



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

**Πτυχιακή Εργασία με θέμα:**

«Μετάφραση και σχολιασμός των ενοτήτων 1.0 έως 4.0 & 9.0 έως 11.0 της μελέτης του U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) με τίτλο “Chemical Reaction and Release in Atchison, Kansas” (2017)»

**Εκπονήτριες:**

Αικατερίνη Οικονομοπούλου (Ξ2013088)

Αικατερίνη Σερπετσή (Ξ2013078)

**Επιτροπή εποπτείας:**

Σωτήριος Λίβας

Γεώργιος Κεντρωτής

Κέρκυρα, Ιανουάριος 2019



*«Μετάφραση και σχολιασμός των ενοτήτων 1.0 έως 4.0 & 9.0 έως 11.0 της μελέτης του  
U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) με τίτλο “Chemical  
Reaction and Release in Atchison, Kansas” (2017)»*

## Περιεχόμενα

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Εισαγωγή.....                      | 5  |
| Παράθεση πρωτότυπου κειμένου ..... | 6  |
| Παράθεση Μεταφράσματος .....       | 34 |
| Σχολιασμός .....                   | 67 |
| Επίλογος.....                      | 76 |
| Βιβλιογραφία .....                 | 77 |

## Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τις φοιτήτριες Αικατερίνη Οικονομοπούλου (Ξ2013088) και Αικατερίνη Σερπετσή (Ξ2013078) του τμήματος Ξένων Γλωσσών Μετάφρασης και Διερμηνείας κατά το χειμερινό εξάμηνο του έτους 2018-2019. Πρόκειται για την μετάφραση ενός τεχνικού κειμένου, από την αγγλική προς την ελληνική γλώσσα. Το κείμενο αποτελεί μέρος μιας μελέτης του U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) με τίτλο «Chemical Reaction and Release in Atchison, Kansas» το οποίο δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα [www.csb.gov](http://www.csb.gov) τον Δεκέμβριο του 2017. Λόγω της μεγάλης έκτασης της μελέτης, επιλέξαμε να μεταφράσουμε συγκεκριμένες ενότητες για τις ανάγκες της πτυχιακής μας εργασίας (Ενότητες 1.0 - 4.0 & 9.0 – 11.0).

Το θέμα της μελέτης περιστρέφεται γύρω από ένα περιστατικό που δημιουργήθηκε μετά από απελευθέρωση χημικών ουσιών και στις ενότητες που επιλέξαμε να μεταφράσουμε αναλύονται οι αιτίες, οι συνέπειες και όλα τα γεγονότα που εκτυλίχθηκαν την ημέρα του περιστατικού και σχετίζονται με αυτό.

Χαρακτηριστικό του κειμένου που επιλέξαμε είναι η ύπαρξη τεχνικής ορολογίας και επιστημονικών όρων που προέρχονται κυρίως από τον κλάδο της χημείας.

Στόχος μας ήταν να κατανοήσουμε πλήρως το πρωτότυπο κείμενο με όλες του τις ιδιομορφίες, να διατηρήσουμε τη μορφή του και το ύφος του ως έχουν αφού πρόκειται για μια επιστημονική μελέτη και, τέλος, να δημιουργήσουμε μια ευκολονόητη μετάφραση με προσιτή ορολογία, όχι μόνο για τους αναγνώστες που τους είναι οικείο το αντικείμενο της χημείας αλλά και για αυτούς που θα έρθουν για πρώτη φορά σε επαφή με ένα τέτοιου είδους τεχνικό κείμενο.

## Παράθεση πρωτότυπου κειμένου

### Case Study

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

### Key Lessons for Preventing Inadvertent Mixing During Chemical Unloading Operations

Chemical Reaction and Release in Atchison, Kansas

MGPI Processing, Inc.

Incident Date: October 21, 2016

Over 140 Sought Medical Attention, 6 Hospitalized

No. 2017-01-I-KS

Published December, 2017

#### KEY ISSUES:

- Design of Chemical Transfer Equipment
- Automated and Remote Emergency Shut-offs
- Pipe Markings
- Chemical Unloading Procedures
- Human Factors
- Emergency Planning

The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) is an independent Federal agency whose mission is to drive chemical safety change through independent investigations to protect people and the environment.

The CSB is a scientific investigative organization; it is not an enforcement or regulatory body. Established by the Clean Air Act Amendments of 1990, the CSB is responsible for determining the root and contributing causes of accidents, issuing safety recommendations, studying chemical safety issues, and evaluating the effectiveness of other government agencies involved in chemical safety. More information about the CSB is available at [www.csb.gov](http://www.csb.gov).

The CSB makes public its actions and decisions through investigative publications, all of which may include safety recommendations when appropriate. Examples of the types of publications include:

CSB Investigation Reports: formal, detailed reports on significant chemical accidents and include key findings, root causes, and safety recommendations.

CSB Investigation Digests: plain-language summaries of Investigation Reports.

CSB Case Studies: examine fewer issues than a full investigative report, case studies present

investigative information from specific accidents and include a discussion of relevant prevention practices.

CSB Safety Bulletins: short, general-interest publications that provide new or timely information intended to facilitate the prevention of chemical accidents.

CSB Hazard Investigations: broader studies of significant chemical hazards.

Safety Videos: high-quality outreach products that support the agency's mission to improve worker and environmental protection.

CSB publications can be downloaded at [www.csb.gov](http://www.csb.gov) or obtained by contacting:

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board  
Office of Congressional, Public, and Board Affairs  
1750 Pennsylvania Ave NW, Suite 910  
Washington, DC 20006  
(202) 261-7600

No part of the conclusions, findings, or recommendations of the CSB relating to any chemical accident or the investigation thereof may be admitted as evidence or used in any action or suit for damages. See 42 U.S.C. § 7412(r)(6)(G).

## GLOSSARY

**Acid:** a substance capable of donating a hydrogen ion (e.g., sulfuric acid). A solution of acid and water has a pH less than 7.

**Base:** a substance capable of accepting a hydrogen ion from a proton donor (e.g., sodium hypochlorite). An aqueous solution of a base, or alkali, has a pH greater than 7. A base reacts with an acid to produce a salt.

**Bill of Lading:** a document issued by a carrier that details the type, quantity, and destination of the goods being transported.

**Cargo tank:** a tank intended primarily for the carriage of liquids, gases, solids or semi-solids that is attached to or forms part of a motor vehicle; also referred to as a “tanker” in this Case Study.

**Cargo tank motor vehicle:** a motor vehicle with one or more cargo tanks permanently attached to or forming an integral part of the motor vehicle.<sup>1</sup>

**Cam lever dust cap:** a metal or plastic cap that attaches to the fill line connection point to prevent debris and access to the fill line. These caps contain levers that, when in the closed position, prevent the removal of the cap. The levers can be locked in the closed position to prevent unauthorized access.

**Connection point:** the point at which a hose connects to a fill line.

**Day tank:** a tank that contains enough chemical inventory to be used in one day or a short period of time; day tanks are typically refilled daily or as needed by transferring chemicals from larger bulk storage tanks.

**Discharge hose:** the hose from the cargo tank motor vehicle connected to the fill line.

**Fill lines:** facility piping where hoses are connected to unload chemicals from cargo tank motor vehicles.

**Heating, ventilation and air conditioning:** systems that provide thermal comfort and air quality in indoor spaces.

**Motor carrier:** a general term for chemical distributors that deliver chemicals via highway.

**Mod B area:** where the incident took place at MGPI. It includes the transfer equipment, tank farm, process area, and control room.

**Mod B building:** the building within the Mod B area that contains the indoor chemical processes, a locker room, laboratory, and the control room.

**Plume:** a continuous release of a gas cloud.

Split rings: metal rings with a split around the circumference used to attach two objects; also known as key rings.

Transfer equipment: a general term for the fill lines, valves and piping used to unload and transfer chemicals from cargo tank motor vehicles to storage tanks.

## ACRONYMS AND ABBREVIATIONS

AAR & IP After-Action Report and Improvement Plan

ACDEM Atchison County Department of Emergency Management

AFD Atchison Fire Department

ANSI American National Standards Institute

API American Petroleum Institute

ASHRAE American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers

ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry

CCPS Center for Chemical Process Safety

CEPR Commission on Emergency Planning and Response

CI Chlorine Institute

CIA Chemical Industry Association

Cl chlorine

CSB U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

CTMV cargo tank motor vehicle

DOT U.S. Department of Transportation

EMS Emergency Medical Services

EPA U.S. Environmental Protection Agency

EPCRA Emergency Planning and Community Right-to-Know Act

ERPG Emergency Response Planning Guidelines

FMCSA U.S. Federal Motor Carrier Safety Administration

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sulfuric acid

hazmat hazardous materials

HMEP Hazardous Materials Emergency Preparedness

HMR Hazardous Materials Regulation

HOCl hypochlorous acid

HVAC heating, ventilation and air conditioning

KDEM Kansas Department of Emergency Management

KDHE Kansas Department of Health and Environment

LEPC Local Emergency Planning Committee

NACD National Association of Chemical Distributors

NaClO sodium hypochlorite

NEP National Emphasis Program

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health

NPRM Notice of Proposed Rulemaking

NRC National Response Center

NSSP National Syndromic Surveillance Program

OSHA U.S. Occupational Safety and Health Administration

pH potential of hydrogen

PHA process hazard analysis

PHMSA U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration

PO propylene oxide

PPE personal protective equipment

ppm parts per million

PSM Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals

RMP Risk Management Program

SDS Safety Data Sheet

SERC State Emergency Response Commission

SO<sub>2</sub> sulfur dioxide

VOC volatile organic compound

WWTP Wastewater Treatment Plant

## 1.0 INTRODUCTION

This Case Study examines the October 21, 2016, inadvertent mixing of incompatible chemicals at the MGPI Processing, Inc. (MGPI) facility in Atchison, Kansas. The mixture of the two chemicals, sulfuric acid and sodium hypochlorite (better known in its less concentrated form as bleach), produced a cloud containing chlorine and other compounds. The cloud impacted workers onsite and members of the public in the surrounding community. The incident occurred during a routine chemical delivery of sulfuric acid from a Harcros Chemicals (Harcros) cargo tank motor vehicle (CTMV) at the MGPI facility tank farm. The Atchison County Department of Emergency Management (ACDEM) ordered thousands of community members to shelter-in-place and other community members to evacuate in some areas. Over 140 individuals, including members of the public, MGPI employees, and a Harcros employee, sought medical attention; one MGPI employee and five members of the public required hospitalization as a result of exposure to the cloud produced by the reaction. While two specific substances were involved in this incident, the accidental mixing of many acids and bases or other incompatible chemicals during unloading operations and other activities can lead to potentially dangerous reactions. Chemical unloading operations from CTMVs may be perceived as simple compared to other processes in fixed facilities, but because these operations can involve extremely large quantities of chemicals, the consequences of an incident may be severe.<sup>2</sup> According to the National Association of Chemical Distributors (NACD), more than 39.9 million tons of product were delivered to customers every 8.4 seconds in 2016. Therefore, facility management must pay careful attention to the design and operation of chemical transfer equipment by applying the

hierarchy of controls and by considering human factors to reduce the opportunity for inadvertent mixing and to mitigate consequences should an event occur. In addition, in situations where CTMV drivers are directly involved in unloading chemicals, there must be shared responsibility between the chemical distribution company and facility management to ensure chemicals are unloaded safely. This Case Study examines the factors that contributed to the incident at MGPI and includes key lessons for preventing similar incidents for facilities receiving chemicals and the companies delivering them.

## TABLE OF CONTENTS

1.0 Introduction

2.0 Background

3.0 Incident Description

4.0 Chemical Analysis

[...]

9.0 MGPI and Harcross Post-Incident Changes

10.0 Key Lessons

11.0 Conclusion

[...]

<sup>2</sup> Center for Chemical Process Safety. Unloading and Loading Hazardous Materials Process Safety Beacon [Online], September 2015 <https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20150920.pdf> (accessed September 12, 2017).

## 2.0 BACKGROUND

### 2.1 MGPI PROCESSING, INC.

The MGPI facility is located near a primarily urban part of the city of Atchison, Kansas, about 50 miles northwest of Kansas City, Missouri. The company, originally established as a small distillery in 1941, is an operating subsidiary of MGP Ingredients, Inc. MGPI has two operating segments at the Atchison plant: distilled products, including food-grade alcohol, distillers feed, fuel-grade alcohol and corn oil; and ingredients, which consists of specialty and commodity wheat starches and proteins for food and non-food applications. The Atchison facility contains grain processing, distilling operations, warehousing, laboratories, and office buildings and employs 140 personnel, of which 100 are represented by the United Food and Commercial Workers Union Local 74D.

### 2.2 HARCROS CHEMICALS

Harcros manufactures and distributes industrial and specialty chemicals and blends to a broad range of industrial customers throughout the United States; primarily in the Midwest and Southeast. Headquartered in Kansas City, Kansas, Harcros operates two chemical manufacturing facilities and 29 distribution locations. Harcros operates about 50 hazardous material CTMVs for chemical deliveries. <sup>3</sup> In 2016, Harcros supplied sulfuric acid, sodium hydroxide, and propylene oxide to the process area where the incident at MGPI occurred.



Figure 1. MGPI's Mod B facility in Atchison, Kansas (Source: MGPI).

<sup>3</sup> Federal Motor Carrier Safety Administration. Safety Measurement Profile for Harcros Chemicals Inc. <https://ai.fmcsa.dot.gov/SMS/Carrier/980774/CompleteProfile.aspx> (accessed September 12, 2017)

## 2.3 PROCESS DESCRIPTION

The October 2016 incident occurred at MGPI's Mod B area, where specialty wheat starches are manufactured to customer specifications (Figure 1). At Mod B, different chemicals are utilized to satisfy various desired characteristics of the specialty and commodity starches, including the use of sulfuric acid to modify starch through pH adjustment, and the use of sodium hypochlorite to oxidize starch. The Mod B area, separated from the main plant by railroad tracks, is located on an access road called Gasoline Alley, and is adjacent to MGPI's Wastewater Treatment Plant (WWTP) (Figure 2).

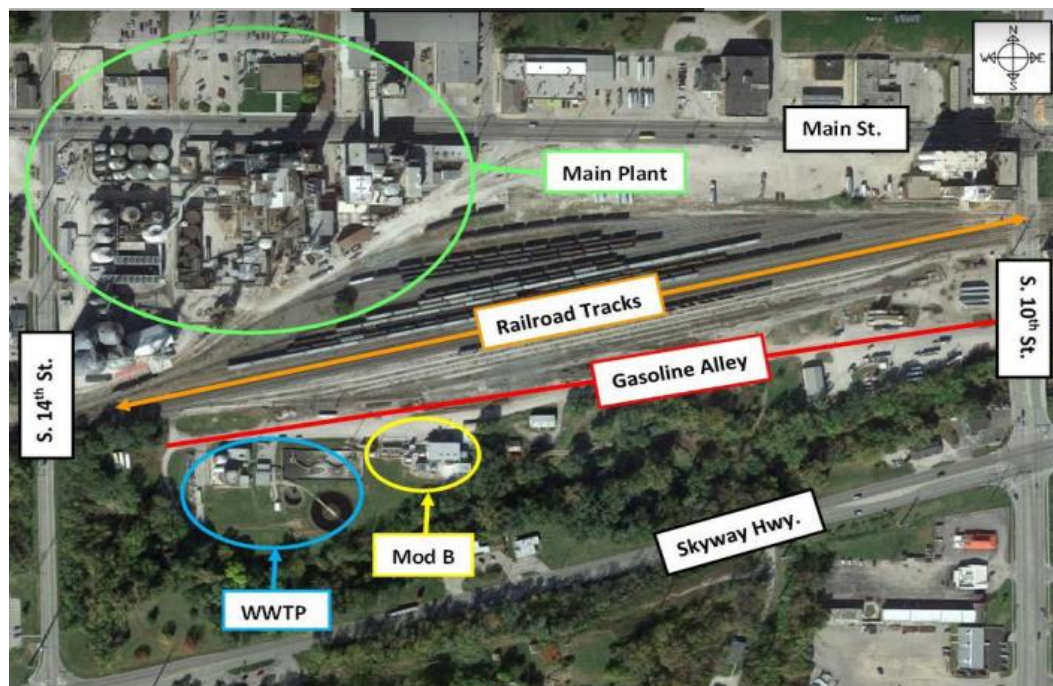


Figure 2. MGPI and surrounding area (Source: Google).

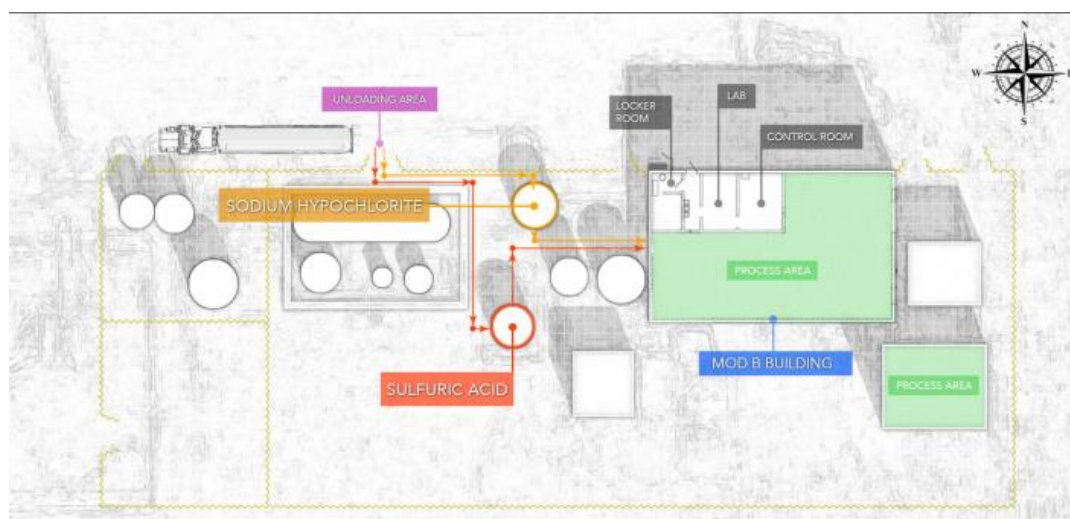


Figure 3. Mod B chemical unloading area and tank farm (left) and Mod B building (right) (Source: CSB).

The Mod B area comprises the Mod B building and an adjacent outdoor tank farm (Figure 3). The Mod B building contains an indoor process area where chemicals are combined to manufacture product. The building also contains a locker room, laboratory, and the control room where operators perform most of their duties, which include monitoring process conditions.

On the perimeter of the tank farm is the unloading area through which CTMVs from various companies deliver bulk quantities of five chemicals: sodium hypochlorite,<sup>4</sup> sulfuric acid, propylene oxide, sodium hydroxide, and acetic anhydride.<sup>5</sup> CTMV drivers transfer chemicals by connecting discharge hoses from the cargo tanks to the fill lines. From there, chemicals flow through piping to several large bulk storage tanks in the tank farm (Figure 4). Operators then transfer smaller quantities of the chemicals, as needed, into day tanks and/ or process vessels for production inside the Mod B building.



Figure 4. Chemical unloading operations at the time of the incident (Source: MGPI).<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Sodium hydroxide is also referred to as “caustic” in this Case Study.

<sup>5</sup> The U.S. Occupational Safety and Health Administration’s Process Safety Management of High Hazardous Chemicals standard (29 C.F.R § 1910.119) applies to two chemicals stored above threshold quantities at Mod B: propylene oxide (a flammable liquid received at the unloading area) and phosphorous oxychloride (not received at the unloading area). The two chemicals involved in this incident are not covered under the standard.

<sup>6</sup> MGPI took this photo of the Harcros CTMV connected to the fill line shortly after the incident. Deluge systems were on at this time to mitigate the release

Among the chemicals delivered to Mod B is 12.5% sodium hypochlorite, a more concentrated version of bleach. MGPI receives sodium hypochlorite at the chemical unloading area where it is transferred by piping to an outdoor 6,500-gallon bulk tank, and stored at atmospheric pressure. Operators then transfer sodium hypochlorite by piping into a smaller day tank in the Mod B building. From there, it is transferred into a process vessel as needed. Another chemical delivered to Mod B is sulfuric acid. MGPI receives 30% sulfuric acid at the chemical unloading area in an outdoor 8,500-gallon day tank. Operators transfer sulfuric acid from the day tank directly into the process.

### 2.3.1 PRE-INCIDENT CHEMICAL UNLOADING OPERATIONS

To access the fill lines for a chemical delivery, operators first unlock a barbed wire gate that encloses the tank farm area and five fill lines designated for each chemical (Figure 4). Next, operators unlock the padlock on the cam lever dust cap that secures the fill line for the chemical being delivered. Cam lever dust caps prevent access to fill lines by capping the end of the fill lines when they are not in use. As seen in Figure 5, cam lever dust caps are secured by engaging two levers and locking them in place with a padlock and two split rings. CTMV drivers rely on operators to unlock and identify the fill line designated for the chemical being transferred. Operators then show drivers the appropriate fill line. Once the equipment is unlocked, operators return to the control room. Drivers then remove the dust cap and connect their chemical discharge hose from the cargo tank to the fill line. After completing delivery, drivers place the dust cap back on the fill line and re-secure it by locking the padlock. It was, and is, MGPI's practice to unlock fill line dust caps only for delivery.



Figure 5. A locked cam lever dust cap on a fill line at Mod B (Source: CSB).

### 3.0 INCIDENT DESCRIPTION

#### 3.1 THE INCIDENT

At approximately 7:35 AM on October 21, 2016, a Harcros CTMV arrived at the MGPI Atchison facility to complete a scheduled delivery of 30% sulfuric acid. Upon arrival, the Harcros employee (driver)<sup>7</sup> exited the cab and began to pressurize the cargo tank for unloading. At approximately 7:42 AM, the driver took the bills of lading to the Mod B building where the MGPI night shift operator on duty reviewed and signed the paperwork for accepting a delivery. Because the driver arrived at MGPI at 7:35 AM, prior to the start of dayshift, the night shift operator accepted the delivery. At 7:44 AM, the operator escorted the driver from the Mod B building to the chemical unloading area. When they reached the rear of the CTMV, the driver set his paperwork on the back of the cargo tank and walked down the passenger side to finish donning his personal protective equipment (PPE).<sup>8</sup> During this time, the operator unlocked the gate in front of the transfer equipment and removed the lock on the cam lever dust cap for the sulfuric acid fill line. The operator placed the lock from the sulfuric acid fill line on the angle iron above the fill line (Figure 6). The driver removed the seal <sup>9</sup> from the back of the cargo tank, handed it to the operator, and then retrieved the hose from the CTMV to begin the connections.

<sup>7</sup> The Harcros driver is one of multiple Harcros drivers who made sulfuric acid deliveries to Mod B in 2016. Harcros had made many deliveries of sulfuric acid in the previous year, of which the driver made six. No Harcros driver was involved in any delivery of sodium hypochlorite, as this chemical was delivered by another chemical distribution company.

<sup>8</sup> The driver donned a chemical resistant coat, rubber gloves, a hard hat with a face shield, and safety glasses.

<sup>9</sup> Seals are placed on the trailer valves and caps of cargo tanks to prevent tampering with the contents and so that those receiving deliveries can ensure that the contents of the trailer match what is stated on the bill of lading and other paperwork. The seals are designed to be broken to ensure that they cannot be removed and placed back on a cargo tank. The numbers on the seals are supposed to match the numbers on the paperwork prepared by the shipper.

The operator reports that he pointed out the location of the sulfuric acid fill line to the driver and that the driver acknowledged the location; the driver, however, reports that the operator did not point out the fill line. The operator then returned to the Mod B building at approximately 7:47 AM before he saw the driver connect the discharge hose to the fill line. The driver removed the dust cap from the first unlocked fill line that he saw at the facility, which he assumed to be the sulfuric acid fill line. The driver connected the hose to the fill line and then connected the hose to the truck. The driver checked the air pressure in the cargo tank,<sup>10</sup> checked for leaks, and upon not finding any, opened the facility's valve and then the valve on the cargo tank to begin discharging sulfuric acid. The driver returned to his cab, checked his air pressure on the way, climbed inside, and set his paperwork down. During this time, the MGPI day shift operator and a trainee were in the Mod B building discussing plant operating status with the night shift operator.

Shortly before 8:00 AM a greenish-yellow gas began emitting from the sodium hypochlorite bulk tank, forming a cloud. The cloud grew, covering the Harcros truck and the Mod B building, and then migrated offsite in a northeast direction. The three operators inside the Mod B control room at the time of the release quickly became aware of the reaction by the odd smell of gas that entered the building. They immediately attempted to access their emergency escape respirator face pieces, but were unable to do so because the respirator face pieces were not stored in a readily accessible location or had been moved.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Drivers check the air pressure using the air gauge and pressure regulator. The amount of pressure applied depends on several variables that must be considered for each load, such as viscosity and other physical properties of the product, temperature and humidity, equipment parameters, length of pipe between the truck and tank, and air supply at the customer's site.

<sup>11</sup> The night and day shift operators attempted to retrieve their respirator face pieces from their respective lockers but were unable to do so. The face pieces connect to 5-minute escape bottles. The trainee did not have a locker because MGPI does not assign lockers to trainees. The trainee normally kept his respirator on a counter in the control room; however, the previous shift moved it because they needed counter space (Section 5.4).

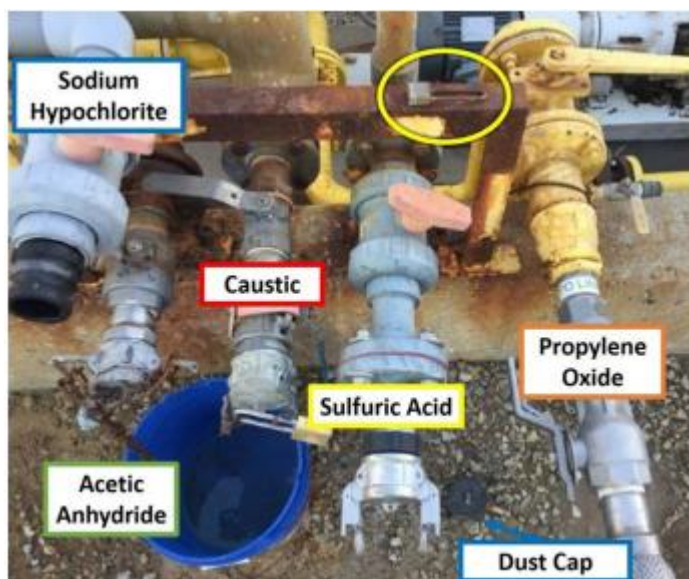


Figure 6. As-found state of connection area post-incident. Sulfuric acid fill line padlock (circled) placed on angle iron. Sodium hypochlorite dust cap on ground beneath fill lines (Source: CSB).

As a result, all three operators were forced to evacuate the building without respiratory protection. After exiting, operators ran northeast (Figure 2) through the cloud until they reached fresh air near the railroad tracks. At the railroad tracks, one of the operators used his radio to alert MGPI employees of the emergency. Following this alert, another company employee contacted 911 at 7:59 AM.

The driver, who was in the cab of the truck, first noticed the gas cloud in his rearview mirror. He tried to get to the connection area at the rear of the truck by running down the driver side, but the gas overwhelmed him. The driver turned around and attempted the same from the passenger side but again was overwhelmed by the gas. At this point, the manager of the adjacent WWTP saw the release and shouted for the driver to run in his direction. The WWTP manager brought the driver inside the WWTP control room, gave him water, and radioed MGPI employees that the driver was inside and out of the cloud. The WWTP manager also alerted MGPI management of the release by phone and radio.

Although the sulfuric acid dust cap was unlocked immediately prior to unloading, the CSB found that the sodium hypochlorite fill line was also accessible to the driver (Figure 7). The driver connected the sulfuric acid discharge hose to the unsecured fill line for the sodium hypochlorite bulk tank, which resulted in the inadvertent mixing of approximately 4,000 gallons of sulfuric acid and 5,850 gallons of sodium hypochlorite. This mixture of incompatible materials resulted in a reaction that promoted the release of a cloud containing chlorine gas and other compounds (Section 4.0)



Figure 7. Sodium hypochlorite dust cap with missing split ring. The missing split ring prevented the dust cap from being secured by the padlock (Source: CSB).

### 3.2 EMERGENCY RESPONSE

The Atchison Fire Department (AFD) received notification of the chemical release at 8:02 AM and units arrived on scene at 8:05 AM. The cloud, or plume, was estimated to extend a few hundred feet high and to be slowly migrating on the ground to the northnortheast. Due to the time of day, there was a significant amount of traffic in the immediate vicinity of the plant and the fire department blocked nearby intersections to restrict and re-direct drivers from entering the plume. By 8:10 AM, the Mod B operators were en route to the hospital and at about the same time, MGPI informed emergency responders that a “chlorine-like” plume was likely caused by a reaction when sulfuric acid and sodium hypochlorite were inadvertently mixed. Around that same time, the Atchison County Department of Emergency Management (ACDEM) advised 11,000 Atchison citizens to shelter-in-place.<sup>12</sup> MGPI worked with the fire department to develop a plan to mitigate the release. Minutes later, the plume shifted to the northwest, requiring emergency responders to evacuate to a safer location. By 8:43 AM, a hazardous materials (hazmat) trailer arrived with additional emergency responders and equipment. Responders were able to safely close the discharge valve on the cargo tank and turn off the truck engine. They also set up a water spray and manually activated the Mod B deluge (sprinkler) system to suppress the plume generated by the chemical reaction.

<sup>12</sup> ACDEM used TV, radio, and social media to alert the community of the shelter-inplace and evacuation orders.

As the plume shifted to the west of Mod B, it began to migrate towards the WWTP where the WWTP manager, driver, and the two firefighters who attended to the driver were located. When they saw that the plume was heading in their direction, they evacuated the area. An Emergency Medical Services (EMS) vehicle then transported the driver to the hospital for treatment of his symptoms from exposure to the cloud. At the same time, a motor vehicle accident near the plant required assistance from the two firefighters. While treating the vehicle accident victims, the plume shifted, due to the wind, and exposed the two firefighters, both of whom were transported to the hospital. From a helicopter, the Kansas Highway Patrol monitored the size and movement of the plume throughout the morning to assist emergency responders. The wind shift presented challenges for emergency responders and, as the plume began to move toward the north and west of the city, it slowed due to low wind speed.<sup>13</sup> ACDEM issued evacuation orders to schools and residents to the north who were not in the plume. Buses safely transferred 800 middle and high school students upwind to the south side of Atchison. By approximately 10:30 AM, the Kansas Highway Patrol reported to emergency responders that the plume was on the north and west outskirts of the city and dissipating rapidly. At 11:00 AM, approximately 3 hours after the incident, ACDEM communicated an all clear and lifted the shelter-in-place and evacuation orders.

### 3.3 CONSEQUENCES

Because of the chemical reaction and release, four MGPI employees, the Harcros driver, and over 140 community members sought medical attention.<sup>14</sup> Of these, one MGPI employee was admitted to a hospital after being directly exposed to the toxic cloud and was released three days later.

<sup>13</sup> The closest weather station, in St. Joseph, MO, reported calm winds until 10:53 AM on October 21, 2016.

<sup>14</sup> The CSB collected patient information from nearby hospitals and clinics for individuals who sought medical attention as a result of the release.

Five citizens were admitted to the hospital, of which four were released within two days and one was released five days later. Consistent with acute exposure to chlorine, many who visited a hospital or medical center reported general respiratory issues including shortness of breath, coughing, and throat irritation. Of those not admitted to a hospital, a majority were sent home after examination, while a few left prior to any examination.

Chlorine is a yellow-green gas that can irritate the eyes, skin, and respiratory tract.<sup>15</sup> The extent of symptoms varies with the concentration, route, and duration of exposure, and some symptoms are delayed (Table 1).<sup>16</sup> Most long-term health effects from acute exposures are typically associated with complications developed after exposure to high concentrations.<sup>17</sup>

| Concentration               | Potential health effects <sup>18</sup>                              |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1-3 ppm                     | Mild nose irritation                                                |
| 5 ppm                       | Eye irritation                                                      |
| 5-15 ppm                    | Throat irritation                                                   |
| 30 ppm                      | Immediate chest pain, vomiting, changes in breathing rate and cough |
| 40-60 ppm                   | Lung injury and fluid in lungs (pulmonary edema)                    |
| 430 ppm for 30 minutes      | Death                                                               |
| 1,000 ppm for a few minutes | Death                                                               |

TABLE 1. Potential health effects of short-term chlorine exposure, based on animal and human studies (Source: ATSDR).<sup>1</sup>

<sup>15</sup> Centers for Disease Control and Prevention. Facts about Chlorine. <https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp> (accessed September 12, 2017).

<sup>16</sup> According to the ATSDR, the concentrations listed above are approximate; the effects will depend also on exposure duration. In general, people who suffer from respiratory conditions such as allergies or hay fever, or who are heavy smokers, tend to experience more severe effects than healthy subjects or nonsmokers. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chlorine. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf> (accessed November 27, 2017).

<sup>17</sup> Centers for Disease Control and Prevention. Facts about Chlorine. <https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp> (accessed September 12, 2017)

## 4.0 CHEMICAL ANALYSIS

The CSB commissioned a chemical analysis to characterize the contents of the tanks and truck involved in the incident.<sup>19</sup> Investigators collected samples from the sodium hypochlorite bulk tank, where the suspected mixing of sodium hypochlorite and sulfuric acid occurred; the downstream sodium hypochlorite day tank; and the remaining liquid in the CTMV after the incident. Laboratory testing confirmed that a sodium hypochlorite solution and 30% sulfuric acid were involved, consistent with the expected contents of the bulk tank and truck.<sup>20</sup> Analysis of the samples revealed no evidence of elements other than those found in sodium hypochlorite and sulfuric acid.

The sodium hypochlorite (NaClO) used at MGPI is supplied as a diluted aqueous solution, containing sodium hypochlorite (10-16%), sodium chloride (12%), sodium hydroxide (4%) and water (balance). The sodium hypochlorite solution is a clear yellow liquid with a characteristic bleach odor. It is a strong base that can react with acids and ammonia, and organic or other chlorinating compounds.<sup>21</sup> When mixed with acids, the hypochlorite ion is known to form chlorine gas, which evolves from the solution, and can cause a serious chlorine release.<sup>22</sup>

<sup>18</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chlorine. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf> (accessed September 12, 2017).

<sup>19</sup> Case Forensics. Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas. [Online] 2017. [http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003\\_Report.\\_Redacted.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report._Redacted.pdf) (accessed September 12, 2017).

<sup>20</sup> The sulfuric acid density of the two Harcros CTMV samples was 1.228 g/cm<sup>3</sup> and 1.227 gm/cm<sup>3</sup>, respectively, consistent with the density of 30% sulfuric acid. The sodium hypochlorite from the downstream day tank had a pH of 12.3 post incident. 12.5% sodium hypochlorite has a pH range of 11.5 to 13.5. Case Forensics. Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas. [Online] 2017. [http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003\\_Report.\\_Redacted.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report._Redacted.pdf) (accessed September 12, 2017).

<sup>21</sup> The Chlorine Institute. Pamphlet 96, Sodium Hypochlorite Manual, 4th ed.; The Chlorine Institute: Arlington, VA, October 2011.

<sup>22</sup> The Chlorine Institute. Pamphlet 96, Sodium Hypochlorite Manual, 4th ed.; The Chlorine Institute: Arlington, VA, October 2011.

Sulfuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) is a strong acid that violently reacts with bases (alkalis) and is corrosive to most metals. It can react violently with water and other organic materials, resulting in the evolution of heat and irritating gases.<sup>23</sup>

The CSB also commissioned an analysis to fully understand the potential reaction pathways on the day of the incident to determine what products might have been created and released. Contractors evaluated the effect of meteorological conditions on both the generation of reaction products and the behavior of the plume in the atmosphere. The analysis concluded that, while the precise chemistry cannot be definitively determined, the primary toxic reaction products were likely chlorine and other chlorine-containing compounds.<sup>24</sup> Upon mixing, the sodium hypochlorite and sulfuric acid immediately initiated a highly exothermic, or heat-producing, reaction.<sup>25</sup> The liquid that was added to the tank and the gases that evolved from the reaction were released through a 3-inch diameter atmospheric vent and an 18-inch lid on the roof of the bulk tank.

Depending on the temperature and pH of the mixture, and the amount of mixing that occurred as sulfuric acid was introduced to the sodium hypochlorite tank, several different series of reactions may have occurred. The products of the initiating reactions likely further reacted to generate additional toxic gas (g) products and aqueous (aq), ionic species. These may have included:

- chlorine gas ( $\text{Cl}_2$  (g)),
- chlorine dioxide ( $\text{ClO}_2$  (g)),
- hydrogen chloride ( $\text{HCl}$ (g)) or hydrochloric acid ( $\text{HCl}$ (aq)),
- sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (aq)),
- sodium bisulfate ( $\text{NaHSO}_4$  (aq)),
- water, and
- oxygen ( $\text{O}_2$  (g))

<sup>23</sup> National Institute of Occupational Safety and Health. Pocket Guide to Chemical Hazards, Sulfuric Acid. <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0577.html> (accessed September 12, 2017).

<sup>24</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>25</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017

The sulfuric acid lowered the pH of the sodium hypochlorite, which, combined with the heat produced by the reaction, accelerated the rate of sodium hypochlorite decomposition. As a result, several major and minor reactions may have occurred, involving both the reactants and products formed by their decomposition.<sup>26</sup> A likely reaction pathway between sulfuric acid and sodium hypochlorite produced hypochlorous acid and sodium sulfate. The hypochlorous acid further decomposed to form chlorine and chlorine dioxide. Chlorine dioxide can itself decompose to form chlorine gas and oxygen gas. Chlorine dioxide will also react with hydrochloric acid to form chlorine gas and water at temperatures around 40 to 70 degrees Celsius (104 to 158 degrees Fahrenheit).<sup>27</sup> These chlorine-containing compounds have a greenish-yellow tint. Several MGPI employees described the cloud as yellow-green to CSB investigators (Figure 8). See the CSB Contractor's Report for a technical summary of the potential chemical reactions.

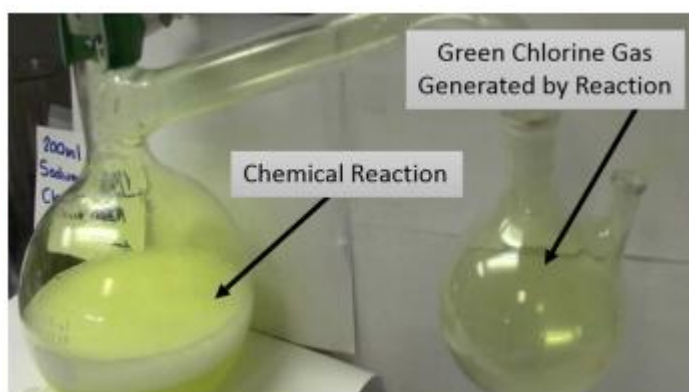


Figure 8. Chemical reaction approximately 1 minute after Harcros sulfuric acid sample was added to fresh Clorox® bleach (5-10% sodium hypochlorite).<sup>28</sup> The mixture of the two resulted in the formation of small chlorine gas bubbles (left) collected in a distillation apparatus (right) (Source: CSB).

<sup>26</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>27</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>28</sup> Safety Data Sheet for Clorox Regular Bleach;1; The Clorox Company: Oakland, CA, June 12, 2015. <https://www.thecloroxcompany.com/wp-content/uploads/cloroxregular-bleach12015-06-12.pdf> (accessed September 12, 2017).

As discussed in Section 3.3, the series of reactions produced by the inadvertent mixing created toxic products that can cause adverse health effects. These health effects largely depend on the concentration of the toxic products yielded as a result. Though the reactions and the quantity of the reaction products are dependent on source conditions and the environment (e.g., temperature, concentration, pH, etc.), contractors conservatively assumed that the sodium hypochlorite might have completely decomposed during the incident.<sup>29</sup> The maximum theoretical quantity of chlorine gas produced by the reaction was estimated to be 3,490 pounds, assuming that no chlorine further reacted or was otherwise removed from the plume.<sup>30</sup> A reaction between chlorine and water in the plume would likely reduce the overall amount of chlorine gas.<sup>31</sup> There was no real-time air monitoring data available during the incident that would have detected the concentrations of chemicals present in the plume. MGPI had stationary air monitors in and around the Mod B area, but these were to detect concentrations of propylene oxide and phosphorous oxychloride. Shortly after emergency responders mitigated the reaction by closing the discharge valve on the truck, they conducted air quality monitoring and determined the air quality was safe in the building and immediate area where the incident occurred. Additionally, the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) arrived at 1:00 PM and began on-site and perimeter air monitoring with handheld detectors equipped with chlorine sensors. Monitoring results were negative for chlorine. Environmental consultants hired on behalf of MGPI also conducted real-time air monitoring using a variety of instruments at 3:30 PM and detected levels of chlorine from 0.1 to 11.7 parts per million (ppm) in the immediate vicinity of Mod B.<sup>32</sup> At the time of the monitoring, approximately 5 hours after much of the cloud had dissipated, chlorine concentrations were below detectable limits in the community.

<sup>29</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>30</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>31</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017

<sup>32</sup> Air monitoring instruments also detected 0.1-0.2 ppm of sulfur dioxide present onsite in 3 of 62 samples.

Contractors also modeled a hypothetical release using PHAST™ software to understand the characteristics of a chlorine gas cloud under similar atmospheric conditions. The PHAST software uses mathematical calculations to predict how chemicals disperse in the atmosphere. The results of the dispersion models are largely dependent on the characteristics of the release source and surrounding atmosphere. Though the plume modeling provides some of the basic characteristics of the cloud present on the day of the incident, the plume concentrations and distance traveled do not reflect actual conditions. This is because the model does not account for potential side reactions, weather fluctuations, or other conditions that may have diluted the chlorine and other compounds on the day of the incident. An analysis of the atmospheric conditions and hypothetical release modeling concluded that weather played a significant role in the severity of the incident at MGPI. The exothermic reaction provided buoyancy to the relatively hot gases, which likely caused the plume to rise above the bulk tank and then disperse downwind.<sup>33</sup> According to data from the closest weather station, the air transitioned from fog and calm winds, to fog with slight winds from the south, within the first hour of the incident.<sup>34</sup> Under these conditions, the atmosphere is considered stable, with little or no wind or atmospheric turbulence<sup>35</sup> (or mixing). When the atmosphere is stable during a chemical release, plume dispersion is slow because chemicals do not readily mix or dilute in the atmosphere.<sup>36</sup> The presence of fog and high humidity in the air, however, may have improved conditions on the day of the incident because the air was saturated with moisture, which may have dissolved chlorine within the developing and existing plume. The buoyancy of the plume, however, may have kept the greatest concentrations of chlorine and other chemicals at higher elevations in the community, thereby lessening the potential impact at ground level.

<sup>33</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>34</sup> Peterson, E.; Reed, M. MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling; Technical Report for CSB; Washington, DC, 2017.

<sup>35</sup> Atmospheric turbulence is irregular air motion or wind that fluctuates in both speed and direction. This condition allows for an increased mixing of chemicals within the atmosphere. Hanna, S.; Britter, R. Wind flow and Vapor Cloud Dispersion at Industrial and Urban Sites [Online]; CCPS/AIChE: New York, 2002; pp 14. <http://app.knovel.com/hotlink/toc/ id:kt002YJLVL/wind-flow-vapor-cloud/definitions-concepts> (accessed December 6, 2017).

## 9.0 MGPI AND HARCROS POST-INCIDENT CHANGES

Immediately following the incident, MGPI made some temporary changes to its transfer equipment and unloading area to reduce the potential for a similar incident, until more permanent changes could be made. These included placing dedicated locks with separate keys on the different fill line caps, replacing the caps on the fill lines with caps that use a different locking mechanism, placing new (or more securely affixing existing) pipe markers closer to fill line connection points and elbows, placing new color-coded tags on the fill lines, and updating the chemical unloading procedures. Additionally, Harcros worked with MGPI to select and install new couplings on the Mod B sulfuric acid fill line and Harcros sulfuric acid delivery hoses. These couplings share the same unusual size and shape, such that only the correct delivery hose can be connected to the sulfuric acid fill line. The couplings are also colored differently from all other couplings at the Mod B unloading area (Figure 18).



Figure 18. New coupling on the Mod B sulfuric acid fill line (Source: MGPI)



Figure 19. Separation of unloading connections with secure cages around connection points at Mod B (Source: MGPI)

After making the immediate modifications described above, MGPI also made a number of other engineering and process safety changes at Mod B, including:

- Chemical unloading connection adjustments (a minimum of three-foot separation between each unloading connection with a secure cage around each connection point with card reader access and related administrative controls on access) (Figure 19);
- Engineering system interlocks that correspond to additional alarm-state situations;
- Additional monitoring and emergency shutdown devices;
- Design changes to the operator control room and air handling equipment; and
- Emergency response and preparedness modifications, including the water sprinkler deluge system.

Both MGPI and Harcros revised their chemical unloading practices and procedures as well. MGPI now prohibits unloading to start within 20 minutes of shift change and requires that a safety observer be present when connecting and disconnecting a cargo tank hose to a chemical fill line. Procedures also require operators to inspect fill lines to ensure all dust caps are secured and locked prior to, and following, deliveries. Harcros created a new sulfuric acid unloading procedure specific to MGPI and now requires its drivers to complete a tanker pre-unloading checklist with customers.

Apart from the changes to practices and procedures MGPI and Harcros made independently, they also made changes to promote greater coordination between operators and drivers. For example, operators and drivers must complete written verification forms to ensure that procedural steps are followed and to certify a correct connection prior to unloading a chemical. MGPI also requires its operators to ensure drivers can identify the CTMV emergency stop button.

Following the incident, MGPI also modified the storage and accessibility of the Mod B emergency respirators. Instead of storing emergency respirator face pieces separately from escape bottles, the Mod B control room is now equipped with a cabinet containing both supplied air bottles and hoods<sup>36</sup> that are easily accessible to protect operators in the event of a similar incident.

<sup>36</sup> A hood is a respiratory inlet covering that completely covers the head and neck and may also cover portions of the shoulders and torso. Instead of face pieces, hoods are also used with escape bottles.

MGPI continued to receive active participation from Mod B employees, including represented employees, in the development and implementation of modifications to equipment and processes following the incident. For example, represented employees were consulted on desired changes to their work area post-incident, and were involved in reviewing all Management of Change<sup>37</sup> documentation for all Mod-B modifications. In addition, MGPI received input from represented employees on the revision of unloading procedures and the development of new procedures. Represented employees have participated in facility walkthroughs with procedures in hand, and have provided recommendations on the frequency with which operators should be retrained on procedures, which has been accepted and integrated into company practice.

The CSB concludes that many of the post-incident changes implemented by MGPI address a number of human factors and design issues presented in this Case Study. In addition, MGPI and Harcross worked together to develop and agree upon procedures and design changes to reduce the likelihood of similar incident. Modifications to unloading equipment and processes as exemplified in this section, and in accordance with the investigation key lessons, can greatly reduce the opportunities for inadvertent mixing during chemical unloading operations.

## 10.0 KEY LESSONS

For fixed facilities that receive chemicals:

1. When assessing risks associated with chemical unloading process and equipment, apply the hierarchy of controls when evaluating controls and safeguards for preventing inadvertent mixing. For all chemical unloading activities that require human interaction, either by facility personnel or CTMV drivers, identify and address human factors issues that may increase the potential for an incorrect connection.

<sup>37</sup> Management of change is a process for evaluating and controlling modifications to equipment, processes and organizations, to identify and address hazards that may be introduced by that change.

2. Evaluate chemical transfer equipment and processes (e.g., fill lines, transfer valves, piping and receiving tanks) and, where feasible, install and configure safeguards, such as interlocks and mitigation measures, in the process control system that will maintain safe operations during chemical unloading activities. The control system should monitor and respond to hazardous process conditions (e.g., temperature, level, pressure, or airborne concentrations) and automatically shut down the transfer of chemicals and other processes in the event of an unintended reaction or release during chemical unloading. Where automated process control and safety systems are not feasible, configure transfer valves and equipment, as well as ventilation, deluge, and other mitigation systems, so that they can be activated remotely to stop the flow of chemicals into facility piping or receiving tanks during an emergency.

3. Design or modify chemical transfer equipment to ensure fill lines for incompatible materials are physically separated by a discernable distance (e.g., acids delivered to an unloading area separate from bases) to avoid reactive incidents resulting from inadvertent mixing.

4. Work with chemical distributors to select hose couplings and fill line connections with uniquely shaped and colorcoded fittings for each chemical or class of chemicals, especially where several chemicals are unloaded in close proximity. This can include a combination of accepted fittings with unique shapes (e.g., square for acids, hexagon for bases) or different sized diameters (e.g., 2-inch or 3-inch round) for each fill line.

5. Ensure pipe marking and identification of transfer equipment (e.g., fill lines, valves, transfer piping, and tanks) identification are clear and accurately represent the material contained in the equipment in accordance with accepted industry standards, such as ASME A13.1- 2007 Scheme for the Identification of Piping Systems. Affix pipe markers as close to fill line connection points as possible so that personnel involved in unloading activities can easily identify equipment and chemicals prior to making a connection. This is particularly important when there are multiple fill lines for different chemicals in one area.

6. Work with chemical distributors to conduct a risk assessment and, based on the results of the assessment, develop and/or agree upon procedures for chemical unloading and emergency operations to ensure responsibilities are clearly defined. Procedures should establish a process that requires facility personnel to be physically present during deliveries. Both facility personnel and drivers should verify (i.e., verbally and visually, through written checklists, and/or during equipment walk-downs) a correct connection before discharging chemicals. Management of both facilities and chemical distributors should provide effective initial and refresher training on the procedures periodically, or when equipment or chemicals are

modified. In addition, management should actively monitor procedures to ensure conformance.

7. Evaluate building design and ventilation systems for occupied structures near chemical unloading stations to ensure occupants are protected in the event of a spill or chemical reaction. Design considerations should include positive-pressure ventilation systems, makeup air-cleaning and filtration systems, sensors and alarms that automatically shut down HVAC systems in the event of a release, and the careful selection of intake locations to prevent chemicals from entering the supply. These systems should be checked regularly to ensure they are functioning properly.

8. For all occupied buildings near chemical unloading areas and bulk storage tanks, evaluate the accessibility of emergency respirators and escape bottles in the event of a toxic release. Avoid locking emergency respirator components in lockers, even between shifts, to ensure that workers can immediately access the equipment at all times. Conduct reviews of control rooms and emergency evacuation routes to determine the most accessible location of employee respirators near escape bottles and update emergency response and respiratory protection procedures and training accordingly.

9. Provide emergency escape respirators near chemical unloading areas for drivers and personnel in the event of a spill or unintended reaction and release during unloading operations.

For chemical distribution companies:

10. Ensure drivers are fully aware of the location and use of all CTMV emergency shutoff mechanisms.

11. Evaluate the need to train drivers to don appropriate PPE and respond to chemical spills or releases during unloading operations. Where mitigating incidents is feasible, chemical distributors should provide the appropriate PPE for doing so on CTMVs. Where mitigating incidents is not feasible, chemical distributors should ensure that drivers have access to, and are properly trained to wear, emergency escape respirators on CTMVs to safely evacuate in the event of an incident.

## 11.0 CONCLUSION

According to the National Association of Chemical Distributors (NACD), whose membership represents more than 85% of U.S. chemical distributors, in 2016, more than 39.9 million tons of product were delivered to customers every 8.4 seconds. The incident at MGPI highlights that, even though unloading operations are relatively simple, the consequences can greatly impact workers and surrounding communities due to the large amount of chemicals transferred during deliveries. Because chemical deliveries are so common at fixed facilities, the CSB urges facilities and chemical distributors to adopt the Key Lessons and Recommended Practices from this Case Study and work collaboratively to implement controls and practices that prevent or reduce the opportunity for inadvertent mixing incidents. Following the issuance of this Case Study, the CSB will work with the Chlorine Institute, NACD, and unions representing chemical facility and chemical transport workers to communicate the Key Lessons and Recommended Practices to their membership

## Παράθεση Μεταφράσματος

Περιπτωσιολογική Μελέτη

Αμερικανική Επιτροπή Χημικής Ασφάλειας και Έρευνας Επικινδυνότητας (CSB)

Βασικές συμβουλές για την πρόληψη της ακούσιας ανάμειξης κατά τη διάρκεια εργασιών χημικής εκφόρτωσης

Χημική αντίδραση και απελευθέρωση στην πόλη Άττισον, Κάνσας

MGPI Processing, Inc.

Ημερομηνία συμβάντος: 21 Οκτωβρίου 2016

Πάνω από 140 χρειάστηκαν ιατρική φροντίδα, 6 νοσηλεύτηκαν

Αρ. 2017-01-I-KS

Δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 2017

### ΒΑΣΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ:

- Σχεδιασμός εξοπλισμού μεταφοράς χημικών
- Αυτόματοι και απομακρυσμένοι διακόπτες έκτακτης διακοπής
- Σήμανση σωλήνων
- Χημικές διαδικασίες εκφόρτωσης
- Ανθρώπινοι παράγοντες
- Σχέδιο εκτάκτου ανάγκης

Η Αμερικανική Επιτροπή Χημικής Ασφάλειας και Έρευνας Επικινδυνότητας (CSB) είναι μια ανεξάρτητη ομοσπονδιακή υπηρεσία, η αποστολή της οποίας είναι να φέρει αλλαγές στην χημική ασφάλεια μέσω ανεξάρτητων ερευνών για την προστασία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος. Η CSB είναι ένας επιστημονικός οργανισμός διερεύνησης, δεν είναι ένας εκτελεστικός ή ρυθμιστικός φορέας. Η CSB συστάθηκε από τις τροπολογίες του νόμου το 1990 περί καθαρού αέρα, και είναι υπεύθυνη για τον προσδιορισμό των βαθύτερων και συνυπάρχουσων αιτιών ατυχημάτων, την έκδοση συστάσεων ασφαλείας, τη μελέτη ζητημάτων χημικής ασφάλειας και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας άλλων κυβερνητικών φορέων που εμπλέκονται στη χημική ασφάλεια.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την CSB είναι διαθέσιμες στο [www.csb.gov](http://www.csb.gov).

Η CSB δημοσιοποιεί τις ενέργειες και τις αποφάσεις της μέσω ερευνητικών δημοσιεύσεων, οι οποίες ενδεχομένως να περιλαμβάνουν συστάσεις ασφαλείας όταν ενδείκνυται.

Παραδείγματα των ειδών των δημοσιεύσεων περιλαμβάνουν:

Ερευνητικές Εκθέσεις της CSB: επίσημες αναλυτικές εκθέσεις για σημαντικά χημικά ατυχήματα που περιλαμβάνουν βασικά ευρήματα, βασικές αιτίες και συστάσεις ασφαλείας.

Ερευνητικές Επιτομές της CSB: απλές περιλήψεις των ερευνητικών εκθέσεων.

Περιπτωσιολογικές Μελέτες της CSB: εξετάζουν λιγότερα ζητήματα από μια πλήρη ερευνητική έκθεση, παρουσιάζουν ερευνητικές πληροφορίες από συγκεκριμένα ατυχήματα και περιλαμβάνουν προτάσεις σχετικών πρακτικών πρόληψης.

Ενημερωτικά Δελτία Ασφαλείας της CSB: σύντομες δημοσιεύσεις γενικού ενδιαφέροντος που παρέχουν νέες ή έγκαιρες πληροφορίες που αποσκοπούν στη διευκόλυνση της πρόληψης χημικών ατυχημάτων.

Έρευνες Επικινδυνότητας της CSB: ευρύτερες μελέτες σημαντικών χημικών κινδύνων.

Βίντεο ασφαλείας: υψηλής ποιότητας προϊόντα προβολής που υποστηρίζουν τον σκοπό του οργανισμού για την βελτίωσης της προστασίας των εργαζομένων και του περιβάλλοντος.

Μπορείτε να μεταφορτώσετε τις δημοσιεύσεις της CSB από την ιστοσελίδα [www.csb.gov](http://www.csb.gov) ή να τις λάβετε επικοινωνώντας με την παρακάτω διεύθυνση:

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

Office of Congressional, Public, and Board Affairs

1750 Pennsylvania Ave NW, Suite 910

Washington, DC 20006

(202) 261-7600

Κανένα μέρος των συμπερασμάτων, ευρημάτων ή συστάσεων της CSB σχετικά με οποιοδήποτε χημικό ατύχημα ή τη διερεύνησή του δεν μπορεί να γίνει δεκτό ως αποδεικτικό στοιχείο ή να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε προσφυγή ή αγωγή αποζημίωσης. Βλ. 42 USC § 7412 (r) (6) (G).

## ΓΛΩΣΣΑΡΙ

**Βάση:** μια ουσία ικανή να δέχεται ιόντα υδρογόνου από ένα δότη πρωτονίων (π.χ. υποχλωριώδες νάτριο). Ένα υδατικό διάλυμα βάσης ή αλκαλίου έχει pH μεγαλύτερο από 7. Μια βάση αντιδρά με ένα οξύ για να παράγει ένα άλας.

**Γραμμές πλήρωσης:** εγκαταστάσεις σωληνώσεων όπου συνδέονται εύκαμπτοι σωλήνες για την εκφόρτωση χημικών ουσιών από μηχανοκίνητα οχήματα δεξαμενής.

**Δελτίο Φορτωτικής:** ένα έγγραφο που εκδίδεται από έναν μεταφορέα και αναφέρει λεπτομερώς τον τύπο, την ποσότητα και τον προορισμό των εμπορευμάτων που μεταφέρονται.

**Δεξαμενή ημέρας:** μια δεξαμενή που περιέχει αρκετό χημικό απόθεμα για χρήση σε μία ημέρα ή σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι δεξαμενές ημέρας συνήθως επαναπληρώνονται καθημερινά ή όταν χρειάζεται, με τη μεταφορά χημικών ουσιών από μεγαλύτερες μαζικές δεξαμενές αποθήκευσης.

**Διαχωριστικοί δακτύλιοι:** μεταλλικοί δακτύλιοι με σχισμή γύρω από την περίμετρο που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση δύο αντικειμένων. Επίσης γνωστά ως δακτύλιοι κλειδιών.

**Εξοπλισμός μεταφοράς:** ένας γενικός όρος για τις γραμμές πλήρωσης, τις βαλβίδες και τις σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση και τη μεταφορά χημικών ουσιών από τα μηχανοκίνητα οχήματα δεξαμενής φορτίου σε δεξαμενές αποθήκευσης.

**Θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός:** συστήματα που παρέχουν κατάλληλη θερμοκρασία και ποιότητα αέρα στους εσωτερικούς χώρους.

**Καπάκι του ακροδέκτη σύνδεσης:** ένα μεταλλικό ή πλαστικό κάλυμμα που συνδέεται στο σημείο σύνδεσης της γραμμής πλήρωσης για να εμποδίσει θραύσματα και την πρόσβαση στη γραμμή πλήρωσης. Αυτά τα καλύμματα έχουν μοχλούς, που όταν βρίσκονται στην κλειστή θέση, εμποδίζουν την αφαίρεση του καλύμματος. Οι μοχλοί μπορούν να ασφαλιστούν στην κλειστή θέση για να αποφευχθεί η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

**Κτίριο Mod B:** το κτίριο εντός της περιοχής B, που περιέχει τις εσωτερικές χημικές διεργασίες, ένα αποδυτήριο, το εργαστήριο και την αίθουσα ελέγχου.

**Μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής:** ένα όχημα με μία ή περισσότερες δεξαμενές φορτίου, οι οποίες είναι μονίμως συνδεδεμένες ή αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του μηχανοκίνητου οχήματος<sup>1</sup>.

**Οδηγός:** ένας γενικός όρος για τους διανομείς χημικών προϊόντων που παραδίδουν χημικές ουσίες μέσω αυτοκινητοδρόμου.

**Οξύ:** μια ουσία ικανή να δώσει ένα ιόν υδρογόνου (π.χ. θειικό οξύ). Ένα διάλυμα οξέος και νερού έχει pH μικρότερο από 7.

---

<sup>1</sup> 49 C.F.R. § 171.8 (2017).

Περιοχή Mod B: το σημείο του συμβάντος στην MGPI. Περιλαμβάνει τον εξοπλισμό μεταφοράς, το κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης, την περιοχή επεξεργασίας και την αίθουσα ελέγχου.

Πλούμιο (ή θύσανος): η συνεχής απελευθέρωση ενός νέφους αερίου.

Σημείο σύνδεσης: το σημείο στο οποίο ένας εύκαμπτος σωλήνας (μάνικα) συνδέεται με μια γραμμή πλήρωσης.

Σωλήνας εκκένωσης: ο εύκαμπτος σωλήνας από το μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής που συνδέεται στη γραμμή πλήρωσης.

## ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AAR & IP: Μεταδραστικός Έλεγχος & Σχέδιο Βελτίωσης

ACDEM: Περιφερειακό Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Άττισον

AFD: Πυροσβεστική Υπηρεσία Άττισον

ANSI: Αμερικανικό Εθνικό Ίδρυμα Προτυποποίησης

API: Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου

ASHRAE: Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού

ATSDR: Οργανισμός Τοξικών Ουσιών και Μητρώα Νόσων

CCPS: Κέντρο Ασφάλειας Χημικών Διεργασιών

CEPR: Επιτροπή Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Έκτακτης Ανάγκης

CI: Ινστιτούτο Χλωρίου

CIA: Ένωση Χημικών Βιομηχανιών

Cl: χλώριο

CSB: Αμερικανική Επιτροπή Χημικής Ασφάλειας και Έρευνας Επικινδυνότητας

CTMV: μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής

DOT: Αμερικανικό Υπουργείο Μεταφορών

EMS: Ιατρικές Υπηρεσίες Έκτακτης Ανάγκης

EPA: Αμερικανικός Οργανισμός Προστασίας Περιβάλλοντος

EPCRA: Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης και Κοινότητα για το Δικαίωμα του Κοινού για Πληροφόρηση

ERPG: Κατευθυντήριες Γραμμές Σχεδιασμού Αντιμετώπισης Έκτακτης Ανάγκης

FMCSA: Αμερικανική Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Ασφάλειας Οδηγών

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : θειικό οξύ

hazmat: επικίνδυνα υλικά

HMEP: Προετοιμασία Έκτακτης Ανάγκης για Επικίνδυνα Υλικά

HMR: Κανονισμός για Επικίνδυνα Υλικά

HOCl: υποχλωριώδες οξύ

HVAC: θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός

KDEM: Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Κάνσας

KDHE: Υπουργείο Υγείας και Περιβάλλοντος του Κάνσας

LEPC: Τοπική Επιτροπή Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης

NACD: Εθνική Ένωση Χημικών Διανομέων

NaClO: υποχλωριώδες νάτριο

NEP: Εθνικό Πρόγραμμα Έμφασης

NIOSH: Εθνικό Ίδρυμα για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία

NPRM: Ανακοίνωση Προτεινόμενης Κανονιστικής Ρύθμισης

NRC: Εθνικό Κέντρο Ανταπόκρισης

NSSP: Εθνικό Πρόγραμμα Συνδρομικής Επιτήρησης

OSHA: Αμερικανική Διοίκηση για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία

pH: δυναμικό υδρογόνου

PHA: ανάλυση επικίνδυνων διεργασιών

PHMSA: Αμερικανική Υπηρεσία Διαχείρισης Αγωγών και Επικίνδυνων Υλικών

PO: Προπυλενοξείδιο/οξείδιο του προπυλενίου

PPE: εξοπλισμός ατομικής προστασίας

ppm: εκατομμυριοστά

PSM: Διαχείριση Ασφαλείας Χημικών Υψηλού Κινδύνου

RMP: Πρόγραμμα Διαχείρισης Κινδύνων

SDS: Δελτίο Δεδομένων Ασφαλείας

SERC: Κρατική Επιτροπή Ανταπόκρισης Έκτακτης Ανάγκης

SO<sub>2</sub> : διοξείδιο του θείου

VOC: πτητική οργανική ένωση

WWTP: Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.0 Εισαγωγή

2.0 Ιστορικό

3.0 Περιγραφή συμβάντος

4.0 Χημική Ανάλυση

[...]

9.0 Αλλαγές στην MGPI και Harcros μετά το συμβάν

10.0 Βασικές συμβουλές

11.0 Συμπέρασμα

## 1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτή η μελέτη εξετάζει την ακούσια ανάμειξη ασυμβίβαστων χημικών ουσιών στις εγκαταστάσεις της MGPI Processing, Inc. (MGPI) στις 21 Οκτωβρίου 2016, στην πόλη Άττισον του Κάνσας. Η ανάμειξη από δύο χημικές ουσίες, το θειικό οξύ και το υποχλωριώδες νάτριο (γνωστότερο στην λιγότερο συγκεντρωμένη μορφή του ως λευκαντικό), παρήγαγε ένα νέφος που περιείχε χλώριο και άλλες ενώσεις. Το νέφος επηρέασε εργαζόμενους στο χώρο και πολίτες στην γύρω κοινότητα. Το περιστατικό συνέβη κατά τη διάρκεια μιας συνήθους χημικής παράδοσης θειικού οξέος από ένα μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής (CTMV) της εταιρείας Harcros Chemicals (Harcros), στο κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης των εγκαταστάσεων της MGPI.

Το Περιφερειακό Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Άττισον (ACDEM) διέταξε χιλιάδες μέλη της κοινότητας να μείνουν στα σπίτια τους και άλλα μέλη της κοινότητας να εκκενώσουν ορισμένες περιοχές. Περισσότερα από 140 άτομα, συμπεριλαμβανομένων και μελών του κοινού, οι υπάλληλοι της MGPI και ένας υπάλληλος της Harcros χρειάστηκαν ιατρική φροντίδα. Ένας υπάλληλος της MGPI και πέντε μέλη του κοινού νοσηλεύτηκαν, ως αποτέλεσμα της έκθεσης στο νέφος που παρήγαγε η αντίδραση.

Ενώ δύο συγκεκριμένες ουσίες εμπλέκονται σε αυτό το περιστατικό, η τυχαία ανάμειξη πολλών οξέων και βάσεων ή άλλων ασυμβίβαστων χημικών ουσιών κατά τις εργασίες εκφόρτωσης και άλλες δραστηριότητες μπορεί να οδηγήσει σε δυνητικά επικίνδυνες αντιδράσεις. Οι εργασίες χημικής εκφόρτωσης από μηχανοκίνητα οχήματα δεξαμενής μπορεί να θεωρηθούν απλές σε σύγκριση με άλλες διεργασίες σε σταθερές εγκαταστάσεις, αλλά επειδή αυτές οι εργασίες μπορεί να περιλαμβάνουν εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες χημικών, οι συνέπειες ενός συμβάντος μπορεί να είναι σοβαρές<sup>2</sup>. Σύμφωνα με την Εθνική Ένωση Χημικών Διανομέων (NACD), περισσότεροι από 39,9 εκατομμύρια τόνοι προϊόντος παραδίδονταν στους πελάτες κάθε 8,4 δευτερόλεπτα το 2016.

---

<sup>2</sup> Center for Chemical Process Safety. *Unloading and Loading Hazardous Materials Process Safety Beacon* [Online], Σεπτέμβριος 2015 <https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20150920.pdf> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

Ως εκ τούτου, η διοίκηση των εγκαταστάσεων πρέπει να δώσει ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του εξοπλισμού μεταφοράς χημικών, εφαρμόζοντας την ιεραρχία των ελέγχων και εξετάζοντας τους ανθρώπινους παράγοντες για να μειωθεί η πιθανότητα για ακούσια ανάμειξη και να μετριαστούν οι συνέπειες σε περίπτωση εμφάνισης ενός συμβάντος. Επιπλέον, σε περιπτώσεις όπου οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων δεξαμενών συμμετέχουν άμεσα στην εκφόρτωση χημικών ουσιών, πρέπει να υπάρχει κοινή ευθύνη μεταξύ της εταιρείας διανομής χημικών και της διοίκησης των εγκαταστάσεων για τη διασφάλιση της ασφαλούς εκφόρτωσης των χημικών ουσιών.

Αυτή η περιπτωσιολογική μελέτη εξετάζει τους παράγοντες που συνέβαλαν στο περιστατικό στις εγκαταστάσεις της MGPI και περιέχει βασικές συμβουλές για την πρόληψη παρόμοιων περιστατικών σε εγκαταστάσεις που λαμβάνουν χημικά και τις εταιρείες που τις παραδίδουν.

## 2.0 Ιστορικό

### 2.1 MGPI PROCESSING, INC.

Οι εγκαταστάσεις της MGPI βρίσκονται κοντά σε ένα κυρίως αστικό τμήμα της πόλης Άττισον του Κάνσας, περίπου 50 μίλια βορειοδυτικά του Κάνσας Σίτι, Μιζούρι. Η εταιρεία, που ιδρύθηκε αρχικά ως μικρό αποστακτήριο το 1941, είναι μια λειτουργική θυγατρική της MGP Ingredients, Inc.

Η MGPI διαθέτει δύο λειτουργικά τμήματα στο εργοστάσιο του Άττισον: αποσταγμένα προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων edώδιμης αλκοόλης, ζωοτροφής από κατάλοιπα απόσταξης, καύσιμης αλκοόλης και καλαμποκέλαιου· και συστατικά, τα οποία αποτελούνται από εξειδικευμένο και εμπορεύσιμο άμυλο σίτου και πρωτεΐνες για edώδιμη και μη edώδιμη χρήση. Οι εγκαταστάσεις στο Άττισον περιλαμβάνουν επεξεργασία σιτηρών, διεργασίες απόσταξης, αποθήκευση, εργαστήρια και κτίρια γραφείων και απασχολούν 140 άτομα, εκ των οποίων τα 100 εκπροσωπούνται από την Ένωση Τροφίμων και Εργαζομένων της Τοπικής 74D (United Food and Commercial Workers Union Local 74D).

### 2.2 HARCROS CHEMICALS

Η Harcros κατασκευάζει και διανέμει βιομηχανικές και εξειδικευμένες χημικές ουσίες και μίγματα σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών πελατών στις Ηνωμένες Πολιτείες, κυρίως στα νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά. Με έδρα το Κάνσας Σίτι, Κάνσας, η Harcros λειτουργεί δύο εγκαταστάσεις χημικής βιομηχανικής παραγωγής και 29 δίκτυα διανομής. Η Harcros διευθύνει περίπου 50 μηχανοκίνητα οχήματα δεξαμενής επικίνδυνων υλικών για χημικές παραδόσεις<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Federal Motor Carrier Safety Administration. *Safety Measurement Profile for Harcros Chemicals Inc.* <https://ai.fmcsa.dot.gov/SMS/Carrier/980774/CompleteProfile.aspx> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017)

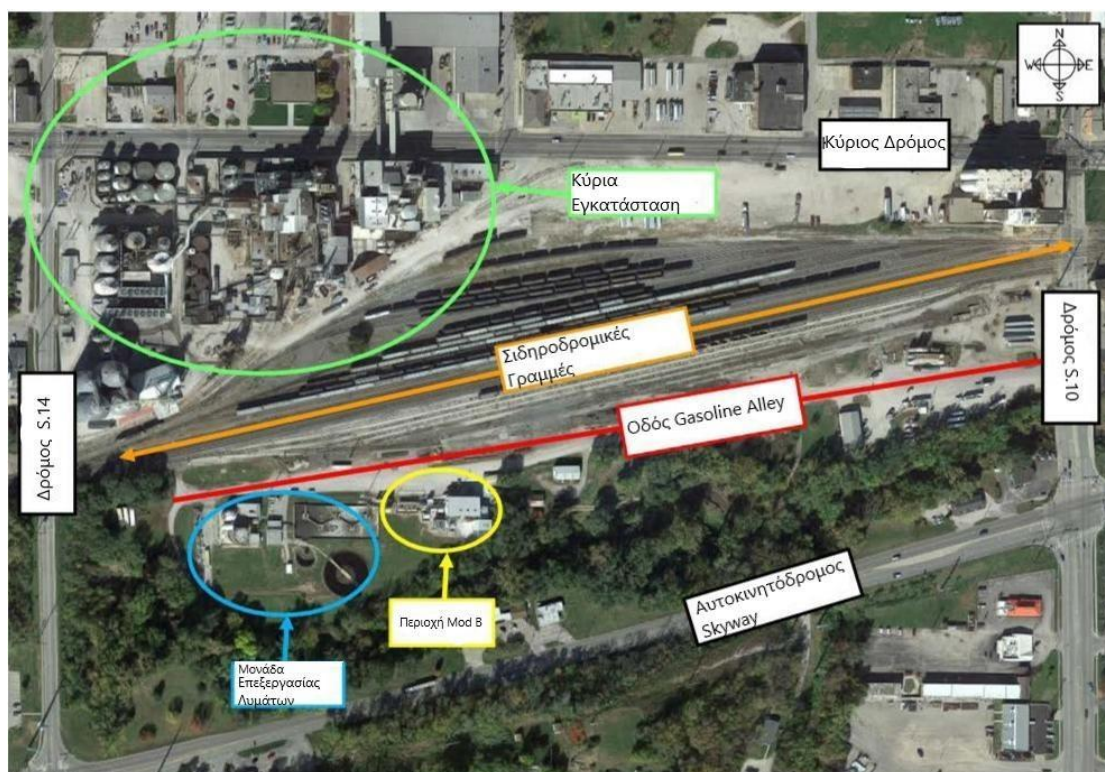


**Εικόνα 1: Περιοχή Mod B στις εγκαταστάσεις της MGPI στο Άτσισον, Κάνσας (Πηγή: MGPI)**

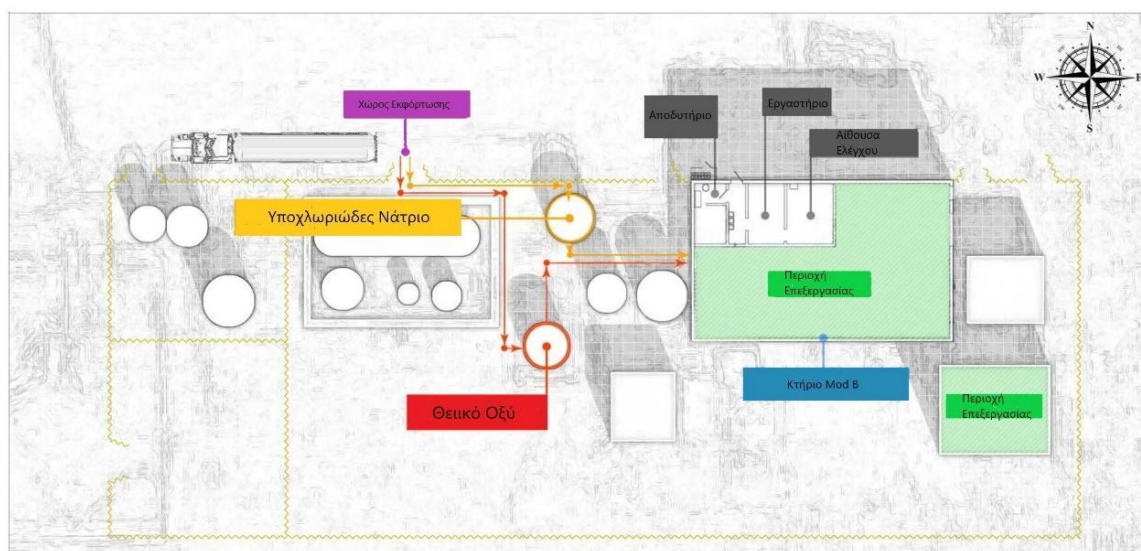
Το 2016, η Harcros προμήθευσε θειικό οξύ, υδροξείδιο του νατρίου και οξείδιο του προπυλενίου στην περιοχή επεξεργασίας της MGPI όπου συνέβη το περιστατικό.

### 2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Το περιστατικό του Οκτωβρίου 2016 συνέβη στην περιοχή Mod B της MGPI, όπου κατασκευάζονται εξειδικευμένα άμυλα σίτου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πελάτη (Εικόνα 1). Στην περιοχή Mod B χρησιμοποιούνται διαφορετικά χημικά για να δημιουργηθούν τα διάφορα επιθυμητά χαρακτηριστικά των εξειδικευμένων και εμπορεύσιμων αμύλων σίτου, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης θειικού οξέος για την τροποποίηση του αμύλου μέσω της ρύθμισης του pH και της χρήσης υποχλωριώδους νατρίου για την οξείδωση του αμύλου. Η περιοχή Mod B, η οποία χωρίζεται από την κύρια εγκατάσταση με σιδηροδρομικές γραμμές, βρίσκεται σε μία οδό πρόσβασης που ονομάζεται Gasoline Alley και είναι δίπλα στην Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων της MGPI (WWTP)(Εικόνα 2).



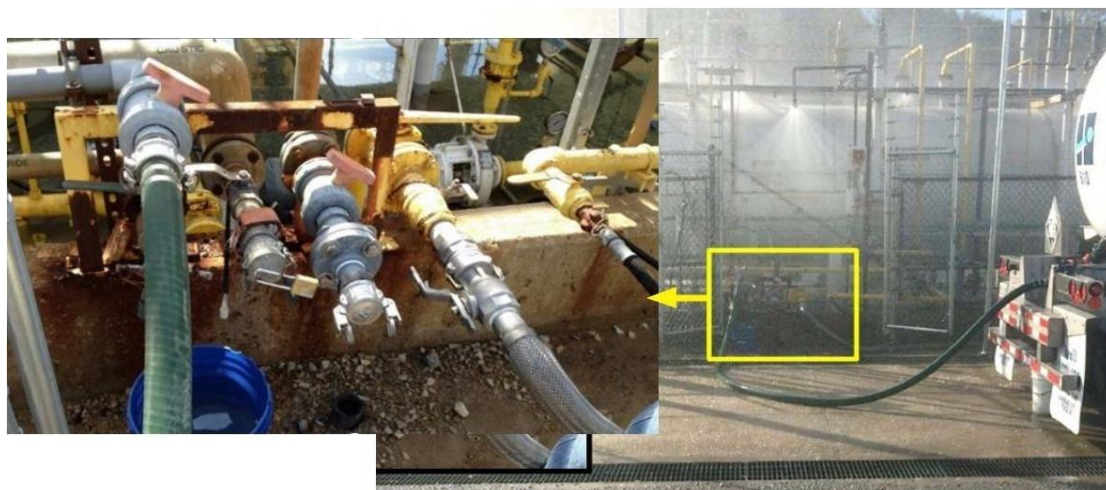
Εικόνα 2: Οι εγκαταστάσεις της MGPI και η γύρω περιοχή (Πηγή : Google)



Εικόνα 3: Μονάδα χημικής εκφόρτωσης περιοχής Mod B και κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης (αριστερά) και κτίριο Mod B (δεξιά) (Πηγή:CSB)

Η περιοχή Mod B περιλαμβάνει το κτίριο Mod B και ένα παρακείμενο υπαίθριο κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης (Εικόνα 3). Το κτίριο Mod B περιλαμβάνει μια εσωτερική περιοχή επεξεργασίας όπου οι χημικές ουσίες συνδυάζονται για να κατασκευαστούν προϊόντα. Το κτίριο Mod B περιλαμβάνει επίσης ένα αποδυτήριο, ένα εργαστήριο και την αίθουσα ελέγχου, όπου οι χειριστές εκτελούν το μεγαλύτερο μέρος των καθηκόντων τους, τα οποία περιλαμβάνουν την παρακολούθηση των συνθηκών επεξεργασίας.

Στην περίμετρο του κέντρου δεξαμενών αποθήκευσης είναι ο χώρος εκφόρτωσης, μέσω του οποίου τα μηχανοκίνητα οχήματα δεξαμενής από διάφορες εταιρείες παραδίδουν μεγάλες ποσότητες πέντε χημικών: υποχλωριώδες νάτριο<sup>4</sup>, θειικό οξύ, οξείδιο του προπυλενίου, υδροξείδιο του νατρίου και οξικό ανυδρίτη<sup>5</sup>. Οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων δεξαμενών μεταφέρουν χημικά συνδέοντας τους σωλήνες εκκένωσης από τις δεξαμενές φορτίου στις γραμμές πλήρωσης. Από εκεί, οι χημικές ουσίες ρέουν μέσω σωληνώσεων σε διάφορες μαζικές δεξαμενές αποθήκευσης καταλήγοντας στο κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης (Εικόνα 4). Οι χειριστές μεταφέρουν στη συνέχεια μικρότερες ποσότητες των χημικών ουσιών, σύμφωνα με τις ανάγκες, σε δεξαμενές ημέρας και/ ή επεξεργάζονται δοχεία για παραγωγή εντός του κτιρίου Mod B.



Εικόνα 4: Χημικές εργασίες εκφόρτωσης τη στιγμή του συμβάντος (Πηγή:MGPI)<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Το υποχλωριώδες νάτριο αναφέρεται επίσης ως "καυστικό" σε αυτή την Περιπτώσιολογική Μελέτη.

<sup>5</sup> Το Πρότυπο Διαχείρισης Ασφαλείας Εξαιρετικά Επικίνδυνων Χημικών Προϊόντων της Διοίκησης για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία των ΗΠΑ (29 CFR § 1910.119) εφαρμόζεται σε δύο χημικές ουσίες που αποθηκεύονται πάνω από τις οριακές ποσότητες στην περιοχή Mod B: οξείδιο του προπυλενίου (εύφλεκτο υγρό που παραλαμβάνεται στον χώρο εκφόρτωσης) και οξυχλωριούχος φωσφόρος (δεν παραλαμβάνεται στον χώρο εκφόρτωσης). Οι δύο χημικές ουσίες που εμπλέκονται σε αυτό το συμβάν δεν καλύπτονται από το Πρότυπο.

<sup>6</sup> Η MGPI τράβηξε αυτή τη φωτογραφία του μηχανοκίνητου οχήματος δεξαμενής της Harcros, που είναι συνδεδεμένο στη γραμμή πλήρωσης λίγο μετά το περιστατικό. Τα συστήματα κατακλυσμού ήταν ενεργοποιημένα εκείνη τη στιγμή για να μετριάσουν την απελευθέρωση.

Μεταξύ των χημικών ουσιών που παραδίδονται στο κτίριο Mod B είναι και το υποχλωριώδες νάτριο 12,5%, μια πιο συγκεντρωμένη εκδοχή της χλωρίνης. Η MGPI παραλαμβάνει υποχλωριώδες νάτριο στον χώρο της χημικής εκφόρτωσης, από όπου μεταφέρεται με σωληνώσεις σε μία εξωτερική δεξαμενή αποθήκευσης, χωρητικότητας 6.500 γαλονιών, και αποθηκεύεται σε ατμοσφαιρική πίεση. Έπειτα οι χειριστές μεταφέρουν το υποχλωριώδες νάτριο με σωληνώσεις σε μια μικρότερη δεξαμενή ημέρας στο κτίριο Mod B. Από εκεί, μεταφέρεται σε ένα δοχείο επεξεργασίας σύμφωνα με τις ανάγκες. Άλλη μία χημική ουσία που παραδίδεται στην περιοχή Mod B είναι το θειικό οξύ. Η MGPI παραλαμβάνει 30% θειικό οξύ στην περιοχή χημικής εκφόρτωσης σε μία εξωτερική δεξαμενή ημέρας 8,500 γαλονιών. Οι χειριστές μεταφέρουν το θειικό οξύ από τη δεξαμενή ημέρας απευθείας στην επεξεργασία.

### 2.3.1. ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΠΡΙΝ ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ

Για να αποκτήσουν πρόσβαση στις γραμμές πλήρωσης για μια παράδοση χημικών ουσιών, οι χειριστές ξεκλειδώνουν πρώτα μια πύλη συρματοπλέγματος που περικλείει το κέντρο δεξαμενών αποθήκευσης και πέντε γραμμές πλήρωσης που έχουν καθοριστεί για κάθε χημική ουσία (Εικόνα 4). Στη συνέχεια, οι χειριστές ξεκλειδώνουν το λουκέτο στο καπάκι του ακροδέκτη σύνδεσης που ασφαρίζει την γραμμή πλήρωσης, έτσι ώστε να παραδοθεί η χημική ουσία. Τα καπάκια του ακροδέκτη σύνδεσης εμποδίζουν την πρόσβαση στις γραμμές πλήρωσης, καλύπτοντας την άκρη τους όταν δεν χρησιμοποιούνται. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5, τα καπάκια του ακροδέκτη σύνδεσης ασφαρίζονται με δύο μοχλούς, οι οποίοι κλειδώνονται με ένα λουκέτο και δύο διαχωριστικούς δακτυλίους. Οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων δεξαμενής βασίζονται στους χειριστές για να ξεκλειδώνουν και να αναγνωρίζουν τη γραμμή πλήρωσης που έχει οριστεί για την χημική ουσία που μεταφέρουν. Οι χειριστές, έπειτα, δείχνουν στους οδηγούς την κατάλληλη γραμμή πλήρωσης. Όταν ο εξοπλισμός ξεκλειδωθεί, οι χειριστές επιστρέφουν στην αίθουσα ελέγχου. Στη συνέχεια, οι οδηγοί αφαιρούν το προστατευτικό κάλυμμα και συνδέουν τους σωλήνες χημικής εκκένωσης από τη δεξαμενή φορτίου στη γραμμή πλήρωσης. Μετά την ολοκλήρωση της παράδοσης, οι οδηγοί τοποθετούν το προστατευτικό κάλυμμα στη γραμμή πλήρωσης και το επανασφραγίζουν κλειδώνοντας το λουκέτο. Αυτή ήταν, και εξακολουθεί να είναι, η πρακτική της MGPI για να ξεκλειδώνονται τα καπάκια του ακροδέκτη σύνδεσης της γραμμής πλήρωσης μόνο για την παράδοση.



Εικόνα 5: Ένα κλειδωμένο καπάκι ακροδέκτη σύνδεσης σε μια γραμμή πλήρωσης στην περιοχή Mod B (Πηγή:CSB)

### 3.0 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ

#### 3.1 ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ

Στις 21 Οκτωβρίου 2016, περίπου στις 7:35 π.μ., ένα μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής της Harcros έφτασε στις εγκαταστάσεις της MGPI στο Άττισον για να ολοκληρώσει μια προγραμματισμένη παράδοση θεικού οξέος 30%. Κατά την άφιξη, ο υπάλληλος της Harcros (οδηγός)<sup>7</sup> βγήκε από την καμπίνα και άρχισε να συμπιέζει τη δεξαμενή φορτίου για την εκφόρτωση. Στις περίπου 7:42 π.μ., ο οδηγός πήγε τα δελτία φορτωτικής στο κτίριο Mod B, όπου ο χειριστής της νυχτερινής βάρδιας της MGPI έλεγξε και υπέγραψε τα έγγραφα

---

<sup>7</sup> Ο οδηγός της Harcros είναι ένας από τους πολλαπλούς οδηγούς της Harcros που πραγματοποίησαν παραδόσεις θεικού οξέος στην περιοχή Mod B το 2016. Η Harcros είχε πραγματοποιήσει πολλές παραδόσεις θεικού οξέος το προηγούμενο έτος, εκ των οποίων ο οδηγός πραγματοποίησε έξι. Κανένας οδηγός της Harcros δεν συμμετείχε σε καμία παράδοση υποχλωριώδους νατρίου, καθώς αυτή η χημική ουσία παραδόθηκε από άλλη εταιρεία διανομής χημικών ουσιών.

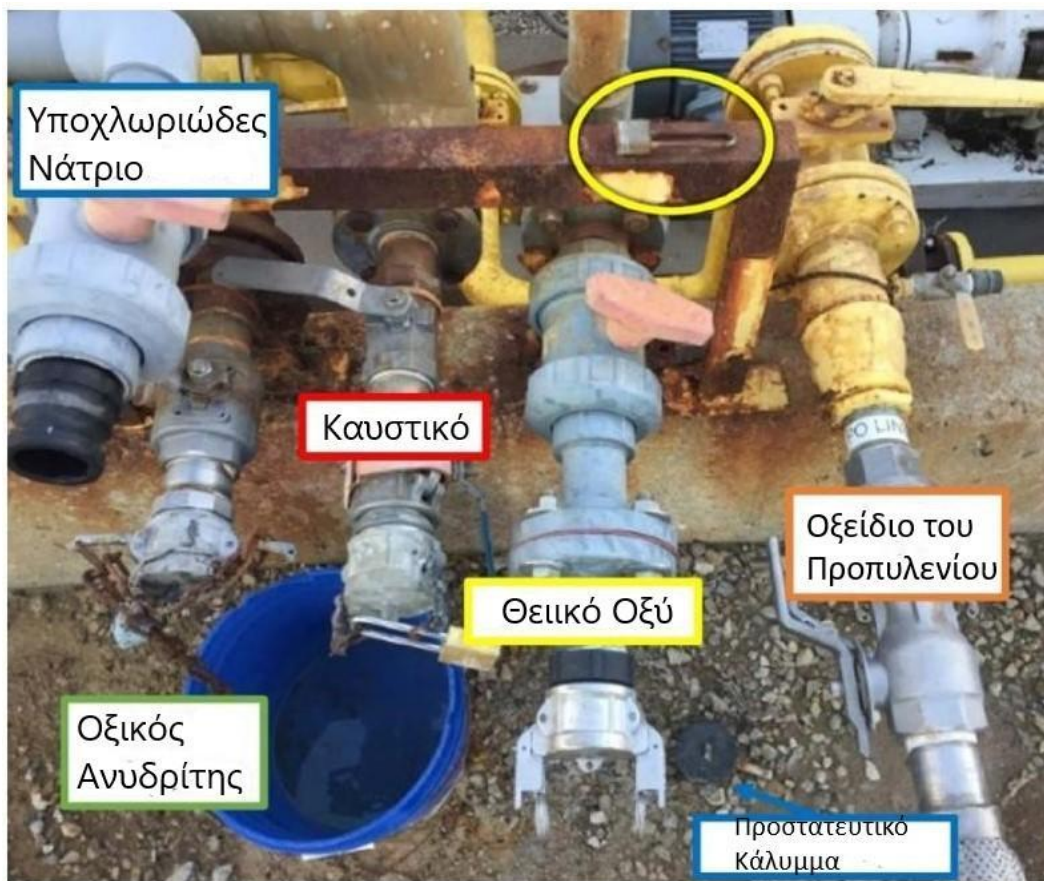
για την αποδοχή της παράδοσης. Επειδή ο οδηγός έφτασε στην MGPI στις 7:35 π.μ., πριν από την έναρξη της πρωινής βάρδιας, ο χειριστής της νυχτερινής βάρδιας δέχτηκε την παράδοση.

Στις 7:44 π.μ. ο χειριστής συνόδευσε τον οδηγό από το κτίριο Mod B στον χώρο της χημικής εκφόρτωσης. Όταν έφτασαν στο πίσω μέρος του μηχανοκίνητου οχήματος δεξαμενής, ο οδηγός έβαλε τα έγγραφα στο πίσω μέρος της δεξαμενής φορτίου και κατέβηκε από την πλευρά του συνοδηγού για να φορέσει τον εξοπλισμό ατομικής προστασίας (PPE)<sup>8</sup>. Στο χρονικό αυτό διάστημα, ο χειριστής ξεκλείδωσε την πύλη μπροστά από τον εξοπλισμό μεταφοράς και αφαίρεσε το λουκέτο από το καπάκι του ακροδέκτη σύνδεσης για τη γραμμή πλήρωσης θεικού οξέος. Ο χειριστής τοποθέτησε το λουκέτο από τη γραμμή πλήρωσης του θεικού οξέος στη σιδηρογωνία πάνω από τη γραμμή πλήρωσης (Εικόνα 6). Ο οδηγός αφαίρεσε τη σφράγιση<sup>9</sup> από το πίσω μέρος της δεξαμενής φορτίου, την παρέδωσε στον χειριστή και στη συνέχεια ανέσυρε τον εύκαμπτο σωλήνα από το μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής για να ξεκινήσει τις συνδέσεις. Ο χειριστής αναφέρει ότι επεσήμανε στον οδηγό τη θέση της γραμμής πλήρωσης του θεικού οξέος και ότι ο οδηγός αναγνώρισε την τοποθεσία.

---

<sup>8</sup> Ο οδηγός φόρεσε ένα πανωφόρι ανθεκτικό στις χημικές ουσίες, γάντια από καουτσούκ, ένα προστατευτικό κράνος με προσωπίδα και γυαλιά ασφαλείας.

<sup>9</sup> Οι σφραγίσεις τοποθετούνται στις βαλβίδες των ρυμουλκούμενων οχημάτων και στα καπάκια των δεξαμενών φορτίου για να αποφευχθεί η παραποίηση του περιεχομένου και έτσι ώστε οι παραλήπτες να βεβαιώνονται ότι το περιεχόμενο του ρυμουλκούμενου ταιριάζει με αυτό που αναγράφεται στη φορτωτική και σε άλλα έγγραφα. Οι σφραγίσεις έχουν σχεδιαστεί να σπάνε, ώστε να μην μπορούν να αφαιρεθούν και να τοποθετηθούν ξανά σε μια δεξαμενή φορτίου. Οι αριθμοί πάνω στις σφραγίσεις πρέπει κανονικά να αντιστοιχούν με τους αριθμούς των εγγράφων που συντάχθηκαν από τον αποστολέα.



Εικόνα 6: Η κατάσταση στην οποία βρέθηκε η περιοχή σύνδεσης μετά το συμβάν. Το λουκέτο της γραμμής πλήρωσης του θειικού οξέος (σε κύκλο) τοποθετημένο στη σιδηρογωνία. Το προστατευτικό κάλυμμα του υποχλωριώδους νατρίου στο έδαφος ανάμεσα στις γραμμές πλήρωσης (CSB)

Ο οδηγός, ωστόσο, αναφέρει ότι ο χειριστής δεν του επεσήμανε τη γραμμή πλήρωσης. Στη συνέχεια ο χειριστής επέστρεψε στο κτίριο Mod B, περίπου στις 7:47 π.μ., πριν δει τον οδηγό να συνδέει τον σωλήνα εκκένωσης στη γραμμή πλήρωσης. Ο οδηγός αφαίρεσε το προστατευτικό κάλυμμα από την πρώτη ξεκλείδωτη γραμμή πλήρωσης που είδε στην εγκατάσταση, η οποία υπέθεσε ότι ήταν η γραμμή πλήρωσης του θειικού οξέος. Ο οδηγός συνέδεσε τον εύκαμπτο σωλήνα στη γραμμή πλήρωσης κι έπειτα στο φορτηγό. Ο οδηγός έλεγξε την πίεση του αέρα στη δεξαμενή φορτίου<sup>10</sup>, έλεγξε για διαρροές και αφού δεν βρήκε καμία, άνοιξε τη βαλβίδα της εγκατάστασης και έπειτα τη βαλβίδα στη δεξαμενή φορτίου για να ξεκινήσει η εκκένωση του θειικού οξέος.

<sup>10</sup> Οι οδηγοί ελέγχουν την πίεση του αέρα χρησιμοποιώντας το μανόμετρο και τον ρυθμιστή πίεσης. Η ποσότητα πίεσης που εφαρμόζεται εξαρτάται από πολλές μεταβλητές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για κάθε φορτίο, όπως το ιξώδες και άλλες φυσικές ιδιότητες του προϊόντος, η θερμοκρασία και η υγρασία, οι παράμετροι του εξοπλισμού, το μήκος του σωλήνα μεταξύ του φορτηγού και της δεξαμενής και η παροχή αέρα στην τοποθεσία του πελάτη.

Ο οδηγός επέστρεψε στην καμπίνα του, έλεγξε την πίεση του αέρα στη διαδρομή, ανέβηκε στο εσωτερικό και καταχώρησε τα έγγραφα. Στο χρονικό αυτό διάστημα, ο χειριστής της πρωινής βάρδιας της MGPI και ένας εκπαιδευόμενος βρίσκονταν στο κτίριο Mod B συζητώντας την κατάσταση λειτουργίας των εγκαταστάσεων με το χειριστή της νυχτερινής βάρδιας.

Λίγο πριν τις 8:00 π.μ. ένα κιτρινοπράσινο αέριο άρχισε να αναδύεται από τη δεξαμενή αποθήκευσης του υποχλωριώδους νατρίου, σχηματίζοντας ένα νέφος. Το νέφος μεγάλωσε, καλύπτοντας το φορτηγό της Hargros και το κτίριο Mod B, και στη συνέχεια κινήθηκε εκτός του χώρου σε βορειοανατολική κατεύθυνση.

Οι τρεις χειριστές στο εσωτερικό της αίθουσας ελέγχου στην περιοχή Mod B κατά τη στιγμή της απελευθέρωσης, αντιλήφθηκαν γρήγορα την αντίδραση από την περιέργη οσμή του αερίου που εισήλθε στο κτίριο. Αμέσως προσπάθησαν να αποκτήσουν πρόσβαση στις αντιασφυξιογόνες μάσκες για διαφυγή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αλλά δεν μπόρεσαν να το κάνουν επειδή οι μάσκες δεν ήταν αποθηκευμένες σε εύκολα προσβάσιμη θέση ή είχαν μετακινηθεί<sup>11</sup>. Ως αποτέλεσμα και οι τρεις χειριστές αναγκάστηκαν να εκκενώσουν το κτίριο χωρίς αναπνευστική προστασία. Μετά την έξοδο, οι χειριστές έτρεξαν βορειοανατολικά (Εικόνα 2) μέσα από το νέφος, μέχρι να φτάσουν στον καθαρό αέρα κοντά στις σιδηροδρομικές γραμμές. Στις σιδηροδρομικές γραμμές, ένας από τους χειριστές χρησιμοποίησε τον ασύρματο για να ειδοποιήσει τους υπαλλήλους της MGPI για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Μετά από αυτόν τον συναγερμό, ένας άλλος υπάλληλος της εταιρείας ειδοποίησε την άμεσο δράση στις 7:59 π.μ.

Ο οδηγός, ο οποίος βρισκόταν στην καμπίνα του φορτηγού, παρατήρησε για πρώτη φορά το νέφος αερίου από τον εσωτερικό του καθρέφτη. Προσπάθησε να φτάσει την περιοχή σύνδεσης στο πίσω μέρος του φορτηγού, κατεβαίνοντας από την πλευρά του οδηγού, αλλά τον κατέβαλε το αέριο. Ο οδηγός ξαναμπήκε μέσα και προσπάθησε να κάνει το ίδιο από την πλευρά του συνοδηγού, αλλά και πάλι τον κατέβαλε το αέριο. Εκείνη τη στιγμή, ο διευθυντής της παρακείμενης μονάδας επεξεργασίας λυμάτων είδε την απελευθέρωση αερίου και φώναξε στον οδηγό να τρέξει προς το μέρος του. Ο διευθυντής κατεύθυνε τον οδηγό στο εσωτερικό της εγκατάστασης, του έδωσε νερό και ενημέρωσε μέσω του ασυρμάτου τους υπαλλήλους του MGPI ότι ο οδηγός ήταν μέσα και μακριά από το νέφος. Ο διευθυντής ειδοποίησε επίσης τη διοίκηση της MGPI για την απελευθέρωση μέσω τηλεφώνου και ασυρμάτου.

---

<sup>11</sup> Οι χειριστές της νυχτερινής και της πρωινής βάρδιας προσπάθησαν να ανακτήσουν τις αντιασφυξιογόνες μάσκες από τα ερμάρια τους, αλλά δεν μπόρεσαν να το κάνουν. Οι αντιασφυξιογόνες μάσκες συνδέονται με φιάλες διαφυγής 5 λεπτών. Ο εκπαιδευόμενος δεν διέθετε ερμάριο, επειδή η MGPI δεν κατανέμει ερμάρια στους εκπαιδευόμενους. Ο εκπαιδευόμενος κρατούσε κανονικά την αντιασφυξιογόνο μάσκα του σε έναν πάγκο στην αίθουσα ελέγχου. Ωστόσο, η προηγούμενη βάρδια την είχε μετακινήσει επειδή χρειάζονταν χώρο στον πάγκο (ενότητα 5.4).

Παρόλο που το προστατευτικό κάλυμμα του θεικού οξέος ξεκλειδώθηκε αμέσως πριν από την εκφόρτωση, η CSB διαπίστωσε ότι η γραμμή πλήρωσης του υποχλωριώδους νατρίου ήταν επίσης προσβάσιμη στον οδηγό (Εικόνα 7). Ο οδηγός συνέδεσε τον σωλήνα εκκένωσης του θεικού οξέος με τη μη ασφαλισμένη γραμμή πλήρωσης για τη δεξαμενή αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου, το οποίο οδήγησε στην ακούσια ανάμιξη περίπου 4000 γαλονιών θεικού οξέος και 5.850 γαλονιών υποχλωριώδους νατρίου. Αυτή η ανάμιξη ασυμβίβαστων υλικών είχε ως αποτέλεσμα μια αντίδραση που προήγαγε την απελευθέρωση ενός νέφους που περιείχε αέριο χλώριο και άλλες ενώσεις (Ενότητα 4.0).



Εικόνα 7: Ένας διαχωριστικός δακτύλιος λείπει από το προστατευτικό κάλυμμα του υποχλωριώδους νατρίου. Ο διαχωριστικός δακτύλιος που λείπει εμπόδισε το κλείδωμα του καλύμματος με το λουκέτο (Πηγή:CSB)

### 3.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

Η πυροσβεστική υπηρεσία του Άττισον ειδοποιήθηκε για τη χημική απελευθέρωση στις 8:02 π.μ. και οι μονάδες έφτασαν στο σημείο στις 8:05 π.μ. Το νέφος (ή το πλούμιο) εκτιμήθηκε ότι θα επεκτεινόταν σε ύψος μερικών εκατοντάδων ποδιών και θα κινούνταν αργά στο έδαφος προς τα βόρεια-βορειοανατολικά. Λόγω της ώρας της ημέρας, υπήρχε μεγάλη κυκλοφορία στην κοντινή γύρω περιοχή του εργοστασίου και η πυροσβεστική υπηρεσία έκλεισε τις κοντινές διασταυρώσεις για να περιορίσει και να ανακατευθύνει τους οδηγούς για να μην εισέλθουν στο νέφος. Μέχρι τις 8:10 π.μ., οι χειριστές του κτιρίου Mod B βρίσκονταν στο δρόμο για το νοσοκομείο και περίπου την ίδια ώρα, η MGPI πληροφόρησε τους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης ότι ένα νέφος "που μοιάζει με χλώριο" πιθανότατα προκλήθηκε από μια αντίδραση όταν το θειικό οξύ και το υποχλωριώδες νάτριο αναμίχθηκαν ακούσια. Περίπου την ίδια ώρα, το Περιφερειακό Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Άττισον ενημέρωσε 11.000 πολίτες να μείνουν στα σπίτια τους<sup>12</sup>. Η MGPI συνεργάστηκε με την πυροσβεστική για την ανάπτυξη ενός σχεδίου που θα μετρίαζε την απελευθέρωση. Λίγα λεπτά αργότερα, το νέφος μετατοπίστηκε προς τα βορειοδυτικά, αναγκάζοντας τους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης να μεταφερθούν σε ασφαλέστερη τοποθεσία. Στις 8:43 π.μ., έφτασε ένα ρυμουλκούμενο επικίνδυνων υλικών με παραπάνω ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης και εξοπλισμό. Οι ανταποκριτές μπόρεσαν να κλείσουν με ασφάλεια τη βαλβίδα εκκένωσης στη δεξαμενή φορτίου και να σβήσουν τον κινητήρα του φορτηγού. Δημιούργησαν επίσης ένα ψεκασμό νερού και ενεργοποίησαν χειροκίνητα το σύστημα κατακλυσμού της περιοχής Mod B (σύστημα ψεκασμού) για την καταστολή του νέφους που δημιουργήθηκε από τη χημική αντίδραση.

Καθώς το νέφος μετατοπίστηκε στα δυτικά της περιοχής Mod B, άρχισε να μετακινείται προς τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, όπου βρισκόταν ο διευθυντής της εγκατάστασης, ο οδηγός και οι δύο πυροσβέστες που φρόντιζαν τον οδηγό. Όταν είδαν ότι το νέφος κατευθυνόταν προς την κατεύθυνσή τους, εκκένωσαν την περιοχή. Ένα όχημα των Ιατρικών Υπηρεσιών Έκτακτης Ανάγκης (EMS) μετέφερε τότε τον οδηγό στο νοσοκομείο για τη θεραπεία των συμπτωμάτων του από την έκθεση στο νέφος. Ταυτόχρονα, οι δύο πυροσβέστες χρειάστηκε να βοηθήσουν σε ένα ατύχημα με ένα αυτοκίνητο κοντά στο εργοστάσιο. Ενώ περιέθαλπαν τα θύματα του ατυχήματος, το νέφος μετατοπίστηκε λόγω του ανέμου και κατέβαλε τους δύο πυροσβέστες, οι οποίοι μεταφέρθηκαν στο νοσοκομείο.

Από ένα ελικόπτερο, η Περίπολος Αυτοκινητοδρόμου του Κάνσας παρακολουθούσε το μέγεθος και την κίνηση του νέφους καθ' όλη τη διάρκεια του πρωινού για να βοηθήσει τους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης.

---

<sup>12</sup> Το ACDEM χρησιμοποίησε την τηλεόραση, το ραδιόφωνο και τα κοινωνικά μέσα για να ειδοποιήσει την κοινότητα για την εντολή να μείνουν μέσα και για την εκκένωση.

Η αλλαγή του ανέμου ήταν πρόκληση για τους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης και, καθώς το νέφος άρχισε να κινείται προς τα βόρεια και δυτικά της πόλης, επιβράδυνε λόγω της χαμηλής ταχύτητας του ανέμου<sup>13</sup>. Το Περιφερειακό Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Άττισον εξέδωσε εντολή εκκένωσης για σχολεία και κατοίκους στον βορρά που δεν βρίσκονταν στην περιοχή που είχε εξαπλωθεί το νέφος. Λεωφορεία μετέφεραν με ασφάλεια 800 μαθητές μέσης και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προς την νότια πλευρά του Άττισον. Περίπου στις 10:30 π.μ., η Περίπολος Αυτοκινητοδρόμου του Κάνσας ανέφερε στους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης ότι το νέφος ήταν στα βόρεια και δυτικά προάστια της πόλης και διαλυόταν γρήγορα. Στις 11:00 π.μ., περίπου 3 ώρες μετά το συμβάν, το Περιφερειακό Τμήμα Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης του Άττισον μετέδωσε τη λήξη του συναγερμού και ήρε την εντολή για εκκένωση και την εντολή να μείνουν οι πολίτες στα σπίτια τους.

### 3.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

Λόγω της χημικής αντίδρασης και απελευθέρωσης, τέσσερις υπάλληλοι της MGPI, ο οδηγός της Hargros και πάνω από 140 μέλη της κοινότητας χρειάστηκαν ιατρική φροντίδα<sup>14</sup>. Από αυτούς, ένας υπάλληλος της MGPI εισήχθη στο νοσοκομείο αφού εκτέθηκε απευθείας στο τοξικό νέφος και πήρε εξιτήριο τρεις ημέρες αργότερα. Πέντε πολίτες εισήχθησαν στο νοσοκομείο, εκ των οποίων τέσσερις πήραν εξιτήριο εντός δύο ημερών και ένας πέντε ημέρες αργότερα. Λόγω της οξείας έκθεσης στο χλώριο, πολλοί που επισκέφθηκαν νοσοκομείο ή ιατρικό κέντρο ανέφεραν γενικά αναπνευστικά προβλήματα, όπως δύσπνοια, βήχα και ερεθισμό στο λαιμό. Από εκείνους που δεν εισήχθησαν σε νοσοκομείο, η πλειοψηφία επέστρεψε σπίτι μετά από εξέταση, ενώ λίγοι έφυγαν πριν από οποιαδήποτε εξέταση.

Το χλώριο είναι ένα κιτρινοπράσινο αέριο που μπορεί να ερεθίσει τα μάτια, το δέρμα και την αναπνευστική οδό<sup>15</sup>. Η έκταση των συμπτωμάτων ποικίλλει ανάλογα με τη συγκέντρωση, τη

---

<sup>13</sup> Ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός, στο St. Joseph, MO, ανέφερε ήρεμους ανέμους μέχρι τις 10:53 π.μ. στις 21 Οκτωβρίου 2016.

<sup>14</sup> Η CSB συγκέντρωσε πληροφορίες ασθενών από κοντινά νοσοκομεία και κλινικές για άτομα που ζήτησαν ιατρική φροντίδα ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης.

<sup>15</sup> Centers for Disease Control and Prevention. *Facts about Chlorine*. <https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

διαδρομή και τη διάρκεια της έκθεσης και ορισμένα συμπτώματα καθυστερούν να εμφανιστούν (Πίνακας 1)<sup>16</sup>. Οι πιο μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην υγεία από τις οξείες εκθέσεις συνδέονται συνήθως με επιπλοκές που αναπτύσσονται μετά την έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις<sup>17</sup>.

| Συγκέντρωση              | Πιθανά συμπτώματα <sup>18</sup>                                            |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1-3 ppm                  | Ήπιος ερεθισμός της μύτης                                                  |
| 5 ppm                    | Έρεθισμός των οφθαλμών                                                     |
| 5-15 ppm                 | Έρεθισμός του λαιμού                                                       |
| 30 ppm                   | Άμεσος πόνος στο στήθος, εμετός, αλλαγές στον ρυθμό της αναπνοής και βήχας |
| 40-60 ppm                | Θωρακικό άλγος και υγρό στους πνεύμονες (πνευμονικό οίδημα)                |
| 430 ppm για 30 λεπτά     | Θάνατος                                                                    |
| 1.000 ppm για λίγα λεπτά | Θάνατος                                                                    |

Εικόνα 8: Πιθανά συμπτώματα<sup>18</sup> της βραχυπρόθεσμης έκθεσης στο χλώριο, βάσει μελετών σε ζώα και ανθρώπους (Πηγή: ATSDR)

<sup>16</sup> Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τοξικών Ουσιών και Μητρώα Νόσων (ATSDR), οι συγκεντρώσεις που αναφέρονται παραπάνω είναι κατά προσέγγιση. Τα συμπτώματα εξαρτώνται επίσης από τη διάρκεια έκθεσης. Σε γενικές γραμμές, τα άτομα που υποφέρουν από αναπνευστικά προβλήματα, όπως αλλεργίες ή αλλεργική ρινίτιδα ή που είναι βαριοί καπνιστές τείνουν να έχουν πιο σοβαρές επιπτώσεις από υγιή άτομα ή μη καπνιστές. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chlorine. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf> (τελευταία πρόσβαση 27 Νοεμβρίου 2017).

<sup>17</sup> Centers for Disease Control and Prevention. *Facts about Chlorine*. <https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

<sup>18</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Toxicological Profile for Chlorine*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

## 4.0 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η Αμερικανική Επιτροπή Χημικής Ασφάλειας και Έρευνας Επικινδυνότητας (CSB) διεξήγαγε μια χημική ανάλυση για να χαρακτηρίσει το περιεχόμενο των δεξαμενών και του φορτηγού που εμπλέκονται στο συμβάν<sup>19</sup>. Οι ερευνητές συνέλεξαν δείγματα από τη δεξαμενή αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου, όπου σημειώθηκε η ανάμιξη υποχλωριώδους νατρίου και θειικού οξέος, από τη δεξαμενή ημέρας υποχλωριώδους νατρίου και από το υπολειπόμενο υγρό στο μηχανοκίνητο όχημα δεξαμενής μετά το συμβάν. Οι εργαστηριακές δοκιμές επιβεβαίωσαν ότι εμπλέκεται ένα διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου και θειικό οξύ 30%, σύμφωνα με τα αναμενόμενα περιεχόμενα της δεξαμενής αποθήκευσης και του φορτηγού<sup>20</sup>. Η ανάλυση των δειγμάτων δεν αποκάλυψε στοιχεία άλλα από αυτά που απαντώνται σε υποχλωριώδες νάτριο και θειικό οξύ.

Το υποχλωριώδες νάτριο ( $\text{NaClO}$ ) που χρησιμοποιείται στην MGPI παρέχεται ως αραιωμένο υδατικό διάλυμα, το οποίο περιέχει υποχλωριώδες νάτριο (10-16%), χλωριούχο νάτριο (12%), υδροξείδιο του νατρίου (4%) και νερό (εξισορροπητής). Το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου είναι ένα διαυγές κίτρινο υγρό με χαρακτηριστική οσμή χλωρίνης. Είναι μια ισχυρή βάση που μπορεί να αντιδράσει με οξέα και αμμωνία, και με οργανικές ή άλλες χλωριούχες ενώσεις<sup>21</sup>. Όταν αναμιγνύεται με οξέα, το υποχλωριώδες ιόν είναι γνωστό ότι σχηματίζει αέριο χλώριο, το οποίο εκλύεται από το διάλυμα και μπορεί να προκαλέσει σοβαρή απελευθέρωση χλωρίου<sup>22</sup>. Το θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) είναι ένα ισχυρό οξύ που αντιδρά βίαια με βάσεις (αλκάλια) και είναι διαβρωτικό στα περισσότερα μέταλλα. Μπορεί να αντιδράσει βίαια με το νερό και με άλλα οργανικά υλικά, με αποτέλεσμα την έκλυση θερμότητας και ερεθιστικών αερίων<sup>23</sup>.

---

<sup>19</sup> Case Forensics. *Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas*. [Online] 2017. [http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003\\_Report\\_Redacted.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report_Redacted.pdf) (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

<sup>20</sup> Η πυκνότητα θειικού οξέος των δύο δειγμάτων από το φορτηγό της Harcros ήταν 1.228 g/cm και 1.227 gm /cm αντίστοιχα, σύμφωνα με την πυκνότητα του θειικού οξέος 30%. Το υποχλωριώδες νάτριο από την δεξαμενή ημέρας είχε pH 12,3 μετά το περιστατικό. Το υποχλωριώδες νάτριο 12,5% έχει pH από 11,5 έως 13,5. Case Forensics. *Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas*. [Online] 2017. [http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003\\_Report\\_Redacted.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report_Redacted.pdf) (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

<sup>21</sup> The Chlorine Institute. Pamphlet 96, Sodium Hypochlorite Manual, 4th ed., The Chlorine Institute: Arlington, VA, Οκτώβριος 2011.

<sup>22</sup> The Chlorine Institute. Pamphlet 96, Sodium Hypochlorite Manual, 4th ed., The Chlorine Institute: Arlington, VA, Οκτώβριος 2011.

<sup>23</sup> National Institute of Occupational Safety and Health. *Pocket Guide to Chemical Hazards, Sulfuric Acid*. <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0577.html> (τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

Η CSB διεξήγαγε επίσης μια ανάλυση για να κατανοήσει πλήρως τις πιθανές αντιδράσεις την ημέρα του συμβάντος και να προσδιορίσει ποια προϊόντα θα μπορούσαν να έχουν δημιουργηθεί και απελευθερωθεί. Οι εξωτερικοί συνεργάτες εκτίμησαν την επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών τόσο στην παραγωγή προϊόντων αντίδρασης όσο και στη συμπεριφορά του νέφους στην ατμόσφαιρα. Η ανάλυση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, ενώ η ακριβής χημεία δεν μπορεί να προσδιοριστεί σαφώς, τα πρωτογενή τοξικά προϊόντα αντίδρασης ήταν πιθανώς το χλώριο και άλλες ενώσεις που περιέχουν χλώριο<sup>24</sup>. Κατά την ανάμειξη, το υποχλωριώδες νάτριο και το θειικό οξύ πυροδότησαν αμέσως μια εξαιρετικά εξωθερμική, ή που παράγει θερμότητα, αντίδραση<sup>25</sup>. Το υγρό που προστέθηκε στη δεξαμενή και τα αέρια που εκλύθηκαν από την αντίδραση, απελευθερώθηκαν μέσω του ατμοσφαιρικού εξαερισμού, διαμέτρου 3 ιντσών, και ενός κατακτιού 18 ιντσών στην οροφή της δεξαμενής αποθήκευσης.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία και το pH του μίγματος, και την ποσότητα της ανάμειξης που έλαβε χώρα όταν το θειικό οξύ εισήχθη στη δεξαμενή υποχλωριώδους νατρίου, θα μπορούσαν να έχουν προκύψει πολλές διαφορετικές σειρές αντιδράσεων. Τα προϊόντα των αρχικών αντιδράσεων πιθανόν να αντέδρασαν περαιτέρω, για να δημιουργήσουν πρόσθετα προϊόντα τοξικού αερίου (g) και υδατικών (aq) ιοντικών ειδών. Αυτά μπορεί να περιελάμβαναν:

- αέριο χλώριο ( $\text{Cl}_2(\text{g})$ ),
- διοξείδιο χλωρίου ( $\text{ClO}_2(\text{g})$ ),
- υδροχλώριο ( $\text{HCl}(\text{g})$ ) ή υδροχλωρικό οξύ ( $\text{HCl}(\text{aq})$ ),
- θειικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ),
- όξινο θειικό νάτριο ( $\text{NaHSO}_4(\text{aq})$ ),
- νερό, και
- οξυγόνο ( $\text{O}_2(\text{g})$ )

---

<sup>24</sup> Peterson, E., Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*, Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>25</sup> Peterson, E., Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*, Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

Το θειικό οξύ μείωσε το pH του υποχλωριώδους νατρίου, το οποίο, σε συνδυασμό με τη θερμότητα που παρήχθη από την αντίδραση, επιτάχυνε την ταχύτητα αποσύνθεσης του υποχλωριώδους νατρίου. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να συνέβησαν αρκετές μείζονες και δευτερεύουσες αντιδράσεις, συμπεριλαμβανοντας τόσο τα αντιδρώντα συστατικά, όσο και τα προϊόντα που σχηματίστηκαν από την αποσύνθεση τους<sup>26</sup>. Μια πιθανή αντίδραση μεταξύ θειικού οξέος και υποχλωριώδους νατρίου παρήγαγε υποχλωριώδες οξύ και θειικό νάτριο. Το υποχλωριώδες οξύ αποσυντέθηκε περαιτέρω και σχημάτισε χλώριο και διοξείδιο του χλωρίου. Το διοξείδιο του χλωρίου μπορεί από μόνο του να αποσυντεθεί για να σχηματίσει αέριο χλώριο και αέριο οξυγόνο. Το διοξείδιο του χλωρίου θα αντιδράσει επίσης με το υδροχλωρικό οξύ για να σχηματίσει αέριο χλώριο και νερό σε θερμοκρασίες περίπου από 40 έως 70 βαθμούς Κελσίου (104 έως 158 βαθμούς Φαρενάιτ)<sup>27</sup>. Αυτές οι ενώσεις που περιέχουν χλώριο έχουν μια κιτρινοπράσινη απόχρωση. Αρκετοί υπάλληλοι της MGPI περιέγραψαν το νέφος ως κιτρινοπράσινο στους ερευνητές της CSB (Εικόνα 8). Ανατρέξτε στην [Έκθεση των Εξωτερικών Συνεργατών](#) της CSB για μια τεχνική περίληψη των πιθανών χημικών αντιδράσεων.



Εικόνα 9: Χημική αντίδραση περίπου 1 λεπτό αφού το δείγμα θειικού οξέος της Harsco προστέθηκε σε χλωρίνη Clorox (υποχλωριώδες νάτριο 5-10%<sup>28</sup>). Το μείγμα των 2 είχε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μικρών φυσαλίδων αερίου χλωρίου (αριστερά) που συλλέχθηκαν σε συσκευή απόσταξης (δεξιά) (Πηγή: CSB)

<sup>26</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*, Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>27</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*, Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>28</sup> *Safety Data Sheet for Clorox Regular Bleach*; 1, The Clorox Company: Oakland, CA, June 12, 2015.  
<https://www.thecloroxcompany.com/wpcontent/uploads/cloroxregularbleach1201506-12.pdf>  
(τελευταία πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2017).

Όπως αναλύθηκε στην Ενότητα 3.3, η σειρά αντιδράσεων που παράγονται από την ακούσια ανάμιξη δημιούργησε τοξικά προϊόντα που μπορούν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Αυτές οι επιπτώσεις στην υγεία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκέντρωση των τοξικών προϊόντων που προκύπτουν ως αποτέλεσμα. Αν και οι αντιδράσεις και η ποσότητα των προϊόντων αντίδρασης εξαρτώνται από τις συνθήκες πηγής και το περιβάλλον (π.χ. θερμοκρασία, συγκέντρωση, pH κλπ.), οι εξωτερικοί συνεργάτες υπέθεσαν επιφυλακτικά ότι το υποχλωριώδες νάτριο πιθανώς να αποσυντέθηκε πλήρως κατά τη διάρκεια του συμβάντος<sup>29</sup>. Η μέγιστη θεωρητική ποσότητα αερίου χλωρίου που παρήχθη από την αντίδραση εκτιμήθηκε ότι ήταν 3.490 λίβρες, υποθέτοντας ότι κανένα χλώριο δεν αντέδρασε περαιτέρω ή δεν απομακρύνθηκε με άλλον τρόπο από το νέφος<sup>30</sup>. Μια αντίδραση μεταξύ χλωρίου και νερού στο νέφος θα μπορούσε να μειώσει τη συνολική ποσότητα του αερίου χλωρίου<sup>31</sup>.

Δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα εναέριας παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια του περιστατικού που θα μπορούσαν να ανιχνεύσουν τις συγκεντρώσεις των χημικών ουσιών που υπήρχαν στο νέφος. Η MGPI είχε σταθερές συσκευές παρακολούθησης αέρα μέσα και γύρω από την περιοχή B, αλλά αυτές ανίχνευαν συγκεντρώσεις οξειδίου του προπυλενίου και οξυχλωριούχου φωσφόρου. Λίγο αφότου οι ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης μετρίασαν την αντίδραση με το κλείσιμο της βαλβίδας εκκένωσης στο φορτηγό, διεξήγαγαν παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και διαπίστωσαν ότι η ποιότητα του αέρα ήταν ασφαλής στο κτίριο και στην άμεση περιοχή όπου συνέβη το περιστατικό. Επιπλέον, ο Αμερικανικός Οργανισμός Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) έφθασε στη 1:00 μ.μ. και άρχισε την επιτόπια και περιμετρική παρακολούθηση του αέρα με χειροκίνητους ανιχνευτές εξοπλισμένους με αισθητήρες χλωρίου. Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης ήταν αρνητικά για χλώριο. Οι περιβαλλοντικοί σύμβουλοι που προσλήφθηκαν για λογαριασμό της MGPI πραγματοποίησαν επίσης παρακολούθηση του αέρα σε πραγματικό χρόνο στις 3:30 μ.μ., χρησιμοποιώντας μια ποικιλία οργάνων και ανιχνεύθηκαν επίπεδα χλωρίου από 0,1 έως 11,7 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), σε άμεση γειτνίαση με την περιοχή Mod B<sup>32</sup>. Τη στιγμή της παρακολούθησης, περίπου 5 ώρες αφότου μεγάλο μέρος του νέφους είχε διαλυθεί, οι συγκεντρώσεις χλωρίου στην κοινότητα ήταν κάτω από τα ανιχνεύσιμα όρια.

---

<sup>29</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*; Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>30</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*; Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>31</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*; Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>32</sup> Τα όργανα παρακολούθησης του αέρα ανίχνευαν επίσης 0.1-0.2 ppm διοξειδίου του θείου σε 3 από τα 62 δείγματα στην περιοχή.

Οι εξωτερικοί συνεργάτες δημιούργησαν επίσης μια υποθετική απελευθέρωση χρησιμοποιώντας το λογισμικό PHAST™, για να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά ενός νέφους αερίου χλωρίου υπό παρόμοιες ατμοσφαιρικές συνθήκες. Το λογισμικό PHAST™ χρησιμοποιεί μαθηματικούς υπολογισμούς για να προβλέψει τον τρόπο διασποράς των χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματα των μοντέλων διασποράς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της πηγής απελευθέρωσης και της γύρω ατμόσφαιρας. Αν και η μοντελοποίηση του νέφους παρέχει μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του νέφους που υπήρχε την ημέρα του συμβάντος, οι συγκεντρώσεις και η διανυθείσα απόσταση δεν ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη πιθανές παράπλευρες αντιδράσεις, διακυμάνσεις καιρικών συνθηκών ή άλλες συνθήκες που ενδέχεται να έχουν διαλύσει το χλώριο και άλλες ενώσεις κατά την ημέρα του περιστατικού.

Μια ανάλυση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και του υποθετικού μοντέλου απελευθέρωσης κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο καιρός διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη σοβαρότητα του περιστατικού στην MGPI. Η εξώθερμη αντίδραση παρείχε πλευστότητα στα σχετικά καυτά αέρια, το οποίο πιθανώς προκάλεσε την ανύψωση του νέφους πάνω από τη δεξαμενή αποθήκευσης και στη συνέχεια τον διασκορπισμό προς τα κάτω<sup>33</sup>. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού, οι καιρικές συνθήκες άλλαξαν από ομίχλη και ήρεμους ανέμους, σε ομίχλη με ελαφρούς ανέμους από τα νότια, μέσα στην πρώτη ώρα του συμβάντος<sup>34</sup>.

Υπό αυτές τις συνθήκες, η ατμόσφαιρα θεωρείται σταθερή, με λίγο ή καθόλου αέρα ή ατμοσφαιρικό στροβιλισμό<sup>35</sup>. Όταν η ατμόσφαιρα είναι σταθερή κατά τη διάρκεια μιας χημικής απελευθέρωσης, η διασπορά του νέφους είναι αργή επειδή τα χημικά δεν αναμιγνύονται εύκολα ή δεν αραιώνονται στην ατμόσφαιρα<sup>36</sup>. Η παρουσία ομίχλης και η υψηλή υγρασία στον αέρα, ωστόσο, μπορεί να βελτίωσαν τις συνθήκες την ημέρα του περιστατικού, επειδή ο αέρας ήταν κορεσμένος με υγρασία, η οποία μπορεί να είχε διαλύσει το χλώριο εντός του αναπτυσσόμενου και του υπάρχοντος νέφους. Ωστόσο, η άνωση του νέφους μπορεί να διατήρησε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις χλωρίου και άλλων χημικών ουσιών σε υψηλότερες τιμές στην κοινότητα, μειώνοντας έτσι τον πιθανό αντίκτυπο στο επίπεδο του εδάφους.

---

<sup>33</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*; Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

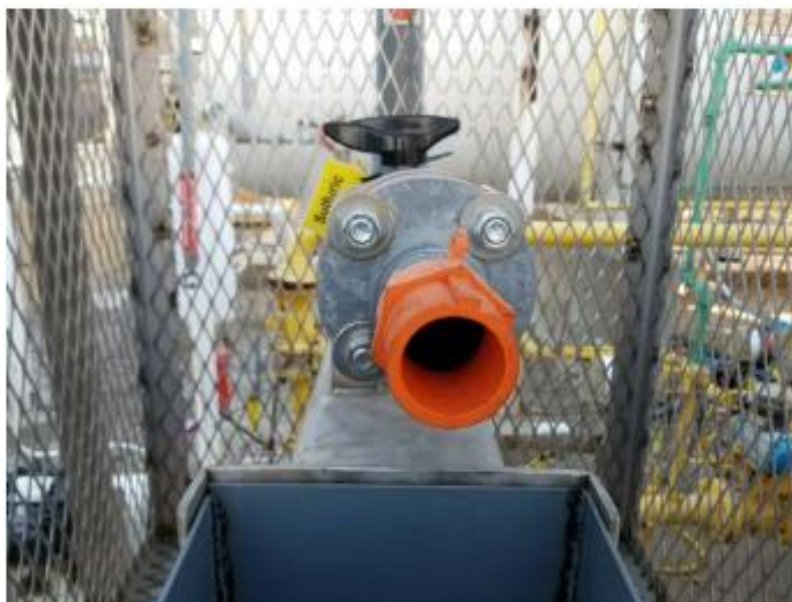
<sup>34</sup> Peterson, E. Reed, M. *MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*; Technical Report for CSB, Washington, DC, 2017.

<sup>35</sup> Ο ατμοσφαιρικός στροβιλισμός είναι ακανόνιστη κίνηση αέρα ή αέρας που παρουσιάζει διακυμάνσεις τόσο στην ταχύτητα όσο και στην κατεύθυνση. Αυτή η κατάσταση επιτρέπει μια αυξημένη ανάμειξη χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Hanna, S., Britter, R. *Wind flow and Vapor Cloud Dispersion at Industrial and Urban Sites* [Online], CCPS/AIChE: New York, 2002, pp 14. <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kt002YJLVL/wind-flow-vapor-cloud/definitions-concepts> (τελευταία πρόσβαση 6 Δεκεμβρίου 2017).

<sup>36</sup> Wells, G. *Major Hazards and their Management* [Online]. IChemE: Rugby, Warwickshire UK, 1997, pp 33. <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kt00A7EN31/major-hazards-their-management/wind-dispersion>

## 9.0 ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ MGPI ΚΑΙ HARCROS ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ

Αμέσως μετά το περιστατικό, η MGPI προέβη σε κάποιες προσωρινές αλλαγές στον εξοπλισμό μεταφοράς και στην περιοχή εκφόρτωσης, προκειμένου να μειώσει τις πιθανότητες για παρόμοιο περιστατικό, έως ότου θα μπορούσαν να γίνουν πιο μόνιμες αλλαγές. Αυτές συμπεριέλαβαν την τοποθέτηση ειδικών κλειδαριών με διαφορετικά κλειδιά για κάθε καπάκι των γραμμών πλήρωσης, αντικατάσταση των καπακιών στις γραμμές γεμίσματος με καλύμματα που χρησιμοποιούν διαφορετικό μηχανισμό κλειδώματος, τοποθέτηση νέας (ή πιο ασφαλούς τοποθέτηση της ήδη υπάρχουσας) σήμανσης σωλήνων πιο κοντά στα σημεία των γραμμών πλήρωσης και στους σωλήνες με γωνία, τοποθέτηση νέων ετικετών με χρώματα στις γραμμές πλήρωσης και εκσυγχρονισμός των διαδικασιών χημικής εκφόρτωσης. Επιπλέον, η Harcros συνεργάστηκε με την MGPI για να επιλέξει και να εγκαταστήσει νέες συνδέσεις στη γραμμή πλήρωσης του θειικού οξέος στην περιοχή Mod B και στους σωλήνες παροχής θειικού οξέος της Harcros. Αυτές οι συνδέσεις έχουν το ίδιο ασυνήθιστο μέγεθος και σχήμα, έτσι ώστε μόνο ο σωστός σωλήνας παροχής να μπορεί να συνδεθεί στη γραμμή πλήρωσης του θειικού οξέος. Οι συνδέσεις είναι επίσης χρωματισμένες διαφορετικά από όλες τις άλλες συνδέσεις στην περιοχή εκφόρτωσης της περιοχής B (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Νέα σύνδεση στη γραμμή πλήρωσης θειικού οξέος στην Περιοχή Mod B (Πηγή:MGPI)



**Εικόνα 11: Διαχωρισμός συνδέσεων εκφόρτωσης με ασφαλισμένο συρματοπλέγμα γύρω από τα σημεία σύνδεσης στη περιοχή Mod B (Πηγή:MGPI)**

Μετά την πραγματοποίηση των άμεσων τροποποιήσεων που περιγράφηκαν παραπάνω, η MGPI πραγματοποίησε επίσης μια σειρά άλλων αλλαγών μηχανικής και ασφάλειας διαδικασιών στην περιοχή B, όπως:

- Ρυθμίσεις σύνδεσης χημικής εκφόρτωσης (απόσταση τουλάχιστον τριών ποδιών μεταξύ κάθε σύνδεσης εκφόρτωσης και ασφαλισμένο συρματοπλέγμα γύρω από κάθε σημείο σύνδεσης, με αναγνώστες έξυπνων καρτών για πρόσβαση και διοικητικούς ελέγχους πρόσβασης) (Εικόνα 10).
- Κλείστρα ασφαλείας μηχανικού συστήματος που αντιστοιχούν σε πρόσθετες καταστάσεις συναγερμού.
- Πρόσθετες συσκευές παρακολούθησης και απενεργοποίησης έκτακτης ανάγκης.
- Σχεδιασμός αλλαγών στην αίθουσα ελέγχου χειριστή και στον εξοπλισμό αερισμού, και
- Τροποποιήσεις έκτακτης ανάγκης και ετοιμότητας, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος κατακλυσμού.

Τόσο η MGPI όσο και η Harcros αναθεώρησαν επίσης τις πρακτικές και τις διαδικασίες χημικής εκφόρτωσης. Η MGPI πλέον απαγορεύει την έναρξη της εκφόρτωσης εντός 20 λεπτών από την αλλαγή του βάρδιας και απαιτεί την παρουσία παρατηρητή ασφαλείας κατά τη σύνδεση και αποσύνδεση ενός σωλήνα δεξαμενής φορτίου σε μια γραμμή χημικής πλήρωσης. Η διαδικασία απαιτεί επίσης από τους χειριστές να επιθεωρούν τις γραμμές πλήρωσης για να εξασφαλίζουν ότι όλα τα προστατευτικά καλύμματα είναι ασφαλισμένα και

κλειδωμένα πριν και μετά τις παραδόσεις. Η Harcros δημιούργησε μια νέα διαδικασία εκφόρτωσης θεικού οξέος ειδικά για την MGPI και τώρα απαιτεί από τους οδηγούς της να ολοκληρώσουν μια λίστα ελέγχου προ-εκφόρτωσης δεξαμενών με τους πελάτες.

Εκτός από τις αλλαγές στις πρακτικές και τις διαδικασίες που έκαναν ανεξάρτητα η MGPI και η Harcros, έκαναν επίσης αλλαγές για να προωθήσουν μεγαλύτερο συντονισμό μεταξύ χειριστών και οδηγών. Για παράδειγμα, οι χειριστές και οι οδηγοί πρέπει να συμπληρώνουν γραπτά έντυπα επαλήθευσης για να διασφαλίσουν ότι ακολουθούνται τα διαδικαστικά βήματα και να πιστοποιήσουν τη σωστή σύνδεση πριν από την εκφόρτωση μιας χημικής ουσίας. Η MGPI απαιτεί επίσης από τους χειριστές να διασφαλίζουν ότι οι οδηγοί γνωρίζουν που βρίσκεται το κουμπί έκτακτης διακοπής του μηχανοκίνητου οχήματος δεξαμενής φορτίου.

Μετά το περιστατικό, η MGPI τροποποίησε επίσης την αποθήκευση και την προσβασιμότητα στις μάσκες έκτακτης ανάγκης στην περιοχή Mod B. Αντί για την αποθήκευση των αντιασφυξιογόνων масκών χωριστά από τις φιάλες διαφυγής, η αίθουσα ελέγχου της περιοχής Mod B είναι τώρα εξοπλισμένη με ένα ερμάριο που περιέχει τόσο φιάλες αέρα όσο και κουκούλες<sup>37</sup>, που είναι εύκολα προσβάσιμες για την προστασία των χειριστών σε περίπτωση παρόμοιου περιστατικού.

Η MGPI εξακολούθησε να λαμβάνει ενεργό συμμετοχή από τους υπαλλήλους της περιοχής Mod B συμπεριλαμβανομένων και των εκπροσωπούμενων υπαλλήλων, στην ανάπτυξη και εφαρμογή τροποποιήσεων στον εξοπλισμό και τις διαδικασίες μετά το συμβάν. Για παράδειγμα, οι εκπροσωπούμενοι υπάλληλοι κλήθηκαν να γνωμοδοτήσουν για τις επιθυμητές αλλαγές στο χώρο εργασίας τους μετά το περιστατικό και συμμετείχαν στην αναθεώρηση όλων των εγγράφων της Διαχείρισης Αλλαγών<sup>38</sup> για όλες τις τροποποιήσεις της περιοχής B. Επιπλέον, η MGPI έλαβε πληροφορίες από τους εκπροσωπούμενους υπαλλήλους σχετικά με την αναθεώρηση των διαδικασιών εκφόρτωσης και την ανάπτυξη νέων διαδικασιών. Οι εκπροσωπούμενοι υπάλληλοι συμμετείχαν σε επιδείξεις των διαδικασιών στην εγκατάσταση και έδωσαν συστάσεις σχετικά με τη συχνότητα με την οποία οι χειριστές θα πρέπει να επανεκπαιδεύονται σε διαδικασίες που έχουν γίνει αποδεκτές και έχουν ενσωματωθεί στην πρακτική της εταιρείας.

---

<sup>37</sup> Η κουκούλα είναι μια καλύπτρα του αναπνευστικού συστήματος, που καλύπτει πλήρως το κεφάλι και το λαιμό και μπορεί επίσης να καλύπτει τμήματα των ώμων και του κορμού. Αντί για τις μάσκες, οι κουκούλες χρησιμοποιούνται επίσης με φιάλες διαφυγής.

<sup>38</sup> Η Διαχείριση Αλλαγής είναι μια διαδικασία για την αξιολόγηση και τον έλεγχο των τροποποιήσεων στον εξοπλισμό, τις διαδικασίες και τους οργανισμούς, για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των κινδύνων που ενδέχεται να προκύψουν από αυτή την αλλαγή.

Η CSB καταλήγει στο συμπέρασμα ότι πολλές από τις αλλαγές μετά το συμβάν που εφάρμοσε η MGPI απευθύνονται σε ορισμένους ανθρώπινους παράγοντες και ζητήματα σχεδιασμού που παρουσιάζονται στην παρούσα Περιπτωσιολογική Μελέτη. Επιπλέον, η MGPI και η Harcros συνεργάστηκαν για να αναπτύξουν και να συμφωνήσουν σε διαδικασίες και να σχεδιαστικές αλλαγές για να μειώσουν την πιθανότητα παρόμοιου περιστατικού. Οι τροποποιήσεις στον εξοπλισμό και στις διεργασίες εκφόρτωσης, όπως παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα και σύμφωνα με τις βασικές συμβουλές της έρευνας, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις πιθανότητες για ακούσια ανάμειξη κατά τη διάρκεια εργασιών χημικής εκφόρτωσης.

## 10.0 ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ

Για σταθερές εγκαταστάσεις που παραλαμβάνουν χημικές ουσίες:

1. Κατά την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη διαδικασία και τον εξοπλισμό χημικής εκφόρτωσης, εφαρμόστε την ιεραρχία των ελέγχων, κατά την αξιολόγηση ελέγχων, και μέτρα διασφάλισης για την αποτροπή της ακούσιας ανάμειξης. Για όλες τις δραστηριότητες χημικής εκφόρτωσης που απαιτούν ανθρώπινη αλληλεπίδραση, είτε από το προσωπικό της εγκατάστασης είτε από τους οδηγούς των φορτηγών, να προσδιορίζονται και να αντιμετωπίζονται τα ζητήματα των ανθρώπινων παραγόντων που ενδέχεται να αυξήσουν το ενδεχόμενο λανθασμένης σύνδεσης.
2. Αξιολογήστε τον εξοπλισμό και τις διεργασίες μεταφοράς χημικών ουσιών (π.χ. γραμμές πλήρωσης, βαλβίδες μεταφοράς, σωληνώσεις και δεξαμενές υποδοχής) και, όπου είναι εφικτό, εγκαταστήστε και διαμορφώστε μέτρα διασφάλισης, όπως κλείστρα ασφαλείας και μέτρα μετριασμού, στο σύστημα ελέγχου της διαδικασίας, που θα διατηρεί ασφαλείς τις λειτουργίες κατά τις δραστηριότητες χημικής εκφόρτωσης. Το σύστημα ελέγχου θα πρέπει να παρακολουθεί και να ανταποκρίνεται σε επικίνδυνες συνθήκες διεργασίας (π.χ. θερμοκρασία, στάθμη, πίεση ή ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις) και να διακόπτει αυτόματα τη μεταφορά χημικών και άλλες διαδικασίες σε περίπτωση ακούσιας αντίδρασης ή απελευθέρωσης κατά τη χημική εκφόρτωση. Όταν δεν είναι εφικτή η ύπαρξη ενός αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου και συστημάτων ασφαλείας, διαμορφώστε βαλβίδες μεταφοράς και εξοπλισμό, καθώς και αερισμό, κατάσβεση και άλλα συστήματα μετριασμού ώστε να μπορούν να ενεργοποιούνται εξ αποστάσεως, για να σταματήσουν τη ροή χημικών ουσιών στις σωληνώσεις της εγκατάστασης ή στις δεξαμενές σε μία έκτακτη ανάγκη.
3. Σχεδιάστε ή τροποποιήστε τον εξοπλισμό χημικής μεταφοράς για να εξασφαλίσετε ότι οι γραμμές πλήρωσης για ασυμβίβαστα υλικά διαχωρίζονται στον χώρο από μια ευδιάκριτη απόσταση (π.χ., τα οξέα που μεταφέρονται σε μια περιοχή εκφόρτωσης ξεχωριστά από τις βάσεις), για να αποφεύγονται περιστατικά με αντιδράσεις που προκαλούνται από ακούσια ανάμειξη.
4. Συνεργαστείτε με τους διανομείς χημικών για να επιλέξετε συνδέσεις σωλήνων και συνδέσεις γραμμών πλήρωσης με εξαρτήματα μοναδικού σχήματος και χρώματος για κάθε χημική ουσία ή κατηγορία χημικών ουσιών, ειδικά για τα σημεία όπου πολλές χημικές ουσίες εκφορτώνονται σε κοντινή απόσταση. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει συνδυασμό αποδεκτών εξαρτημάτων με μοναδικά σχήματα (π.χ. τετράγωνο για οξέα, εξάγωνο για βάσεις) ή διαφορετικού μεγέθους διάμετρο (π.χ. περίπου 2 ή 3 ίντσες) για κάθε γραμμή πλήρωσης.
5. Βεβαιωθείτε ότι η σήμανση των σωλήνων και η ταυτοποίηση του εξοπλισμού μεταφοράς (π.χ. γραμμές πλήρωσης, βαλβίδες, σωληνώσεις μεταφοράς και δεξαμενές) είναι σαφής και αντιπροσωπεύει με ακρίβεια το υλικό που περιέχεται στον εξοπλισμό σύμφωνα με αποδεκτά βιομηχανικά πρότυπα, όπως το Πρόγραμμα ASME A13.1-2007 για την Αναγνώριση των Συστημάτων Σωληνώσεων.

Τοποθετήστε τη σήμανση των σωληνώσεων όσο το δυνατόν πλησιέστερα στα σημεία σύνδεσης των γραμμών, έτσι ώστε το προσωπικό που συμμετέχει στις δραστηριότητες εκφόρτωσης να μπορεί εύκολα να ταυτοποιήσει τον εξοπλισμό και τις χημικές ουσίες προτού πραγματοποιήσει μια σύνδεση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν υπάρχουν πολλές γραμμές πλήρωσης για διαφορετικές χημικές ουσίες σε μια περιοχή.

6. Συνεργαστείτε με τους διανομείς χημικών ουσιών για τη διεξαγωγή αξιολόγησης κινδύνου και, βάσει των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης, αναπτύξτε και/ή συμφωνήστε για τις διαδικασίες της χημικής εκφόρτωσης και τις ενέργειες έκτακτης ανάγκης, ώστε να εξασφαλισθεί σαφής καθορισμός των ευθυνών. Οι διαδικασίες θα πρέπει να καθιερώσουν μια μέθοδο η οποία θα απαιτεί το προσωπικό της εγκατάστασης να είναι φυσικά παρών κατά τη διάρκεια των παραδόσεων. Τόσο το προσωπικό της εγκατάστασης όσο και οι οδηγοί θα πρέπει να επαληθεύουν (δλδ. προφορικά και οπτικά, μέσω γραπτών λιστών ελέγχου ή/και κατά τη διάρκεια επίδειξης του εξοπλισμού) τη σωστή σύνδεση πριν από την εκκένωση χημικών ουσιών. Η Διοίκηση τόσο των εγκαταστάσεων όσο και των διανομέων χημικών ουσιών θα πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική αρχική και συμπληρωματική εκπαίδευση στις διαδικασίες, ανά διαστήματα ή όταν τροποποιείται ο εξοπλισμός ή οι χημικές ουσίες. Επιπλέον, η Διοίκηση θα πρέπει να παρακολουθεί ενεργά τις διαδικασίες για να εξασφαλίσει τη συμμόρφωση.
7. Αξιολογείστε το σχεδιασμό των κτιρίων και τα συστήματα εξαερισμού των λειτουργικών δομών κοντά σε σταθμούς χημικής εκφόρτωσης για να διασφαλίσετε ότι οι εργαζόμενοι προστατεύονται σε περίπτωση διαρροής ή χημικής αντίδρασης. Οι σχεδιαστικές εκτιμήσεις θα πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα εξαερισμού θετικής πίεσης, συστήματα καθαρισμού της σύνθεσης του αέρα και συστήματα φιλτραρίσματος, αισθητήρες και συναγερμούς που διακόπτουν αυτόματα τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού σε περίπτωση απελευθέρωσης και προσεκτική επιλογή των σημείων πρόσληψης για την αποφυγή εισόδου χημικών ουσιών στην παροχή. Αυτά τα συστήματα θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για να διασφαλίζεται ότι λειτουργούν σωστά.
8. Για όλα τα λειτουργικά κτίρια κοντά σε περιοχές χημικής εκφόρτωσης και δεξαμενές αποθήκευσης, αξιολογείστε την προσβασιμότητα στις αντιασφυζιογόνες μάσκες έκτακτης ανάγκης και στις φιάλες διαφυγής σε περίπτωση τοξικής απελευθέρωσης. Αποφύγετε να κλειδώνετε τα εξαρτήματα των масκών έκτακτης ανάγκης σε ερμάρια, ακόμη και μεταξύ βάρδιων, για να εξασφαλίσετε ότι οι εργαζόμενοι μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση στον εξοπλισμό ανά πάσα στιγμή. Διεξάγετε επιθεωρήσεις στις αίθουσες ελέγχου και στις διαδρομές εκκένωσης έκτακτης ανάγκης για να προσδιορίσετε την πιο προσιτή θέση των масκών των εργαζομένων κοντά στις φιάλες διαφυγής και εκσυγχρονίστε τις διαδικασίες αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης και αναπνευστικής προστασίας και την αντίστοιχη εκπαίδευση.
9. Παρέχετε μάσκες έκτακτης ανάγκης κοντά στους χώρους χημικής εκφόρτωσης για τους οδηγούς και το προσωπικό σε περίπτωση διαρροής ή ακούσιας αντίδρασης και απελευθέρωσης κατά τη διάρκεια εργασιών εκφόρτωσης.

Για τις εταιρείες διανομής χημικών:

10. Βεβαιωθείτε ότι οι οδηγοί έχουν πλήρη επίγνωση της θέσης και της χρήσης όλων των μηχανισμών τερματισμού έκτακτης ανάγκης των μηχανοκίνητων οχημάτων δεξαμενής φορτίου.

11. Εκτιμήστε την ανάγκη να εκπαιδεύσετε τους οδηγούς να φορούν εξοπλισμό ατομικής προστασίας και να ανταποκρίνονται σε χημικές διαρροές ή εκλύσεις κατά τις εργασίες εκφόρτωσης. Όπου είναι εφικτό να μετριάσουν τα περιστατικά, οι διανομείς χημικών ουσιών θα πρέπει να παρέχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ατομικής προστασίας, ώστε αυτό να γίνει στο όχημα. Όπου δεν είναι εφικτός ο μετριασμός, οι διανομείς χημικών θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι οι οδηγοί έχουν πρόσβαση σε, και είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι να φορέσουν, αντιασφυζιογόνες μάσκες έκτακτης διαφυγής μέσα στο φορτηγό, για να εκκενώσουν με ασφάλεια την περιοχή σε περίπτωση περιστατικού.

## 11.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την Εθνική Ένωση Χημικών Διανομέων (NACD), τα μέλη της οποίας αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 85% των Αμερικανών διανομέων χημικών προϊόντων, περισσότεροι από 39,9 εκατομμύρια τόνοι προϊόντος παραδίδονταν στους πελάτες κάθε 8,4 δευτερόλεπτα το 2016. Το περιστατικό στην MGPI υπογραμμίζει ότι, παρόλο που οι εργασίες εκφόρτωσης είναι σχετικά απλές, οι συνέπειες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τους εργαζόμενους και τις γύρω περιοχές λόγω της μεγάλης ποσότητας χημικών που μεταφέρονται κατά τη διάρκεια των παραδόσεων. Επειδή οι χημικές παραδόσεις είναι τόσο συνήθεις σε σταθερές εγκαταστάσεις, η CSB παροτρύνει τις εγκαταστάσεις και τους διανομείς χημικών ουσιών να εφαρμόσουν τις βασικές συμβουλές και τις συνιστώμενες πρακτικές από την παρούσα περιπτωσιολογική μελέτη και να συνεργαστούν για την εφαρμογή ελέγχων και πρακτικών που αποτρέπουν ή μειώνουν τις πιθανότητες για περιστατικά ακούσιας ανάμειξης. Μετά την έκδοση αυτής της περιπτωσιολογικής μελέτης, η CSB θα συνεργαστεί με το Ινστιτούτο Χλωρίου, την Εθνική Ένωση Χημικών Διανομέων (NACD) και τα σωματεία που εκπροσωπούν τους εργαζομένους της χημικής εγκατάστασης και τους χημικούς μεταφορείς, για να γνωστοποιήσουν τις βασικές συμβουλές και τις συνιστώμενες πρακτικές στα μέλη τους.



## Σχολιασμός

1. Αρχικά, όταν τελείωσε η διαδικασία της μετάφρασης θεωρήσαμε πως αποτελεί αναγκαιότητα το να παρουσιάσουμε κάποιες σημαντικές πληροφορίες έτσι ώστε να γίνει απολύτως κατανοητό το θέμα του κειμένου που επιλέξαμε.

Το θέμα λοιπόν είναι ένα βιομηχανικό ατύχημα, μια αντίδραση που προκάλεσε απελευθέρωση χημικών στην πόλη Άττισον του Κάνσας. Κατά καιρούς και με την ανάπτυξη της παγκόσμιας βιομηχανίας και τεχνολογίας, έχουν συμβεί πολλά τέτοια ατυχήματα, άλλοτε με πολύ σοβαρές συνέπειες, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχουν μετριαστεί εγκαίρως.

*«Ο κίνδυνος πρόκλησης ενός τέτοιου ατυχήματος συνίσταται στη δυνατότητα απελευθέρωσης μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων ουσιών (τοξικών, εύφλεκτων), που στη συνέχεια θα προκαλέσουν βλάβες στην υγεία των εργαζομένων και του κοινού, στο περιβάλλον καθώς και οικονομικές ζημιές.»(Τσουκαλάς Αθανάσιος 2010)*

Οι επιπτώσεις ενός τέτοιου συμβάντος είναι σίγουρα πιο σοβαρές σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, διυλιστήρια πετρελαίου, αποθήκες υγραερίου κ.α.. Υπάρχουν βέβαια διάφοροι κανονισμοί, οι οποίοι έχουν θεσπιστεί από τις Κυβερνήσεις και διάφορους Διεθνείς Οργανισμούς για την πρόληψη τέτοιων ατυχημάτων.

Η διαχείριση και η πρόληψη τέτοιων ατυχημάτων αποτελεί μεγάλη πρόκληση, καθώς οι επιπτώσεις τους πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν. Για αυτόν τον λόγο διεξάγονται μελέτες, όπως αυτή που επιλέξαμε για την παρούσα πτυχιακή, οι οποίες εξετάζουν όλες τις πιθανές αιτίες και αλλά και τις συνέπειες ενός ατυχήματος, έτσι ώστε να αποφευχθεί κάτι παρόμοιο στο μέλλον.

2. Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί ένα τεχνικό κείμενο, ένα κείμενο, δηλαδή, που αφορά την πρακτική εφαρμογή επιστημονικών και τεχνολογικών πληροφοριών. Το ύφος του κειμένου είναι επιστημονικό. Θα μπορούσαμε, επιπλέον, να χαρακτηρίσουμε το κείμενο πληροφοριακό. Αυτό σημαίνει ότι στόχος είναι η μετάδοση πληροφοριών, γνώσεων, απόψεων κ.λπ. *«Η διάσταση της γλώσσας που χρησιμοποιείται για την μετάδοση μιας πληροφορίας είναι η λογική ή αναφορική και το περιεχόμενο ή θέμα αποτελεί το κύριο στοιχείο στο οποίο εστιάζεται η επικοινωνία».* (Reiss 1971).

Σε αρκετά μεγάλη έκταση (Ενότητα 3.0.) παρατηρείται η μέθοδος της περιγραφής. Υπάρχουν δυο είδη περιγραφής, η αντικειμενική και η υποκειμενική. Σε κείμενα πληροφοριακά και επιστημονικά, όπως το συγκεκριμένο, η αναπαράσταση γίνεται με τρόπο που αντιστοιχεί στα πράγματα. Ο συγγραφέας αποφεύγει να αναμειχθεί προσωπικά και έτσι κυριαρχεί το τρίτο ρηματικό πρόσωπο. Το γεγονός αυτό παίρνει

το υποκείμενο από το προσκλήνιο και αναδεικνύει το αντικείμενο της περιγραφής. Είναι φανερό πως η μελέτη αυτή καταγράφει μια πραγματικότητα, αποκλείοντας σχεδόν τη διατύπωση γνώμων ή την έκφραση συναισθημάτων. Χαρακτηριστικά της αντικειμενικής περιγραφής είναι η χρήση του τρίτου προσώπου, η παθητική σύνταξη, ο προσδιορισμός του χώρου και του χρόνου, η χρήση επιστημονικών όρων και η απουσία μεταφορικής γλώσσας. Και τα πέντε αυτά χαρακτηριστικά βρίσκονται σε διάφορα σημεία της παραπάνω μελέτης.

-Χρήση τρίτου προσώπου (π.χ. *The operator reports that he pointed out the location of the sulfuric acid fill line to the driver and that the driver acknowledged the location*)

-Παθητική σύνταξη (π.χ. *Among the chemicals delivered to Mod B is 12.5% sodium hypochlorite, a more concentrated version of bleach.*)

-Προσδιορισμός χώρου & χρόνου (π.χ. *At approximately 7:35 AM on October 21, 2016, a Harcros CTMV arrived at the MGPI Atchison facility to complete a scheduled delivery of 30% sulfuric acid.*)

-Χρήση επιστημονικών όρων (π.χ. *At Mod B, different chemicals are utilized to satisfy various desired characteristics of the specialty and commodity starches, including the use of sulfuric acid to modify starch through pH adjustment, and the use of sodium hypochlorite to oxidize starch.*)

-Απουσία μεταφορικής γλώσσας σε όλη την έκταση του κειμένου.

Πριν εστιάσουμε σε λεπτομέρειες για την γλώσσα που χρησιμοποιείται στο κείμενο της πτυχιακής μας, θεωρήσαμε εύλογο να θυμηθούμε τι είναι πραγματικά η γλώσσα. Η επιστήμη της γλωσσολογίας, ίσως δεν μπορέσει ποτέ να βρει έναν πλήρη και ολοκληρωμένο ορισμό για την γλώσσα. Αυτό συμβαίνει γιατί πρόκειται για μια περίπλοκη επιστήμη που συνδέεται με διάφορες άλλες επιστήμες (π.χ. ιστορία, ψυχολογία). Ανάμεσα στους διάφορους ορισμούς που έχουν δοθεί για την γλώσσα αυτός που μας κίνησε το ενδιαφέρον, κυρίως γιατί είναι αρκετά ευκολονόητος σε σχέση με άλλους, είναι αυτός του Sorix, οποίος όρισε την γλώσσα ως «καθαρά ανθρώπινη και μη ενστικτώδη μέθοδο για την μετάδοση ιδεών και μηνυμάτων μέσω ενός συστήματος που το παράγουμε εκούσια.»

3. Πολλές φορές ένας παράγοντας που δυσκολεύει το έργο του μεταφραστή ενός ειδικού κειμένου είναι η απόδοση ξενόγλωσσων επιστημονικών όρων στην ελληνική. Επιπλέον, η ύπαρξη πολλαπλών αποδόσεων πολλές φορές δεν αποτελεί πλεονέκτημα, ειδικά όταν προέρχονται όλες από αξιόπιστες πηγές. Για να είναι το αποτέλεσμα αυτό που πρέπει, ο μεταφραστής υποχρεούται, αν δεν έχει ήδη καλή γνώση τέτοιων όρων, να αποκτήσει πριν αρχίσει τη μεταφραστική διαδικασία.  
«Θα πρέπει να είναι καλός ερευνητής, να χρησιμοποιεί παράλληλα κείμενα και να έχει βασικές γνώσεις γενικών επιστημονικών / τεχνολογικών αρχών, αλλά όση εμπειρία και να έχει αποκτήσει στη μετάφραση ειδικών κειμένων δεν μπορεί να υποκαταστήσει τον ειδικό επιστήμονα και τον ορολόγο την συνεργασία των οποίων αναζητά ώστε να διευκολυνθεί το έργο του.»(Κεραμίδας). Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, παρατηρούμε στο κείμενο την ύπαρξη ειδικής γλώσσας, μιας επιστημονικής ορολογίας που προέρχεται κυρίως από τον κλάδο της χημείας. Ορολογία είναι οι λέξεις και οι φράσεις που σημαίνουν πάντα το ίδιο πράγμα και δεν επιτρέπει την

χρήση συνωνύμων. Λέξεις που αποτελούν ορολογία δεν μπορούν να αντικατασταθούν με άλλες γιατί θα αλλάξει το νόημα. Για την μετάφραση της ορολογίας ο κάθε μεταφραστής μπορεί να συμβουλευτείται α) ηλεκτρονικά και έντυπα επιστημονικά λεξικά β) δημοσιευμένα επιστημονικά άρθρα και τέλος γ) βάσεις δεδομένων στο διαδίκτυο, οι οποίες όμως θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή, αφού πολλές φορές οι πληροφορίες που βρίσκονται εκεί δεν είναι έγκυρες ή αξιόπιστες. Ο μεταφραστής θα πρέπει να έχει την ικανότητα να κρίνει την αξιοπιστία των πηγών που χρησιμοποιεί, έτσι ώστε το μετάφρασμα του να μην ξεφεύγει νοηματικά από το πρωτότυπο και να γίνεται κατανοητό από τους πιθανούς αναγνώστες.

Η ορολογία που συναντάται στο κείμενο είναι η Χημική Ονοματολογία, η οποία αποτελεί ένα σύνολο κανόνων για τη δημιουργία συστηματικών ονομάτων για τις χημικές ενώσεις. ( Βικιπαίδεια )

Ο βασικός στόχος της Χημικής Ονοματολογίας, όπως και όλων των ορολογιών, είναι να εξασφαλίσει ότι το εκάστοτε χημικό όνομα αναφέρεται σε μια μοναδική ουσία. Κάποιες από τις βασικές έννοιες της μελέτης υπάγονται στην ορολογία αυτή, όπως για παράδειγμα: *sodium hypochlorite, sulfuric acid, propylene oxide, sodium hydroxide, acetic anhydride*.

Εκτός όμως από την Χημική Ονοματολογία υπάρχουν και άλλοι όροι που μπορούν να ενταχθούν σε μια ειδική γλώσσα, την γλώσσα της βιομηχανίας. Είναι η αλήθεια πως κάποιους από αυτούς τους όρους τους συναντήσαμε και εμείς για πρώτη φορά. Οι εξειδικευμένοι επιστήμονες που συνέταξαν την συγκεκριμένη μελέτη φρόντισαν να δημιουργήσουν ένα συνοπτικό αλλά περιεκτικό γλωσσάρι στην αρχή του κειμένου με όρους που ένας απλός αναγνώστης πιθανόν να μην γνώριζε. Επειδή, λοιπόν, αυτοί οι όροι συναντώνται σε όλο το κείμενο και αποτελούν βασικά νοήματα, θεωρήθηκε αναγκαίο να επεξηγηθούν (π.χ. Connection point, Day tank, Discharge hose, Fill lines κ.α.).

4. Ένα άλλο θέμα που μας απασχόλησε είναι η ύπαρξη μιας ολόκληρης λίστας με ακρωνύμια. Τα ακρωνύμια, ή αλλιώς αρκτικόλεξα, είναι λεκτικά σύνολα που σχηματίζονται από τα αρχικά γράμματα ή συλλαβές λέξεων οι οποίες αποτελούν ονόματα οργανισμών, ιδρυμάτων, υπηρεσιών, εταιριών, συλλόγων κ.λπ.. Η ανάγκη για πιο γρήγορη επικοινωνία οδήγησε στην επινόηση και χρήση ακρωνυμίων. Έπρεπε να γίνει σωστή διαχείριση τους έτσι ώστε να διατηρηθεί το νόημα του πρωτοτύπου αλλά συγχρόνως να μην δημιουργηθεί ένα κείμενο δυσανάγνωστο. Όταν πρόκειται για ένα επιστημονικό κείμενο, ο μεταφραστής έρχεται αντιμέτωπος με την αναγκαιότητα να διατηρήσει όσο το δυνατόν καλύτερα τα χαρακτηριστικά του πρωτοτύπου κειμένου.

Το πρώτο βήμα που ακολουθήσαμε ήταν η ανάλυση των ακρωνυμίων, αρχικά, για την κατανόηση τους. Πρόκειται για ξενόγλωσσα ακρωνύμια που τα περισσότερα, αν όχι όλα, τα συναντήσαμε για πρώτη φορά σε ένα κείμενο προς μετάφραση. Το θετικό είναι, ότι οι συντάκτες της μελέτης έχουν συγκεντρώσει όλα τα ακρωνύμια που υπάρχουν στο κείμενο σε μια λίστα, όπως ακριβώς συνέβη και με το γλωσσάρι.

Ο κάθε μεταφραστής έχει την δυνατότητα να χειρίζεται όπως νομίζει πως είναι καλύτερο τέτοιου είδους μεταφραστικά προβλήματα. Για παράδειγμα, θα μπορούσε κάποιος να μεταφράσει όχι μόνο ολόκληρο τον όρο αλλά και το ίδιο το ακρωνύμιο (π.χ. PSM - Διαχείριση Ασφαλείας Χημικών Υψηλού Κινδύνου – ΔΑΧΥΚ). Εμείς βέβαια επιλέξαμε μια διαφορετική μεταφραστική οδό. Ακολουθήσαμε την μέθοδο *μετάφρασης του όρου με διατήρηση της ξενόγλωσσας βραχυγραφίας* (Κελάνδριας), γιατί θεωρήσαμε ότι θα είναι πιο λειτουργικό για το κείμενο και δεν θα υπήρχε έτσι μεγάλη απόκλιση από το ξενόγλωσσο πρωτότυπο.

Στη συνέχεια προέκυψε και ένα άλλο θέμα, το αν μέσα στο κείμενο θα αφήναμε τα ξενόγλωσσα ακρωνύμια, όπως στο πρωτότυπο, ή θα τα αντικαθιστούσαμε με τις μεταφράσεις των όρων. Μετά από δοκιμές καταλήξαμε στο συμπέρασμα, πως για τον πιθανό αναγνώστη του μεταφράσματος θα ήταν πολύ πιο εύκολο στην ανάγνωση αλλά και στην κατανόηση αν και τα ακρωνύμια μεταφέρονταν στα ελληνικά. Σκεφτήκαμε πως όπως και εμείς δεν θα θέλαμε διαβάζοντας ένα κείμενο να ανατρέχουμε συνεχώς σε μια λίστα για να δούμε τι σημαίνει ένα ακρωνύμιο, έτσι δεν θα θέλαμε να συμβεί κάτι τέτοιο και στους αναγνώστες της δικής μας πτυχιακής εργασίας.

5. Στο κείμενο συναντάμε και διάφορα τοπωνύμια, δηλαδή γεωγραφικές ονομασίες τόπων (πόλεων, χωρών, κλπ). Για την μετάφραση των όρων αυτών χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο της μεταγραφής.

|             |             |
|-------------|-------------|
| Atchison    | Άτσισον     |
| Kansas      | Κάνσας      |
| Kansas City | Κάνσας Σίτι |
| Missouri    | Μιζούρι     |

Στο πρωτότυπο κείμενο υπάρχουν και κάποια ονόματα, τα οποία πάντα δημιουργούν προβληματισμούς όσον αφορά τη μετάφραση τους. Τα κύρια ονόματα έχουν απασχολήσει τους γλωσσολόγους από παλιά και συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο έρευνας και συζήτησης. Ωστόσο, απασχολεί εξίσου και τους μεταφραστές αφού δεν υπάρχει κείμενο που να μην περιέχει κάποιου είδους κύριο όνομα. Κι αυτό διότι τα κύρια ονόματα δεν περιορίζονται στα ανθρωπωνύμια και στα τοπωνύμια, αλλά είναι ξεκάθαρο, πως σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και πολλά άλλα, όπως για παράδειγμα τίτλοι, που συναντώνται και στο δικό μας κείμενο. Ένα από τα στοιχεία που θεωρείται χαρακτηριστικό γνώρισμα των κυρίων ονομάτων είναι η μη μεταφρασιμότητά τους, στοιχείο που δεν είναι όμως απόλυτο και δεν ισχύει για όλες

τις κατηγορίες που τα απαρτίζουν, εξ ου και το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζουν για τους μεταφραστές. Συχνά ο μεταφραστής αναγκάζεται να επιστρατεύσει τη δημιουργικότητά του και να δοκιμάσει όσες τεχνικές γνωρίζει, προκειμένου να βρει λύση για ένα κύριο όνομα που η απόδοσή του στη γλώσσα στόχο συνιστά πρόβλημα.

Στο κείμενο που επιλέξαμε εμείς δεν υπάρχουν ονόματα ανθρώπων, υπάρχουν όμως ονόματα – τίτλοι εταιριών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, λοιπόν, μεταφέραμε απaráλλαχτα τα ονόματα. Μετά από μελέτη άλλων παρόμοιων κειμένων καταλάβαμε πως αυτή είναι η μέθοδος που ως επί το πλείστον ακολουθείται, και που όντως θεωρήσαμε ως πιο ορθή.

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| MGPI Processing   | MGPI Processing / MGPI      |
| Harcros Chemicals | Harcros Chemicals / Harcros |

6. Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε, πιο συγκεκριμένα, κάποια σημεία του πρωτότυπου κειμένου, τα οποία παρουσίασαν μια ιδιαίτερη δυσκολία όσον αφορά τη μετάφραση τους. Με βάση πάντα την μέχρι τώρα εμπειρία μας, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τα μεταφραστικά αυτά προβλήματα προκύπτουν γιατί πολλές φορές δεν υπάρχει η ζητούμενη μετάφραση ενός όρου από την γλώσσα – πηγή προς την γλώσσα- στόχο, και σε αυτή τη περίπτωση ο εκάστοτε μεταφραστής καλείται να επιστρατεύσει τη δημιουργικότητα του και να διευρύνει τους γλωσσικούς του ορίζοντες.

Το πρώτο σημείο που μας προβλημάτισε και η μετάφραση του δεν ήταν τόσο απλή είναι ο όρος **cam lever dust cap**, ο οποίος βρίσκεται και στο γλωσσάρι της μελέτης. Το γεγονός ότι υπάρχει στο γλωσσάρι μας βοήθησε, ως ένα σημείο, διότι μας έδωσε κάποιες επιπλέον πληροφορίες έτσι ώστε να φτάσουμε μέσω αυτών σε μια ορθή μετάφραση. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε έχουν να κάνουν με το οι λέξεις **cam** και **lever** έχουν από μόνες τους τη δική τους σημασία (cam = έγκεντρο, lever=μοχλός), αλλά ο συνδυασμός τους στα ελληνικά δεν βγάζει το νόημα που θα έπρεπε. Αναγκαστήκαμε λοιπόν να αποδώσουμε τον όρο πιο ελεύθερα. Πέρα από τις λεπτομέρειες που εμπεριέχονται στο γλωσσάρι, αυτό που μας βοήθησε αρκετά είναι η **Εικόνα 5**. Ψάχνοντας λοιπόν παρόμοιες εικόνες στο διαδίκτυο αλλά και σε συνδυασμό με διάφορες αποδόσεις που βρήκαμε για την κάθε λέξη ξεχωριστά, καταλήξαμε στο ότι η πιο σωστή για το συγκεκριμένο κείμενο μετάφραση του όρου **cam lever dust cap** είναι το **καπάκι του ακροδέκτη σύνδεσης**. Πρέπει να επισημάνουμε ότι πρόκειται για έναν βασικό όρο της μελέτης, γεγονός που δεν μας

άφηνε περιθώρια να δώσουμε μια πιο γενική και σε εισαγωγικά ασφαλή μετάφραση.

Υπήρχαν και άλλοι όροι στο κείμενο κατά την μετάφραση των οποίων αντιμετωπίσαμε παρόμοια προβλήματα. Κάτι τέτοιο συνέβη όταν έφτασε η ώρα να μεταφράσουμε τον όρο **food-grade alcohol**. Η πρώτη μας κίνηση ήταν να ψάξουμε κάποια απόδοση στα έντυπα λεξικά που είχαμε χρησιμοποιήσει μέχρι εκείνη τη στιγμή, καθώς τα θεωρούσαμε πιο αξιόπιστα. Ο όρος όμως δεν υπήρχε κάπου και έτσι το επόμενο μας βήμα ήταν να αναζητήσουμε σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων τον, βασικά, τον όρο food-grade, αφού για την λέξη alcohol γνωρίζαμε ήδη την απόδοση που θα χρησιμοποιούσαμε (αλκοόλη). Αφού λοιπόν εντοπίσαμε κάποιες ορθές μεταφράσεις του όρου, έπρεπε να επιλέξουμε μια με βάση την απόδοση που θα είχε σε συνδυασμό με την λέξη alcohol. Έτσι, μετά από δοκιμές πολλών συνδυασμών, η απόδοση που ενσωματωνόταν καλύτερα στο κείμενο ήταν η **εδώδιμη αλκοόλη**.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο σταθήκαμε αρκετά και αντιμετωπίσαμε δυσκολίες στο να το μεταφράσουμε είναι ο όρος **distillers feed**. Η αυτολεξεί μετάφραση του όρου είναι αποσταγμένη ζωοτροφή. Θεωρήσαμε όμως πως η μετάφραση αυτή ίσως να μην είναι αρκετή για να κατανοήσει πλήρως ο αναγνώστης για τι ακριβώς πρόκειται, ή ίσως και να μην βγάζει νόημα. Φτάσαμε σε αυτό το συμπέρασμα, αφού βάλαμε τον όρο αποσταγμένη ζωοτροφή στη μηχανή αναζήτησης (Google) και είδαμε ότι τα αποτελέσματα – ιστοσελίδες που εμφανίστηκαν δεν περιείχαν πουθενά τον όρο σε αυτή ακριβώς την μορφή. Έπρεπε να ψάξουμε περαιτέρω σε ξενόγλωσσες αλλά και ελληνικές πηγές για να δώσουμε μια μετάφραση όχι τόσο γενική και αόριστη, η οποία θα απέδιδε όσο το δυνατόν καλύτερα το νόημα του όρου distillers feed. Ακολουθώντας περίπου τα βήματα που περιγράψαμε και παραπάνω καταλήξαμε στην απόδοση **ζωοτροφή από κατάλοιπα απόσταξης**. Παρόλο που δεν απέχει πολύ από την αυτολεξεί μετάφραση, το νόημα είναι πλέον πολύ πιο ακριβές και ξεκάθαρο και πιστεύουμε πως καταβάλαμε την καλύτερη δυνατή προσπάθεια για να μείνει ικανοποιημένος ο αναγνώστης όταν συναντήσει τον συγκεκριμένο όρο μέσα στο κείμενο.

Υπήρχαν κάποιες λέξεις και φράσεις στη μελέτη, οι οποίες δεν μας δυσκόλεψαν ως προς το να βρούμε τις αποδόσεις τους αλλά στο να τις κατανοήσουμε. Για παράδειγμα, ο όρος **plume** έχει αρκετές αποδόσεις που ταίριαζαν στη προκειμένη περίπτωση. Σύννεφο, στήλη καπνού, νέφος είναι κάποιες από αυτές και κάλλιστα ένας μεταφραστής θα μπορούσε να τις χρησιμοποιήσει χωρίς δεύτερη σκέψη, αφού πρόκειται για λέξεις ευρέως γνωστές και κατανοητές. Ο μεταφραστής λοιπόν καλείται να επιλέξει μια απόδοση ανάμεσα σε πολλές, που μπορεί να είναι εξίσου δόκιμες. Σε μια ουτοπική, θα έλεγε κανείς, κατάσταση ο μεταφραστής θα είχε στη διάθεση του μια μόνο απόδοση για κάθε όρο, κάτι όμως που συμβαίνει σε πολύ λίγες περιπτώσεις. Αν ήταν ένα άλλο είδος κειμένου, πιο ανεπίσημο και όχι επιστημονικό πιθανόν να διαλέγαμε και εμείς μια από τις αποδόσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Κινηθήκαμε όμως προς μια άλλη κατεύθυνση, επιλέγοντας να μεταφράσουμε τον όρο plume ως **πλούμιο (ή θύσανος)**. Τις λέξεις αυτές δεν τις συναντά κανείς συχνά, αν δεν ασχολείται συστηματικά με τέτοιου είδους κείμενα. Έτσι και εμείς έπρεπε να κάνουμε μια έρευνα πάνω σε αυτές πριν τις εντάξουμε στο μετάφρασμα. Σημαντικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι ο όρος αυτός βρίσκεται και στο γλωσσάρι της

ξενόγλωσσης μελέτης, αφού μας δόθηκε έτσι η ευκαιρία να δώσουμε την συγκεκριμένη λίγο δυσνόητη απόδοση μπορώντας όμως να την «αποδομήσουμε», να την εξηγήσουμε στον αναγνώστη έστω και με μια πρόταση (συνεχής απελευθέρωση ενός νέφους αερίου).

Κάτι που μας βοήθησε πολύ στην επιλογή της σωστής απόδοσης, που θα μπορούσε να θεωρηθεί και ως συμβουλή για άλλους μεταφραστές, ήταν το να ψάχνουμε εικόνες για όρους που μας προβλημάτιζαν και να παίρνουμε πληροφορίες από αυτές. Όταν ένας μεταφραστής συναντά για πρώτη φορά έναν όρο και δεν είναι 100% σίγουρος για την σημασία του, μια εικόνα μπορεί να δώσει τόσες λεπτομέρειες, όσες αδυνατούν να προσφέρουν πολλές φορές τα λεξικά. Πιο συγκεκριμένα, το οπτικό υλικό που υπάρχει στη μελέτη αυτή κατέστησε το έργο μας πιο εύκολο σε πολλές περιπτώσεις. Σε σχέση με άλλα παρόμοια κείμενα που μελετήσαμε, πολλά από τα οποία δεν περιείχαν εικόνες, το κείμενο της πτυχιακής μας είναι σίγουρα πιο κατανοητό στον μέσο αναγνώστη λόγω των εικόνων που συμπληρώνουν με πολύ αποτελεσματικό τρόπο την περιγραφή. Οι εικόνες πολλές φορές μας δίνουν ιδέες και ερεθίσματα, κάνοντας μας πιο δημιουργικούς. Είναι μια μέθοδος που έκανε την μεταφραστική διαδικασία πολύ πιο εύκολη και αποτελεσματική και αδιαμφισβήτητα θα αποτελεί ένα βήμα που θα ακολουθούμε πάντα στις μελλοντικές μας μεταφράσεις, για να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Επιπροσθέτως, θα πρέπει να επισημάνουμε, πως επειδή το πρωτότυπο κείμενο είχε πολλές υποσημειώσεις, που αφορούν είτε παραπομπές είτε επεξηγήσεις, δεν χρειάστηκε να προσθέσουμε εμείς σημείωμα του μεταφραστή, για να παραθέσουμε έτσι επιπλέον πληροφορίες για τον αναγνώστη. Σε πολλές μεταφράσεις αποτελεί αναγκαιότητα να συνοδευτούν τα κείμενα από ορισμένες σημειώσεις, όχι μόνο μεταφραστικού ενδιαφέροντος, αλλά διευκρινιστικές και πληροφοριακές για τον Έλληνα αναγνώστη. Αυτές οι «σημειώσεις του μεταφραστή» τοποθετούνται στη βάση των σελίδων (σε διάκριση από τις σημειώσεις του συγγραφέα που βρίσκονται στο τέλος κάθε κειμένου) (Ελευθερόπουλος 2017). Όταν το πρωτότυπο κείμενο δεν βοηθάει την εξέλιξη της μεταφραστικής διαδικασίας, τότε η μετάφραση μετατρέπεται σε ένα δύσκολο εγχείρημα και η ύπαρξη σημειώματος του μεταφραστή είναι απαραίτητη.

7. Ένα θέμα που έχει αρκετό ενδιαφέρον είναι η μεταξύ μας συνεργασία για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Για να εκτελεστεί αυτή κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο έπρεπε να υπάρχει ένα πλάνο με τα βήματα που θα ακολουθούσε η κάθε μια από μας ξεχωριστά αλλά και μαζί μέχρι να ολοκληρωθεί η μεταφραστική διαδικασία. Οι ομαδικές μεταφράσεις διακρίνονται σε παράλληλες ή ταυτόχρονες (όταν οι μεταφραστές μεταφράζουν ταυτόχρονα τα επιμέρους τμήματα που έχουν αναλάβει) και οι διαδοχικές μεταφράσεις (όταν ο ένας μεταφραστής αρχίζει τη μετάφραση μόλις ο άλλος τελειώσει τη δική του) (Gouadec 2007). Εμείς επιλέξαμε την μέθοδο της παράλληλης μετάφρασης, όχι μόνο γιατί η διαδοχική μας φάνηκε πιο χρονοβόρα και ο χρόνος μας ήταν περιορισμένος, αλλά και γιατί θεωρήσαμε πως έτσι και οι δυο θα καταβάλαμε την ίδια προσπάθεια, πως οι υποχρεώσεις μας θα είχαν ακριβώς την ίδια βαρύτητα. Έτσι αποφασίσαμε πως και οι δυο έπρεπε να «παίξουμε» όλους τους ρόλους: του υπεύθυνου επεξεργασίας του υλικού προς μετάφραση, του ορολόγου, του μεταφραστή, του διαθέτη πληροφοριών αλλά και του επιμελητή.

Το πρώτο βήμα, πολύ πριν την έναρξη της μεταφραστικής διαδικασίας, ήταν η επιλογή του κειμένου που θα αποτελούσε την πτυχιακή μας εργασία. Έχοντας ασχοληθεί και οι δυο με λογοτεχνικές και τεχνικές μεταφράσεις, συμφωνήσαμε πως η καλύτερη επιλογή θα ήταν ένα τεχνικό κείμενο, αφού η μετάφραση λογοτεχνικών κειμένων είναι κάτι πιο υποκειμενικό και θα αντιμετωπίζαμε περισσότερα προβλήματα. Μετά από αρκετή έρευνα καταλήξαμε στο παρόν κείμενο, σε αυτή τη μελέτη. Στη συνέχεια, προέκυψε ένα άλλο θέμα, αυτό της επιλογής κάποιων ενοτήτων προς μετάφραση, αφού όλη η μελέτη είχε μεγάλη έκταση και ξέφευγε πολύ από το όριο λέξεων που προβλέπεται για μια τέτοια εργασία. Έπρεπε, λοιπόν, να εξετάσουμε ποιες ενότητες μπορούν να αποκοπούν από το υπόλοιπο κείμενο και να παραμένουν όμως νοηματικά αυτόνομες. Αφού αυτό κατέστη εφικτό, ακολούθησε η σύνδεση των ενοτήτων που επιλέξαμε, σχηματίζοντας έτσι την τελική μορφή που θα είχε το πρωτότυπο κείμενο προς μετάφραση.

Το επόμενο βήμα, μετά και από την συνεννόηση με τον επιβλέποντα καθηγητή, ήταν η πλήρης κατανόηση του κειμένου προς μετάφραση. Αφού ολοκληρώθηκε και από τις δυο πλευρές, η διαδικασία της μετάφρασης μπορούσε να αρχίσει. Ορίσαμε μια προθεσμία που θεωρήθηκε αρκετή, και η κάθε μια με τον δικό της τρόπο άρχισε να μεταφράζει το κείμενο. Καθ'όλη τη διάρκεια της μετάφρασης ήμασταν σε διαρκή επικοινωνία, για να λύνουμε η μία τις απορίες της άλλης και να συζητάμε τα μεταφραστικά προβλήματα που συναντούσαμε. Επρόκειτο για μια διαδικασία πολύ επικοινωνιακή, μέσα από την οποία μάθαμε πολλά όχι μόνο για τον τομέα της μετάφρασης αλλά και αυτόν της συνεργασίας.

Αφού ολοκληρώσαμε και οι δύο αυτό το βήμα, σειρά είχε η σύγκριση των μεταφράσεων και η δημιουργία ενός τελικού μεταφράσματος. Αυτό ήταν ίσως και το πιο δύσκολο κομμάτι, διότι, μπορεί να μην ήταν πολλές αλλά, υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στις δυο μεταφράσεις που είχαμε δημιουργήσει. Υπήρξε όμως άψογη συνεννόηση, και όπου χρειάζονταν υποχωρήσεις τις καθιστούσαμε εφικτές. Δημιουργήθηκαν διαφωνίες κυρίως για βασικούς όρους του κειμένου και για την ιδανική του απόδοση, οι οποίες μετά από τις απαραίτητες έρευνες σε αξιόπιστες πηγές λύθηκαν. Μπορούμε να συμφωνήσουμε και οι δυο, πως αυτή η διαδικασία ήταν η πιο απαιτητική όσον αφορά την παράλληλη μετάφραση.

Στη συνέχεια, και αφού το μεταφρασμένο κείμενο είχε την τελική του μορφή, προχωρήσαμε στον σχολιασμό. Συγκεντρώσαμε όλα τα σημεία που μας δυσκόλεψαν, όλα τα μεταφραστικά προβλήματα που αντιμετωπίσαμε και, σε συνεργασία πάντα, καταλήξαμε σε αυτά που θεωρήσαμε άξια αναλυτικού σχολιασμού. Αυτό ήταν το κομμάτι της εργασίας που θα μπορούσαμε να πούμε ότι εκπονήθηκε πιο εύκολα από όλα τα άλλα. Αυτό ίσως συνέβη διότι αντιμετωπίσαμε και οι δύο τις ίδιες δυσκολίες και μέχρι να φτάσουμε στον σχολιασμό είχαμε ήδη ανταλλάξει πολλές απόψεις αλλά και συμβουλές, οι οποίες δημιούργησαν έναν παρόμοιο τρόπο σκέψης, όσον αφορά πάντα τη συγκεκριμένη εργασία. Σε αυτό το σημείο, αφού συγκεντρώσαμε κάποιες πηγές, κυρίως βιβλία, τις χωρίσαμε σε δυο ισόποσα μέρη, ένα για την κάθε μια, έτσι ώστε να μην χάνουμε χρόνο ψάχνοντας πληροφορίες στις ίδιες πηγές, κάτι που θεωρήσαμε πως δεν είχε νόημα.

Τέλος, σειρά είχε η οργάνωση της τελικής μορφής της πτυχιακής μας εργασίας. Μελετώντας άλλες εργασίες τέτοιου τύπου, καταλήξαμε στην δομή αυτή που χρησιμοποιήσαμε, αφού θεωρήσαμε πως είναι η ιδανική, κυρίως όσον αφορά την έκταση της παρούσας εργασίας. Το βήμα αυτό απαιτούσε τον λιγότερο χρόνο σε σχέση με τα παραπάνω, έπρεπε απλά να δώσουμε την μορφή που απαιτείται. Μετά και την τοποθέτηση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε, η εκπόνηση της πτυχιακής μας σιγά σιγά έφτασε στο τέλος της. Το μόνο που έμενε ήταν ένας γενικός έλεγχος της εργασίας, που πραγματοποιήθηκε και από τις δυο εκπονήτριες.

## Επίλογος

Θα μπορούσε να πει κανείς, πως ιδανική μετάφραση είναι αυτή που σε αντιπαραβολή με το πρωτότυπο, προδίδει την εργασία ενός σχολαστικού μεταφραστή, βοηθά τον αναγνώστη να κατανοήσει το κείμενο και ταυτόχρονα προσφέρει μια ευχάριστη ανάγνωση. *«Η μετάφραση υπάρχει ξεχωριστά αλλά και σε συνάρτηση με το πρωτότυπο κείμενο, έπεται αυτού, πηγάζει από τη «μετά θάνατον ζωή» του και προσδίδει μια «διαρκή ζωή» στο πρωτότυπο κείμενο»*(Benjamin 1969 / 2000)». Μια καλή μετάφραση παρουσιάζει την αμοιβαία σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις γλώσσες, κάτι που αποτέλεσε και δικό μας προσωπικό στόχο. Ο μεταφραστής καλείται να παραγάγει ένα, πιστό στο πρωτότυπο, μετάφρασμα και λειτουργεί επιπλέον και ως διαμεσολαβητής, μεταξύ συγγραφέα και αναγνώστη. Οφείλει όμως και να γνωρίζει όχι μόνο τα συντακτικά, λεξιλογικά και υφολογικά στοιχεία των δύο γλωσσών, αλλά και τα πολιτισμικά στοιχεία και επιρροές που επιδρούν πάνω στη γλώσσα προκειμένου να έχει πιο ολοκληρωμένες γνώσεις και να καταστεί έτσι ικανός να παράγει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Πρέπει να είναι γνώστης όχι μόνο των γλωσσών μεταξύ των οποίων μεταφράζει αλλά και να έχει γενικές και ειδικές γνώσεις πάνω στο αντικείμενο του εκάστοτε κειμένου προς μετάφραση. Πρέπει να είναι ικανός να χειριστεί άσπαρα τη γλώσσα-στόχο αλλά και τη γλώσσα-πηγή και, τέλος, να χειρίζεται τη δεύτερη όπως τη μητρική του.

Η μετάφραση, όμως, δεν είναι μια καθαρά μηχανική διαδικασία, απαιτεί και τη σωστή κρίση και τη διαίσθηση του μεταφραστή. Το έργο μας, λοιπόν, ως μεταφραστές είναι πολύ πιο σημαντικό από αυτό που θα φανταζόταν κανείς, από την δημιουργία δηλαδή ενός μεταφράσματος. Το μεγαλύτερο επίτευγμα ενός μεταφραστή είναι το ότι φέρνει σε επαφή ανθρώπους και πολιτισμούς που μιλούν διαφορετική γλώσσα κα έχουν διαφορετική κουλτούρα. Έχει δηλαδή την ευθύνη για την ακριβή μεταφορά και απόδοση του νοήματος ανάμεσα στις δυο γλώσσες.

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας βρεθήκαμε αντιμέτωπες με ποικίλα μεταφραστικά προβλήματα, που ήταν είτε νοηματικά είτε λεξιλογικά. Τα αντιμετωπίσαμε όμως σαν δοκιμασίες, οι οποίες μόνο επικοινωνητικές μπορούν να θεωρηθούν, διότι μας ώθησαν στο να δουλέψουμε με περισσότερη δημιουργικότητα και να εξελιχθούμε ως μεταφράστριες τεχνικών κειμένων. Αν, λοιπόν, μετά την ανάγνωση του κειμένου-μεταφράσματος που δημιουργήσαμε ο αναγνώστης μείνει τόσο ικανοποιημένος όσο είμαστε εμείς, τότε σίγουρα η προσπάθεια μας θα έχει στεφθεί με επιτυχία.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

- Σ.Γ. Κεραμίδας (2015), Ζητήματα Ορολογίας στην Τεχνική Μετάφραση, Αθήνα: Δίαυλος
- Jeremy Munday (2004), Μεταφραστικές σπουδές: θεωρίες και εφαρμογές, Αθήνα: Μεταίχμιο
- Daniel Gouadec (2007), Επάγγελμα: Μεταφραστής, Texto
- Κεντρωτής Γ. (1996), Θεωρία και πράξη της μετάφρασης, Αθήνα: Δίαυλος
- Τσίγκου Μ. (2011), Γλωσσολογία και Μετάφραση, Αθήνα: Δίαυλος

### Ξενόγλωσση

- Mona Baker (1992), In Other Words: A Coursebook on Translation, London: Routledge
- Umberto Eco (2001), Experiences on Translation, University of Toronto Press
- Katharina Reiss, Hans Josef Vermeer (2014), Towards a general theory of translational action, New York: Routledge
- Katharina Reiss (2014), Translation criticism- potentials and limitations: categories and criteria for translation quality assessment, New York: Routledge
- Nida, E. A. και Taber, C. R. (1969), The Theory and Practice of Translation, Leiden: E. J. Brill

## ΛΕΞΙΚΑ

### Έντυπα

- Μπαμπινιώτης Γ. (1998). Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας. Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας
- Λεξικό τεχνολογίας & επιστημών, Αγγλοελληνικό & Ελληνοαγγλικό (2009), Εκδόσεις Σταφυλίδη
- Σύγχρονο Αγγλοελληνικό – Ελληνοαγγλικό Λεξικό (2001), Ελληνοεκδοτική

### Ηλεκτρονικά

- [www.wordreference.com](http://www.wordreference.com)
- [www.collinsdictionary.com](http://www.collinsdictionary.com)
- <https://iate.europa.eu>