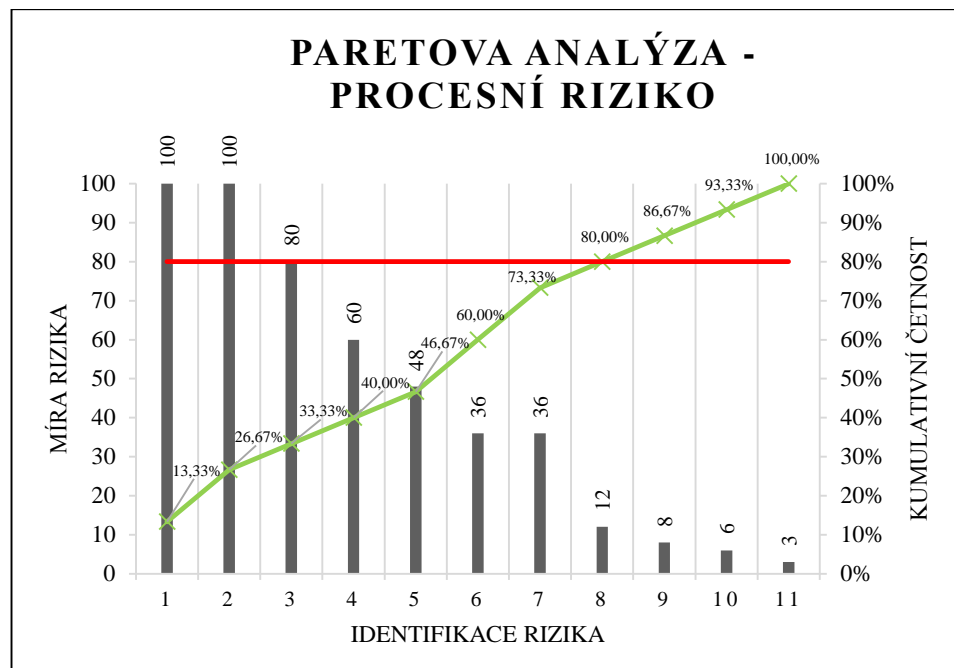
Pro lepší přehlednost je vypočtená míra rizika R jednotlivých procesních rizik zobrazena v následujícím Grafu 1.



Graf 1. Závažnost procesních rizik z Ishikawova digramu [Zdroj: vlastní]

Pro stanovení limitu nežádoucího rizika analýzy procesních a strukturálních rizik byl použit princip italského ekonoma Vilfreda Damaso Pareta, jenž vypracoval matematickou teorii rovnováhy a za pomoci Lorenzovy křivky kumulativní četnosti stanovil pravidlo 80/20. Obecně lze princip Paretova pravidla 80/20 vyjádřit jako fakt, že 80 % všech důsledků pramení z 20 % všech příčin. Pokud je tento princip aplikován do oblasti bezpečnosti pak platí, že 20 % příčin poruch způsobuje 80 % důsledků těchto poruch.

Limit pro stanovení nežádoucí míry procesních rizik používá jako zdrojová data hodnoty z Tab. 4, jenž jsou zaneseny do Grafu 2. Tento je doplněn o Lorenzovu křivku kopírující kumulativní četnosti jednotlivých procesních rizik. Nežádoucí rizika jsou ta, jejichž bodová míra rizika R je vyšší než 50 a jejichž kumulativní četnost je současně nižší než 80 %. Za nepřijatelná procesní rizika pak lze dle stejného principu označit všechna rizika s bodovou mírou R vyšší než 100.



Graf 2. Limit pro stanovení nežádoucího procesního rizika [Zdroj: vlastní]

Pro nežádoucí a nepřijatelná rizika, vyhodnocená na základě Paretova pravidla 80/20, jsou v další části práce navržena redukční opatření vedoucí ke snížení rizikovosti R.

### **Analýza strukturálních rizik**

Analýza strukturálních rizik vychází z technických nebo konstrukčních závad, takže se posuzují z hlediska provozu a funkčnosti jednotlivých technologických zařízení. Ishikawovým diagramem je identifikováno celkem 13 strukturálních rizik, která jsou stejně jako rizika procesní, podrobena další analýze metodou FMEA.

V případě hodnocení strukturálních rizik se postupuje stejně jako u rizik procesních, tedy dle hodnotící Tab. 3 je vypočteno rizikové číslo R, seřazené do Tab. 5 od největšího po nejmenší. I zde je tabulka doplněna o četnost výskytu rizikového čísla včetně doplnění kumulativní četnosti, potřebné pro vyhodnocení Paretovým pravidlem 80/20.

Tab. 5. Analýza strukturálních rizik z Ishikawova diagramu

p. č.	Strukturální rizika	R	P	N	H	Četnost	Kumulativní četnost
1	Porucha zařízení	100	5	4	5	5,26 %	5,26 %
2	Konstrukční vady	80	5	4	4	5,26 %	10,53 %
3	Únik bioplynu	75	5	5	3	5,26 %	15,79 %
4	Únik vstupní složky	60	5	4	3	10,53 %	26,32 %
5	Únik digestátu nebo fermentátu	60	5	4	3	10,53 %	36,84 %
6	Únik provozních kapalin	36	4	3	3	5,26 %	42,11 %
7	Zanedbaná údržba	32	2	4	4	10,53 %	52,63 %
8	Výpadek elektrické energie	32	4	2	4	10,53 %	63,16 %
9	Únik pachových látek	27	3	3	3	5,26 %	68,42 %
10	Nízká odolnost perimetru	12	2	3	2	5,26 %	73,68 %
11	Překonání oplocení	8	2	1	4	10,53 %	84,21 %
12	Překonání brány	8	2	1	4	10,53 %	94,74 %
13	Nevhodná technologie	4	2	2	1	5,26 %	100,00 %

[Zdroj: vlastní]

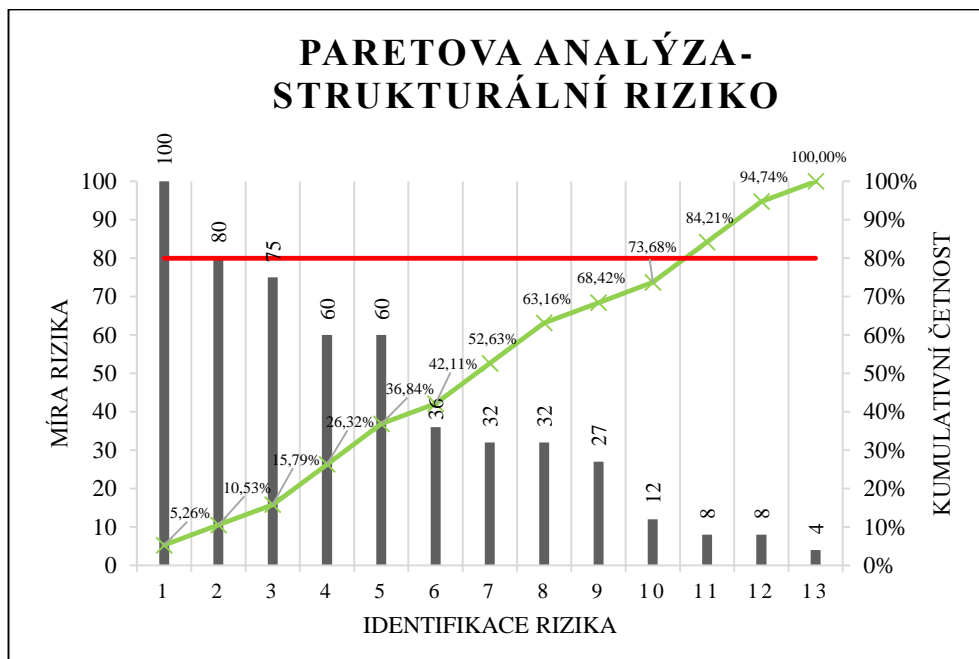
Pro lepší přehlednost je vypočtená míra rizika R jednotlivých strukturálních rizik zobrazena v následujícím Grafu 3.



Graf 3. Závažnost strukturálních rizik z Ishikawova diagramu [Zdroj: vlastní]

Stejně jako při postupu stanovení nežádoucí míry procesních rizik v předchozí části práce je postupováno i u rizik strukturálních, jejichž výsledky jsou zobrazeny v Grafu 4. Zdrojová data jsou použita z bodových hodnocení Tab. 5. Limit pro stanovení nežádoucí míry procesních rizik je určen pro všechna rizika s bodovou mírou rizika R vyšší než 50 a současně s kumulativní četností nižší než 80 %.

Výsledky bodového hodnocení spolu s Lorenzovou křivkou kumulativní četnosti jsou zobrazeny v Grafu 4. Stejně tak jsou vyhodnocena nepřijatelná rizika s mírou rizika R vyšší než 100 a kumulativní četností menší než 80 %.



Graf 4. Limit pro stanovení nežádoucího strukturálního rizika [Zdroj: vlastní]

I v tomto případě se další část práce zabývá vytvořením redukčních opatření pro nežádoucí a nepřijatelná rizika vyhodnocená Paretovým pravidlem 80/20.

### 7.3 Vyhodnocení analýzy vybraných bezpečnostních rizik

Vyhodnocení analýzy bezpečnostních rizik je pro přehlednost provedeno společně pro procesních a strukturální rizika. Výsledky analýz z předchozích tabulek a grafů jsou seskupené do Tab. 6, která obsahuje nežádoucí a nepřijatelná rizika, míru rizikového čísla R a samotný název identifikovaného rizika. Nežádoucí a nepřijatelná rizika jsou stanovena na základě bodově ohodnocené míry rizika R, přičemž jednotlivá rizika jsou seřazena podle vypočtené rizikivosti od nejvyššího po nejnižší, tedy od nejzávažnějších po nejméně závažná.

Vzhledem k vyššímu bodovému hodnocení některých bezpečnostních rizik, jejichž bodová míra R je na hranici mezi dvěma hodnoticemi stupni, je na tato rizika pohlíženo, jakoby měla hodnotu vyšší. Pro příklad lze uvést míru rizika R=100, která je zařazena do kategorie vyššího stupně, tedy do kategorie s vyšší rizikovostí. Zvolené opatření pro tato rizika mají zásadní vliv na výslednou rizikovost, jelikož je na ně pohlíženo přísněji.



Tab. 6. Vyhodnocení analýzy procesních a strukturálních rizik

p. č.	R	Procesní rizika	p. č.	R	Strukturální rizika
1	100	Požár	1	100	Porucha zařízení
2	100	Výbuch	2	80	Konstrukční vady
3	80	Selhání jednotlivce	3	75	Únik bioplynu
4	60	Vlivy počasí	4	60	Únik vstupní složky
			5	60	Únik digestátu nebo fermentátu

[Zdroj: vlastní]

Analýzami se zjistilo, že z procesního hlediska lze za nežádoucí nebo nepřijatelná označit celkem 4 bezpečnostní rizika. Za nežádoucí procesní rizika jsou označeny dvě položky- Vlivy počasí s mírou rizika  $R=60$  a Selhání jednotlivce s  $R=80$ . Nepřijatelná procesní rizika tvoří opět dvě položky a to Výbuch s mírou rizika  $R=100$  a Požár s  $R=100$ .

Z pohledu strukturálních rizik je identifikováno celkem 5 bezpečnostních rizik, označitelných za nežádoucí až nepřijatelná. Nežádoucí strukturální rizika jsou identifikována v počtu 4 položek- Únik digestátu nebo fermentátu s mírou rizika  $R=60$ , Únik vstupní složky s  $R=60$ , Únik bioplynu s  $R=75$  a Konstrukční vady s  $R=80$ . Za nepřijatelná strukturální rizika pak patří Porucha zařízení s mírou rizika  $R=100$ .

Kapitola se věnuje analýze bezpečnostních rizik bioplynové stanice v Pěčíně za pomoci různých metod a analýz. S nejzávažnějšími riziky z Tab. 6 se pracuje v další části práce, která řeší možná ochranná opatření pro snížení rizikovitosti. Některé analýzy odhalují velký rozsah rizikovitostí, přičemž některá rizika mají charakter trvalé hrozby, kde nebude snadné tuto jejich rizikovitost snížit na přijatelnější míru.

## 8 NÁVRH SYSTÉMU BEZPEČNOSTI DLE ANALÝZY RIZIK

Návrh systému bezpečnosti, pro identifikovaná bezpečnostní rizika bioplynové stanice v Pěčíně, vychází z analýzy rizik provedených v předchozí kapitole. Protože jsou analýzy hodnoceny na základě subjektivního názoru autora, doporučuje se provedení stejných bezpečnostních analýz z pohledu více pozorovatelů. Pro potřeby této práce je nicméně pohled autora dostatečný. Skutečně efektivní systém bezpečnosti v sobě kombinuje použití pokročilých technologických zařízení, pravidelné bezpečnostní školení pracovníků a samozřejmě také přísné dodržování předem daných pravidel režimových opatření či vnitřních norem.

Následující část práce se zabývá návrhem nového, či zlepšením současného bezpečnostního systému bioplynové stanice v Pěčíně vzhledem k dříve analyzovaným rizikům a to zvláště pro procesní a strukturální rizika. Některá rizika ovšem zasahují napříč oběma oblastmi, proto lze návrhem jednoho opatření pro procesní rizika redukovat i některá rizika strukturální. Toto samozřejmě platí i naopak.

### 8.1 Systém bezpečnosti pro procesní rizika

Systém bezpečnosti pro procesní rizika zahrnuje takové úkony, které mají snížit rizikovost procesů v systému, nebo snížit možnost selhání lidského faktoru. Návrh je proveden nejdříve pro identifikovaná nepřijatelná rizika, poté pro rizika nežádoucí.

Analýzou procesních rizik se vymezují pravděpodobné příčiny ohrožení, přičemž se vychází z jednotlivých fází probíhajících procesů. Součástí procesních rizik je také lidský faktor, který hraje bezpochyby velkou, přímou nebo nepřímou, roli v bezpečnosti. Strukturální analýza pak představuje technické nebo konstrukční závady, bezprostředně ohrožující analyzovaný objekt, především pak závady technologických zařízení.

#### Požár

Požár, neboli každé nežádoucí hoření, může vzniknout z různých důvodů. Pro bioplynové stanice je nežádoucí hoření snad nejvýznamnějším rizikem, protože zde dochází ke vzniku a skladování velkého množství bioplynu obsahujícího metan. Navíc může vzniknout v kterémkoli úseku provozního celku a dále se šířit.

Analýzami byl požár označen za nepřijatelné a trvalé riziko, se kterým je nutné pracovat. Bioplynová stanice v Pěčíně má vypracovanou dokumentaci pro ochranu před požárem v podobě požární bezpečnostního řešení v dostatečném rozsahu. Posouzení požární bezpečnosti

jednotlivých objektů v areálu bylo navíc provedeno ještě před jejich výstavbou, tudíž bylo použito materiálů s požární odolností dle projektové dokumentace. Bioplynová stanice je navíc vybavena detektory kouře, které jsou napojeny na ústřednu elektronického zabezpečovacího systému pro jeho signalizaci.

Bohužel, i přes tato opatření, může k požáru dojít vlivem technické závady nebo také selháním lidského činitele. První zmíněná příčina je nesnadno odhalitelná, avšak druhá lze řešit určitou prevencí. Pokud k požáru dojde, je nezbytné, aby pracovníci věděli, jak se v takové situaci chovat, což je důležité pravidelně opakovat při požárně bezpečnostních školeních.

Návrh pro redukci rizika: pravidelná kontrola funkčnosti a kalibrace detektorů kouře, pravidelná kontrola hasicích zařízení, pravidelné revize a kontroly zařízení, dodržování směrnic pro případ vzniku požáru, pravidelné školení pracovníků požárně bezpečnostními školeními.

### **Výbuch**

Výbuch může nastat v případě, že se vzniklá výbušná směs dostane do kontaktu s iniciačním zdrojem. Příčina výbuchu může být podobná jako v případě vzniku požáru, nicméně prostor s možností smísení bioplynu se vzduchem je méně. Nejčastěji může dojít k úniku bioplynu do prostor v okolí fermentačních nádrží, prostor technologického sklepa nebo kogenerační jednotky. Všechny zóny a prostory s možným výskytem výbušného prostředí jsou řádně označeny bezpečnostními cedulemi, vyznačujícími chráněný prostor.

V tomto případě má bioplynová stanice v Pěčíně zvládnutou ochranu před výbuchem na vysoké úrovni. Vedle detektorů úniku plynu jsou uzavřené místnosti vybaveny odvětráváním, aby byl vznik výbušné atmosféry minimalizován, je také na plynovodech použito bezpečnostních uzávěrů, ovládaných elektronickým zabezpečovacím systémem v případě zjištění úniku plynu do prostor. Opětovně hrozí i zde vysoké riziko selhání lidského činitele, který je pro možný výbuch často jedinou příčinou. Vlivem nedostatečného proškolení pracovníků může docházet ve výbušných zónách, kvůli použití nesprávných pracovních postupů a pomůcek, k fatálním následkům, což z historických havárií není zdaleka výjimečné.

Návrh pro redukci rizika: označení výbušných zón dalšími výstražnými cedulemi, pravidelná kontrola a kalibrace detektorů úniku plynu, kontrola dodržování zákazu manipulace s otevřeným ohněm a pracovními nástroji, kontrola technologických zařízení, řádné požárně bezpečnostní školení pracovníků.

### Selhání jednotlivce

Selhání jednotlivce, respektive selhání lidského činitele, se obecně z hlediska bezpečnosti považuje za velmi rozšířený problém. Lidský činitel představuje nejvíce zranitelný, tedy nejrizikovější, článek v probíhajícím procesu, jehož selhání může vyvolat velké škody. V historii průmyslu je známo několik velmi významných selhání lidského činitele, které se nejvýrazněji projeví například při haváriích v jaderných elektrárnách, chemických nebo průmyslových provozech z důvodu nekázně či nepozornosti obsluhy.

V případě bioplynové stanice v Pěčíně může mít selhání lidského činitele také velmi závažné následky. Nebude-li dodržováno předepsaných postupů při jednotlivých činnostech, pak nemusí předem známý proces proběhnout podle plánu, z čehož plyne procesní nejistota. Selhání jednotlivce se na základě analýzy řadí mezi rizika nepřijatelná. Pro redukci selhání lidského činitele je třeba, aby každý člověk pracující v objektu bioplynové stanice byl řádně a periodicky školen. Toto bezpečnostní školení v případě bioplynové stanice v Pěčíně probíhá jednou za rok na základě vnitřních norem společnosti, což ale není zcela ideální.

Každý pracovník by měl být systematicky vzděláván v oboru, ve kterém působí a to i nad rámec běžného bezpečnostního školení. Systematické vzdělávání pracovníků má pozitivní vliv na jejich přístup k práci, čímž lze eliminovat jejich selhání z důvodu neznalosti na přijatelnější mez. Dalším významným aspektem je přidělování úkolů a pracovní nasazení. Úkoly by měly být zadávány tak, aby je byl schopen pracovník se svými znalostmi zvládnout bez výrazných potíží, ideálně také bez výrazné únavy. Složitější úkoly by měly být zadávány více pracovníkům a to nejen z důvodu vzájemné kontroly a spolupráce, ale také z důvodu zajištění vyšší spolehlivosti a tudíž i menší rizikovosti jejich selhání. Bohužel je dnešní doba charakteristická pro náročné a stresové pracovní situace, které prakticky podporují selhání lidského činitele, na což by měly reagovat vnitřní směrnice společnosti.

Návrh pro redukci rizika: pravidelné vzdělávání pracovníků nad rámec běžného bezpečnostního školení, řádné rozvržení zadaných úkolů pracovníkům, dodržování doby určené pro odpočinek pracovníků a dostatečná zpětná vazba formou kontroly.

### Vlivy počasí

Vlivy počasí jsou i v dnešní době stále ne zcela předvídatelným jevem. Česká republika je svou polohou umístěna v mírném podnebném pásmu, charakteristickém stálejšími teplotami, bez výraznějších výkyvů počasí. Bohužel ani zde se však nelze vyhnout vlivům v podobě vydatných dešťových srážek, silných bouřek nebo vichřic a tvorbě sněhových polštářů.

Při působení nepříznivých vlivů počasí mohou vznikat další rizika, která předchodí vlivy znásobí. Jedná se například o dlouhodobé přerušení dodávek elektrické energie, důležitých pro bezproblémový a bezpečný provoz technologických zařízení. Z tohoto důvodu je nutné instalovat záložní elektrické agregáty, které dokáží napájet kritická technologická zařízení.

V případě bioplynové stanice v Pěčíně jsou vlivy počasí vyhodnoceny jako nepřijatelné riziko. Bohužel jsou to rizika trvalého charakteru, která nelze zcela redukovat, ale lze s nimi počítat a navrhnout ochranná opatření pro zmírnění jejich působení. Prvotní fáze ochrany před vlivy počasí by měla vycházet již v období projektování, kdy dle místních podnebních podmínek musí být stavební prvky a technologie dostatečně dimenzovány.

Bioplynová stanice v Pěčíně je před vlivy počasí dostatečně chráněna. Pro ochranu před blesky je použito systému aktivních bleskových jímačů, které jsou umístěny v blízkosti plynového fermentačního nádrží. Použitím aktivního jímače je blesk sveden v předem známém a neškodném místě. Pro ochranu před přívalovými dešťovými srážkami je vybudována zachytávací dešťová jímka s dostatečnou kapacitou pro odvod dešťové vody z kontaminovaných ploch areálu bioplynové stanice, zejména pak ze silážního žlabu.

Projevy nárazových poryvů větru jsou nejvíce rizikové pro foliové plynoměry a také pro folie zakrývající vstupní suroviny. Konstrukčně je folie plynoměru upevněna bezpečnostními prvky dvojí ochrany, tudíž je zaručena vysoká pevnost za současného zachování pružnosti. Sněhové srážky nejsou z bezpečnostního hlediska tíhy sněhu důležité, protože plynoměrové folie i ostatní technologická zařízení mají vyšší provozní teplotu a neumožňují hromadění sněhových polštářů.

Aby mohla všechna opatření vedoucí ke zmírnění nepříznivých projevů počasí sloužit svému účelu, je nutné navrhnout nové postupy a pravidelné kontroly. Především je důležité dodržovat pravidelnou kontrolu bleskových jímačů, spolu s udržováním cest pro havarijní odtok dešťové vody nahromaděné z velké plochy silážních žlabů. V tomto případě budou dešťové vody vždy kontaminované a nebude-li dodržena určená cesta odtoku například z důvodu zanesení odtokových kanálů, mohlo by dojít úniku kontaminované vody mimo místa určená.

Návrh pro zmírnění projevů rizika: častější kontroly bleskových jímačů včetně revizí, udržování průchodnosti havarijních kanálů pro odtok dešťových vod, pravidelnou častější kontrolu zabezpečení objektů, materiálu a technologických zařízení před poryvy větru.

## 8.2 Systém bezpečnosti pro strukturální rizika

Systém bezpečnosti pro strukturální rizika sestává ze snížení vlivu možných technických závad a včasného odhalení konstrukčních vad (je-li to ovšem možné). I v tomto případě je započato s návrhem redukčních opatření pro nepřijatelná rizika a poté pro rizika nežádoucí.

### Porucha zařízení

Porucha technologických zařízení je na základě předchozí analýzy vyhodnocena jako nepřijatelné a navíc i trvalé riziko. Vlivem malé poruchy může dojít k pouhému odstavení výroby z provozu, což lze ve většině případů lehce opravit výměnou vadné součásti. V případě zkratu elektrického vedení, v zónách označených jako výbušné, ale může dojít k velmi vysokým škodám nebo také smrti pracovníků. Porucha není vyloučena v žádném zařízení bioplynové stanice, protože každé technologické zařízení je řízeno elektricky nebo mechanicky a v obou případech mohou vznikat iniciační zdroje vzniku výbuchu.

Na bioplynové stanici v Pěčíně je ke dnešnímu dni nejčastěji řešená porucha míchadel ve fermentačních nádržích, koncovém skladu a vstupních jímkách. Dochází zde k poruše motoru nebo až k uvolnění celého míchadla z upevňovací konzole. Pravidelnými servisními kontrolami už byly ve vstupní jínce nalezeny porušené přírodní elektrické kabely míchadel, v důsledku mechanického narušení o konzoli, což by mohlo mít za následek vznik požáru nebo i menšího výbuchu. K jiným závažným závadám technologických zařízení v objektu bioplynové stanice v Pěčíně ke dnešnímu dni naštěstí nedošlo.

Vzhledem ke stále se opakujícím závadám míchadel by bylo vhodné zaměnit technologii za vhodnější. Důvodem vzniku závad je zřejmě nedostatečná dimenzace upevňovacích konzolí, spolu s nevhodně zvoleným typem míchadla. V případě výměny míchadel ve fermentačních nádržích je navíc nutné zastavit přísun vstupních surovin do nádrže se závadným míchadlem, vyprázdnit objem vyprodukovaného bioplynu z plynojemu a následně odkrytovat plynojemovou folii, s čímž je spojené riziko úniku většího množství bioplynu do ovzduší doprovázené rizikem tvorby výbušné atmosféry. Změnou technologie je tedy možné snížit primární riziko vzniku samotné poruchy, ale také redukovat rizika sekundárně vzniklá.

Návrh pro redukcí rizika: dodržování výrobcem stanovených servisních úkonů, výměna často poruchové technologie za vhodnější, vedení evidence servisních činností, nevyřazovat ochranné prvky zařízení z provozu, provést zkoušku výpadku důležitých technologií z provozu, provádět pravidelné revize a výměny opotřebovaných dílů dle doporučení výrobce.

### **Konstrukční vady**

Konstrukční vady jsou analyzovány jako rizika nepřijatelná, avšak v praxi je lze velmi složitě odhalit. Může se jednat o závady, které se zjevně projeví za určitý čas provozu, nebo mohou být skryté. Konstrukční vady se pravděpodobně budou projevovat častěji u stavebních částí objektů, například jako drolení betonových konstrukcí fermentačních nádrží, nebo různé skryté spodní průsaky. Mohou se však objevovat i takové závady, které budou identifikovatelné řídicím systémem ihned, například náhlý pokles tlaku v plynoměru s následným únikem bioplynu značící vadu plynoměrové folie, nebo poškození potrubí plynovodu.

Na bioplynové stanici v Pěčíně bylo už ze začátku použito dražších a kvalitnějších stavebních materiálů, což ovšem nezaručuje jejich kvalitu i po delší době. Konstrukční vady také mohou vznikat při výstavbě na základě selhání lidského činitele. Pak se projevují vady z důvodu špatně provedených svárů, spojů těsnění apod. Konstrukční vady lze objevit a sjednat jejich nápravu pouze tehdy, budou-li prováděny pravidelné kontroly a bude-li instalován dostatečný počet správných detektorů (průsak, únik apod.). Z tohoto pohledu je bioplynová stanice v Pěčíně technologicky vybavena nadstandardně.

Návrh pro redukci rizika: používat prověřené dodavatele při výstavbě i při servisních činnostech, dodržovat pracovní postupy, provádět periodické kontroly stavebních částí.

### **Únik bioplynu**

Únik bioplynu do venkovního prostředí není nijak závažný a je spojený s nízkým rizikem, jelikož se rychle vyvětrá. Proti tomu, únik do uzavřených prostor již představuje velké riziko, zejména v technologickém sklepě s množstvím instalované technologie. Elektrické rozvaděče a točivé součásti strojů se mohou v tomto případě stát iniciačními zdroji výbuchu, případně při závažné poruše mohou být přímým zdrojem požáru. Druhotně jsou dále ohroženi pracovníci bioplynové stanice, kteří se mohou vstupem do takovýchto místností otrávit.

Všichni pracovníci bioplynové stanice v Pěčíně jsou vybaveni přenosným detektorem plynu, který je schopen včas upozornit na nebezpečné koncentrace, při kterých už může dojít ke ztrátám vědomí a následné smrti. Všechny uzavřené prostory jsou navíc vybaveny stacionárními detektory plynu se systémem nucené ventilace. Z tohoto hlediska je bioplynová stanice chráněna indikací úniku bioplynu do uzavřených prostor nadstandardně.

Návrh pro redukci rizika: provádět pravidelné kontroly a kalibrace detektorů, bezpečnostních ventilů nebo zařízení, provádět pravidelné revize plynovodu a plynoměru.

### Únik vstupní složky

Únik vstupní složky, zejména tekuté, je možný pouze v případě konstrukční závady stavebních prvků, nebo v případě přetečení hladiny přes povolenou hranici. V prvním případě nelze tento stav předvídat, což blíže popisují předchozí kapitoly, protože potíže v konstrukci stavebních prvků se mohou projevovat skrytě. V druhém případě má bioplynová stanice v Pěčíně instalováno několik ochranných opatření, která by měla přetečení zabránit.

Jedním z nich je instalace detektorů úniku látek v podobě záplavových čidel nebo ultrazvukových senzorů pro zjišťování výšky hladiny. Při poruše některého z čidel může dojít k dávkování velkého množství vody, tím k přetečení a úniku látek mimo určené prostory. Pokud k tomu dojde, vstupní surovina by měla být zachycena do záchytné jímky a po opravě následně vrácena do oběhu. Unikne-li však velké množství vstupní látky, poté je nutné postupovat podle pokynů havarijního plánu a kontaktovat příslušné správní orgány.

Návrh pro redukci rizika: pravidelná kontrola stavu vstupní jímky, pravidelné testování bezpečnostních a ochranných prvků, udržování průchodnosti havarijních odtokových cest

### Únik digestátu nebo fermentátu

Únik digestátu, případně fermentátu, může i v tomto případě nastat důsledkem technologické poruchy stavební části fermentační nádrže, koncového skladu nebo v důsledku poruchy spojovacího potrubí mezi jednotlivými nádržemi. Podobně jako ve vstupních jímkách jsou i zde instalovány záplavové detektory s ultrazvukovými senzory měřícími výšku hladiny. Princip je stejný jako v případě poruchy ve vstupních jímkách s tím rozdílem, že v okolí fermentačních nádrží nejsou vytvořeny žádné záchytné jímky. Vzhledem k množství materiálu, a v případě fermentačních nádob jejich uzavřenosti, by toto opatření nebylo zcela efektivní.

V případě úniku většího množství provozního materiálu je nutné postupovat dle pokynů havarijních plánů, kontaktovat příslušné správní úřady a současně s tím zastavit provoz. V tuto chvíli není známa žádná havárie s únikem digestátu nebo fermentátu přímo z nádrží. Je však znám rozsáhlý únik tekuté části digestátu vlivem poruchy přečerpávacího potrubí. Pokud při úniku dojde ke kontaminaci půdy, tuto je nutné co nejdříve odtěžit a zlikvidovat předepsaným způsobem, stanoveným zákonnými předpisy (v závislosti na vstupním materiálu).

Návrh pro redukci rizika: pravidelná kontrola stavu stavebních prvků, kontrola bezpečnostních a ochranných prvků, udržování průchodnosti havarijních odtokových cest



Kapitola shrnuje výsledky předchozí analýzy bezpečnostních rizik a navrhuje pro ně redukční opatření. Při návrhu redukčních opatření byly brány v potaz známé havárie na území České republiky, aby byla minimalizována možnost vzniku již známých rizik. Některá rizik je však velmi těžké nebo zcela nemožné řídit, takže navržená redukční opatření mají spíše preventivní charakter. Pokud je při identifikaci rizik o těchto předem známo, že se redukovat nedají, pak je nutné pracovníky vybavit dostatečnými ochrannými prostředky a věnovat větší pozornost monitorování zmíněných rizik.

### **Závěr praktické části**

Praktická část podrobně popisuje jednotlivé objekty bioplynové stanice v Pěčíně, včetně provedení rozboru možných nebezpečí, tento objekt ohrožující. Následně jsou provedeny analýzy rizik, na které navazuje návrh redukčních opatření pro nežádoucí a nepřijatelná rizika. Z textu je patrné, že nejvíce rizikové články celého procesu jsou lidé, kteří svou prací nejdříve provádí projektování, následující výstavbu a poté samotnou obsluhu technologických zařízení. Závažné selhání lidského činitele není vyloučeno v žádném úseku, což se může projevit ihned, nebo také až po delší době. Druhým nejzávažnějším rizikem se jeví poruchy technologických zařízení, podporující vznik požáru, výbuchu nebo úniku nebezpečných látek mimo určené prostory.

## ZÁVĚR

V současné době je bezpečnost stále významnějším tématem společnosti, nejen ve vztahu k ochraně samotných objektů a osob, ale také ve vztahu k ochraně životního prostředí. Aby bylo docíleno požadovaného stupně bezpečnosti, je nutné provést analýzu rizik, identifikovat rizika a dále s nimi pracovat. Pro funkční systém bezpečnosti je však typické, že analýzy jsou prováděny neustále, to znamená, že navrhnutá opatření jsou zohledněna v dalších analýzách a je vyhodnocena jejich účinnost. Nedojde-li ke snížení rizikovosti daného problému, je nutné navrhnout opatření nová a následně provést i novou analýzu rizik.

Cílem diplomové práce je posoudit bezpečnostní rizika a navrhnout systém bezpečnosti bioplynové stanice. Zásadami diplomové práce, tedy dílčími cíli, pak je pojednat o problematice bioplynových stanic včetně uvedení legislativních povinností a obecných zásad pro jejich provoz, provést rozbor použité technologie a současného systému bezpečnosti. Za pomoci různých metod je pak třeba provést analýzu současných bezpečnostních rizik, pro něž jsou navrhnutá různá opatření vedoucí k redukci rizikovosti identifikovaných rizik.

V první části diplomové práce je proveden rozbor právních rámců, důležitý v období výstavby a provozu bioplynové stanice. Bylo zjištěno velké množství zákonných norem, jež musí být splněny. Na právní rozbor navazuje úvod do problematiky výstavby a provozu bioplynových stanic. Konec první části je věnován úvodu do analýzy, hodnocení a řízení rizik.

Ve druhé části práce je proveden popis jednotlivých objektů vybrané bioplynové stanice v Pěčíně a je představen současný systém bezpečnosti s provedeným rozбором vybraných nebezpečí této bioplynové stanice. Ke konci druhé části jsou provedeny, za pomoci různých metod, analýzy procesních a strukturálních rizik, na která navazuje návrh systému bezpečnosti pro jejich minimalizaci. Bylo zjištěno, že bezpečnostní rizika se částečně nebo zcela prolínají a je třeba při návrhu na jejich redukci uvažovat komplexně. Největším problémem se stále jeví selhání lidského činitele, který může mít zásadní vliv na bezpečnosti ve kterémkoli článku bezpečnostního systému. Prevencí pro snížení rizikovosti tohoto faktoru zůstává neustálé vzdělávání pracovníků a samozřejmě také jejich kontrola. V ostatních ohledech je bezpečnost bioplynové stanice v Pěčíně na nadstandardní úrovni technické ochrany.

Bohužel, vzhledem k rozsáhlosti problematiky daného tématu, není možné v této práci pojmut celý její rozsah, nicméně práce může být přínosná pro některé provozovatele zejména z řad zemědělců, kteří často nemají potřebné znalosti pro bezpečný provoz svého zařízení, nebo nad pořízením výrobního zařízení tohoto druhu teprve uvažují.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Publikace

- [1] BÁRTLOVÁ, I., BALOG, K. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I.* 2. vydání. Ostrava: SPBI, 2007. 191 s. ISBN 978-80-7385-005-0
- [2] BUMBA, J., KELNAR, L., SLUKA, V. VÚBP PRAHA. *Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik* [online]. Praha, 2000, 2005 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: [http://www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc\\_download/152-postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik-pro-ueuly-zakona-o-prevenci-zavanych-havarii](http://www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc_download/152-postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik-pro-ueuly-zakona-o-prevenci-zavanych-havarii)
- [3] KARAFIÁT, Z., VÍTĚZ, T. *BIOGAS TRANSFORMATION OF LIQUID SUBSTRATES*. Mendelova univerzita v Brně. [online]. Brno, 2009 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: [http://mnet.mendelu.cz/mendelnet09agro/files/articles/tech\\_karafiat.pdf](http://mnet.mendelu.cz/mendelnet09agro/files/articles/tech_karafiat.pdf)
- [4] KOLÁŘ, L., VANĚK, L., KUŽEL, S. BIOM.CZ. *Využití odpadů z bioplynových stanic* [online]. 2010 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadu-z-bioplynovych-panic>
- [5] KOUDELKA, C., VRÁNA, V. VŠB – TU OSTRAVA. *Rizika a jejich analýza* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>
- [6] KRČÁLOVÁ, E. a kolektiv autorů. Mendelova lesnická a zemědělská univerzita v BRNĚ. *Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem* [online]. Brno, 2008 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA\\_IV\\_Metodika\\_digestt\\_FV.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf)
- [7] PETRÁK, M., KOUTENSKÝ, J., KUTÁČ, J. HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY. *Časopis 112 ROČNÍK XI ČÍSLO 1/2012* [online]. 2012 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xi-cislo-1-2012.aspx?q=Y2hudW09Mw%3D%3D>
- [8] SEQUENS, E. *Bioplynové stanice a životní prostředí*. České Budějovice: Calla - Sdružení pro záchranu prostředí, 2009, 4 s. ISBN 978-80-87267-06-6
- [9] SCHULZ, H., EDER, B. *Bioplyn v praxi: Teorie - projektování – stavba zařízení – příklady*, 1. vydání, Ostrava: HEL, 2004. 167 s. ISBN 80-86167-21-6
- [10] STÁTNÍ ÚŘAD INSPEKCE PRÁCE. *Bioplynové stanice z pohledu BOZP* [online]. Opava, 2013 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: [http://www.suip.cz/\\_files/suip-b2eac79228d72291910dd3eb9d393a7a/bioplynstanice.pdf](http://www.suip.cz/_files/suip-b2eac79228d72291910dd3eb9d393a7a/bioplynstanice.pdf)

- [11] ZAJÍČEK, J. TU LIBEREC. *Postupy semikvantitativní analýzy FMECA* [online]. Liberec [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.fm.tul.cz/files/autoreferat\\_zajicek.pdf](http://www.fm.tul.cz/files/autoreferat_zajicek.pdf)
- [12] ŽÍDEK, M. *Anaerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru*. Odbor energetického inženýrství. VUT Brno. [online]. 2004 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: [http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa\\_iii/papers/08-Zidek.pdf](http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_iii/papers/08-Zidek.pdf)

### Internetové zdroje

- [13] BIOM.CZ. *Desatero bioplynových stanic* [online]. 2009 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/novinky/desatero-bioplynovych-panic>
- [14] ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE o.s. *Mapa bioplynových stanic* [online]. [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-panic/>
- [15] ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE o.s. *Optimalizace a regulace OZE* [online]. 2010 [cit. 2015-01-01]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/Optimalizace%20a%20regulace%20OZE%20-%20final.pdf>
- [16] ENVITON s.r.o. *Členění bioplynových stanic* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>
- [17] ENVIWEB s.r.o. *Z bioplynové stanice unikl metan, tři lidé se nadýchali* [online]. 2011 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/bioplynky/85430/z-bioplynove-panic-unikal-metan-tri-lide-se-nadychali>
- [18] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR PARDUBICKÉHO KRAJE. *Hasiči již více než 33 hodin likvidují uniklou močku z potoka v Liboměřicích* [online]. 2015. vyd. Liboměřice [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/hasici-jiz-vice-nez-33-hodin-likviduji-uniklou-mockku-z-potoka-v-libomericich.aspx>
- [19] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR STŘEDOČESKÉHO KRAJE. *Výbuch bioplynové stanice na Mladoboleslavsku* [online]. Mladá Boleslav, 2013 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/vybuch-bioplynove-panic-na-mladoboleslavsku.aspx>
- [20] KOŘÍNKOVÁ-SEIFERTO VÁ, E. ENERGIE21. *Výstavba nových bioplynových stanic má zatím podporu* [online]. 18.4.2011. [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://energie21.cz/vystavba-novych-bioplynovych-panic-ma-zatim-podporu/>

- [21] LINDOVÁ, D. BOZP LINDOVÁ. *Vzory dokumentace požární ochrany bioplynových stanic* [online]. 2014 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.bozplindova.cz/wp-content/uploads/2014/03/Vzory-dokumentace-po%C5%BE%C3%A1rn%C3%AD-ochrany-bioplynov%C3%BDch-stanic.pdf>
- [22] POŽÁRY.CZ. *Exploze bioplynu zabila svářeče* [online]. 2004 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/2959-exploze-bioplynu-zabila-svarece/>
- [23] TUREK, P. HODONÍNSKÝ DENÍK. *Z bioplynové stanice opět vytekla kejda. Prasklo další potrubí* [online]. 2013 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://hodoninsky.denik.cz/nehody/z-bioplynove-stanice-opet-vytekla-kejda-prasklo-dalsi-potrubí-20131112.html>

### Zákony

- [24] ČESKÁ REPUBLIKA. *Listina základních práv a svobod* [online]. 1992 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.psp.cz/docs/laws/listina.html>
- [25] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 133/1985 Sb.* [online]. 1985 [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>
- [26] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 156/1998 Sb.* [online]. 1998 [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>
- [27] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 185/2001 Sb.* [online]. 2001 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [28] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 201/2012 Sb.* [online]. 2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- [29] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 254/2001 Sb.* [online]. 2001 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [30] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 262/2006 Sb.* [online]. 2006 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [31] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 341/2008 Sb.* [online]. 2008 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-341>
- [32] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 40/2009 Sb.* [online]. 2009 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40>
- [33] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 89/2012 Sb.* [online]. 2012 [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89>

- [34] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 90/2012 Sb.* [online]. 2012 [cit. 2015-02-05].  
Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-90>
- [35] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodický pokyn k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu* [online]. Praha, 2008 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: [http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/metodika\\_schvalovani\\_bps.pdf](http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/metodika_schvalovani_bps.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČSN	Označení pro české technické normy
J	Joule - jednotka práce a energie
pH	Stupnice pro vyjádření chemického prostředí
VA	Volt Ampér - jednotka zdánlivého elektrického výkonu
W	Watt - jednotka výkonu
We	Watt elektrických - jednotka instalovaného elektrického výkonu
Wh	Watt hodina – jednotka výkonu
Wt	Watt tepelných – jednotka instalovaného tepelného výkonu

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Mapa bioplynových stanic na území České republiky [Zdroj: 14] .....	18
Obr. 2. Zemědělská bioplynová stanice v Pěčíně, příjezdová cesta [Zdroj: vlastní] ..	30
Obr. 3. Situační plán zemědělské bioplynové stanice v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	31
Obr. 4. Silážní žlab pro kukuřičnou siláž v Pěčíně [Zdroj: vlastní].....	32
Obr. 5. Sestava nádrží vstupních jímek v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	32
Obr. 6. Fermentační nádrže v Pěčíně před dokončením [Zdroj: vlastní].....	33
Obr. 7. Pohled do koncového skladu digestátu v Pěčíně [Zdroj: vlastní].....	34
Obr. 8. Kontejner s kogenerační jednotkou v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	35
Obr. 9. Fléra pro nouzové spalování plynu v Pěčíně [Zdroj: vlastní].....	35
Obr. 10. Kobková trafostanice v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	36
Obr. 11. Velín s technologiemi v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	36
Obr. 12. Prostor objektu technického sklepa v Pěčíně [Zdroj: vlastní] .....	37
Obr. 13. Model procesu analýzy bezpečnostních rizik [Zdroj: vlastní].....	48
Obr. 14. Analýza bezpečnostních rizik Ishikawovým diagramem [Zdroj: vlastní]....	50



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Fáze rozkladu materiálu vlivem anaerobní fermentace .....	21
Tab. 2. Látkové složení bioplynu.....	22
Tab. 3. Hodnoticí parametry metody FMEA pro výpočet rizikového čísla R.....	52
Tab. 4. Analýza procesních rizik z Ishikawova diagramu .....	53
Tab. 5. Analýza strukturálních rizik z Ishikawova diagramu .....	55
Tab. 6. Vyhodnocení analýzy procesních a strukturálních rizik.....	57

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Závažnost procesních rizik z Ishikawova digramu [Zdroj: vlastní] .....	53
Graf 2. Limit pro stanovení nežádoucího procesního rizika [Zdroj: vlastní] .....	54
Graf 3. Závažnost strukturálních rizik z Ishikawova diagramu [Zdroj: vlastní] .....	55
Graf 4. Limit pro stanovení nežádoucího strukturálního rizika [Zdroj: vlastní] .....	56