

Risk assessment of health, safety and environmental (HSE) hazards based on system life cycle in an aquaculture industry, Hormozgan province

Pedram Rastegari¹, Mohammad Hossein Vaziri¹ , Shokooh Sadat Khaloo¹ , Fatemeh Mahnaz Mohsenzadeh¹ , Soleiman Ramezanifar², Reza Saeedi^{1*} 

1- Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background and Aims: This study aimed to assess the risk of health, safety, and environmental (HSE) hazards based on the system's life cycle using Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis (FFMEA) in an aquaculture industry in Hormozgan province.

Materials and Methods Identification of HSE hazards by system life cycle stage, including (1) construction and preparation of pools, (2) construction of feed production and preparation plant, (3) pumping and filling the pools, (4) maintenance and breeding of aquatic animals and (5) catching and transporting the aquatic animals was carried out by five HSE experts using the FMEA worksheet. Then, the risk of identified hazards was assessed by the FFMEA method (with the range of risk priority number [RPN] of 1-634). All the ethical issues were considered in this study.

Results: In the life cycle of the aquaculture industry, a total of 343 HSE hazards were identified, of which 38.8% had high risk, 44.6% had medium risk, and 16.6% had low risk. About 86% of the HSE hazards were in the health and safety field and 14% of them were in the field of environment. The construction of feed production and preparation plant (having 46% of the HSE hazards) was determined to be the most hazardous phase of the life cycle of aquaculture.

Conclusion: The FFMEA risk assessment method based on the life cycle by taking into account the uncertainty in the risk components and identifying and prioritizing the HSE hazards in the entire life stages of a system can be used as an efficient and effective tool for assessing the risk of HSE hazards in different industries.

Keywords: Health effect; Risk assessment; Environmental consequence; Life cycle; Aquaculture industry

Please Cite this article as: Rastegari P, Vaziri MH, Khaloo ShS, Mohsenzadeh FM, Ramezanifar S, Saeedi R. Risk assessment of health, safety and environmental (HSE) hazards based on system life cycle in an aquaculture industry, Hormozgan province. *Journal of Health in the Field* 2023; 10(4):25-38.

Corresponding Author: Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Workplace Health Promotion Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: r.saeedi@sbmu.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22037/jhf.v10i4.39573>

Received: 28 September 2022

Accepted: 28 December 2022

ارزیابی ریسک مخاطرات سلامت، ایمنی و محیط زیست مبتنی بر چرخه عمر سیستم در یک صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان

پدرام رستگاری^۱، محمدحسین وزیری^۱ ، شکوه السادات خالو^۱ ، فاطمه مهنار محسن زاده^۱ ، سلیمان رضائی فر^۲،
رضا سعیدی^{۱*} 

۱ - گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲ - گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک مخاطرات بهداشت، ایمنی و محیط زیست (Environment: Health, Safety and HSE) مبتنی بر چرخه عمر سیستم با روش تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات فازی (Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis: FFMEA) در یک صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان به انجام رسید.

مواد و روش‌ها: شناسایی مخاطرات HSE به تفکیک مراحل چرخه عمر سیستم شامل (۱) ساخت و آماده‌سازی استخرها، (۲) ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک، (۳) پمپاژ و آبگیری استخرها، (۴) نگهداری و پرورش آبزیان و (۵) صید و انتقال آبزیان با استفاده از کاربرگ FMEA توسط ۵ نفر از کارشناسان HSE صورت گرفت، سپس ریسک مخاطرات شناسایی شده با روش FFMEA (با محدوده عدد اولویت ریسک ۶۳۴-۱) ارزیابی گردید. ملاحظات اخلاقی در تمام مراحل اجرای مطالعه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه، در مجموع ۳۴۳ مخاطره HSE شناسایی شد که ۳۸/۸٪ دارای ریسک بالا، ۴۴/۶٪ دارای ریسک متوسط و ۱۶/۶٪ دارای ریسک پایین بودند. حدود ۸۶٪ مخاطرات HSE شناسایی شده در حوزه سلامت و ایمنی و ۱۴٪ در حوزه محیط زیست تعیین شدند. مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک (با دارا بودن ۴۶٪ از مخاطرات HSE) مخاطره‌آمیزترین مرحله چرخه عمر پرورش آبزیان تعیین شد.

نتیجه‌گیری: روش ارزیابی ریسک FFMEA مبتنی بر چرخه عمر با در نظر گرفتن عدم قطعیت در مؤلفه‌های ریسک و شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات در کل مراحل عمر سیستم، می‌تواند به عنوان یک الگوی کارآمد و مؤثر جهت ارزیابی ریسک مخاطرات HSE در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: اثر بهداشتی، ارزیابی ریسک، پیامد زیست‌محیطی، چرخه عمر، صنعت پرورش آبزیان

* نویسنده مسئول: گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Email: r.saeedi@sbmu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

مقدمه

امروزه توسعه روزافزون صنعت و فناوری باعث رشد اقتصادی چشم‌گیری در جهان شده است، اما در کنار این اثرات سازنده عدم توجه و سرمایه‌گذاری کافی در حوزه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست (Health, Safety and Environment: HSE) در صنایع گوناگون می‌تواند باعث بروز حوادث، بیماری‌های شغلی و آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوان و اتلاف بخش بزرگی از سرمایه‌های محیطی، انسانی و مالی گردد [۱،۲]. یکی از اقدامات اساسی در راستای کنترل و کاهش مخاطرات HSE، ارزیابی و مدیریت ریسک است [۳]. هدف ارزیابی و مدیریت ریسک HSE، شناسایی، ارزیابی، اولویت‌بندی و کنترل عوامل مخاطره‌آمیزی است که سلامت و ایمنی کارکنان و عموم مردم را تحت تأثیر قرار می‌دهد و یا موجب آلودگی محیط‌زیست می‌شوند [۴،۵]. روش‌های متعددی نظیر آنالیز درخت خطا (Fault Tree Analysis: FTA)، تجزیه و تحلیل خطر و قابلیت بهره‌برداری (Hazard and operability analysis: HAZOP)، روش پایونی (Bowtie) و تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن (Failure mode and effects analysis: FMEA) برای ارزیابی ریسک در صنایع و سازمان‌ها توسعه پیدا کرده است [۶،۷]. عوامل مختلفی از جمله میزان سطح پیچیدگی فعالیت‌های کاری در انتخاب و بکارگیری این روش‌های ارزیابی ریسک مؤثر می‌باشد [۸،۹].

یکی از روش‌های انعطاف‌پذیر و پرکاربرد ارزیابی ریسک، تکنیک FMEA می‌باشد. تکنیک FMEA برای اولین بار در صنایع هوافضای آمریکا مورد استفاده قرار گرفت [۱۰]. روش FMEA عملکرد موفق‌تری در شناسایی و آنالیز حالات شکست و اثرات آن‌ها، کاهش اثرات شکست‌ها و افزایش ایمنی در قسمت‌های مختلف سیستم (به عنوان مثال، محصولات و فرایندها) داشته است [۱۱-۱۳]. علی‌رغم دارا بودن مزایا و کاربرد فراوان، FMEA دارای معایبی از جمله محاسبه قطعی عدد اولویت ریسک (Risk Priority Number: RPN) است، در حالی که هر یک از مؤلفه‌های ریسک دارای عدم قطعیت هستند [۱۴]. محدودیت بعدی در روش‌های متداول ارزیابی ریسک، تمرکز بر روی یکی از مراحل عملکرد سیستم است، این محدودیت مانع

از دستیابی به یک دیدگاه جامع در مورد ریسک مخاطرات HSE سیستم مورد نظر می‌شود. به منظور رفع نقص چشم‌پوشی از عدم قطعیت در ارزیابی ریسک، روش Fuzzy FMEA (FFMEA) توسعه پیدا کرده است. در این تکنیک برای هر یک از مؤلفه‌های ریسک به جای عدد معین، یک مجموعه فازی در نظر گرفته می‌شود و بدین ترتیب عدم قطعیت در ارزیابی ریسک در نظر گرفته می‌شود [۱۵]. رویکرد ارزیابی ریسک مبتنی بر چرخه عمر نیز به جای تمرکز بر روی یکی از مراحل عملکرد سیستم، کلیه مراحل فعالیت و خروجی‌های سیستم را بررسی نموده و می‌تواند دیدگاه جامع و قابل مقایسه از ریسک مخاطرات HSE سیستم مورد نظر ارائه دهد [۱۶]. ارزیابی چرخه عمر (Life cycle assessment: LCA) به عنوان یک رویکرد «ز گهواره تا گور» برای ارزیابی سیستم‌های صنعتی مطرح است. در واقع، LCA امکان ارزیابی ریسک تجمعی ناشی از همه مراحل چرخه حیات محصول را فراهم می‌آورد [۱۷]. این رویکرد می‌تواند تغییرات زمانی را به‌طور سیستماتیک در ارزیابی ریسک دخیل کند و به عنوان یک روش استاندارد و اصلی در ارزیابی مخاطرات فرایندها، محصولات و خدمات مورد استفاده قرار گیرد [۱۸]. در دهه‌های گذشته صنعت پرورش آبزیان در بین صنایع تولید مواد غذایی گوشتی رشد زیادی داشته و از نظر تأمین منبع غذایی پروتئینی برای مصارف انسانی اهمیت چشمگیری پیدا کرده است. با این حال، این صنعت از لحاظ مقابله با چالش‌های مخاطرات HSE و رفع پیامدهای آن دچار مشکلات فراوان است [۱۹-۲۱]. طبق آمار ارائه شده توسط انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) میزان مرگ و آسیب‌دیدگی - بیماری شغلی در صنعت پرورش آبزیان دریایی برای دوره زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ به ترتیب برابر ۱۱/۹ و ۵۴۸۱ مورد در هر صد هزار نفر کارگر بوده است [۲۲]. گفتنی است که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی ریسک و بررسی مخاطرات HSE در صنعت پرورش آبزیان در ایران صورت نگرفته است، لذا هدف مطالعه حاضر ارزیابی ریسک مخاطرات HSE مبتنی بر چرخه عمر سیستم با روش FFMEA در یک صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان بود.

مواد و روش‌ها

حوزه‌های مختلف HSE و بررسی مطالعات پیشین استفاده گردید.

ج- ارزیابی ریسک مخاطرات HSE

ارزیابی ریسک مخاطرات HSE با استفاده از روش FFMEA در سه گام زیر صورت گرفت:

گام اول، طبقه‌بندی مخاطرات و تعیین رویدادها و پیامدها و اقدامات کنترلی موجود و آتی: در این گام مخاطرات HSE در سه دسته مخاطرات سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، طبقه‌بندی شدند. سپس برای هر یک از این مخاطرات رویدادها و پیامدهای مرتبط و اقدامات کنترلی موجود و پیشنهادی متناسب با شرایط صنعت تعیین گردید.

گام دوم، ارزیابی مؤلفه‌های ریسک: در این گام پس از بررسی و تحلیل وضعیت، مؤلفه‌های ریسک مخاطرات HSE شامل احتمال وقوع رویداد (Occurrence: O)، شدت پیامد (Severity: S) و احتمال کشف (Detection: D) توسط کارشناسان HSE مطابق جدول ۱ ارزیابی گردید.

گام سوم، ارزیابی ریسک: در این مرحله ریسک مخاطرات HSE شناسایی شده از حاصل ضرب فازی مؤلفه‌های ریسک با استفاده از روابط زیر ارزیابی گردید:

$$O = \{l_o, m_o, n_o\} \quad (1)$$

$$S = \{l_s, m_s, n_s\} \quad (2)$$

$$D = \{l_d, m_d, n_d\} \quad (3)$$

$$\alpha = m - l \quad (4)$$

$$\beta = n - m \quad (5)$$

$$\alpha_{frpn} = \alpha_o \times \alpha_s \times \alpha_d \quad (6)$$

$$\beta_{frpn} = \beta_o \times \beta_s \times \beta_d \quad (7)$$

$$m_{frpn} = m_o \times m_s \times m_d \quad (8)$$

$$l_{frpn} = m_{frpn} - \alpha_{frpn} \quad (9)$$

$$n_{frpn} = m_{frpn} + \beta_{frpn} \quad (10)$$

$$FRPN = \{l_{frpn}, m_{frpn}, n_{frpn}\} \quad (11)$$

که در آن‌ها l, m و n به ترتیب حد پایین، حد میانی و حد بالا مجموعه فازی مثلثی هستند که به تفکیک برای پارامترهای احتمال وقوع رویداد (O)، شدت پیامد (S)، احتمال کشف (D)

به منظور ارزیابی ریسک مخاطرات HSE مبتنی بر چرخه عمر در صنعت پرورش آبزیان مورد نظر، رویکرد LCA مطابق استاندارد ISO14040:2006 [۲۳] با روش ارزیابی ریسک FFMEA تلفیق شد و در چهار مرحله به شرح زیر اجرا گردید (شکل ۱).

الف- تعیین و توصیف مکان مطالعه

صنعت پرورش آبزیان منتخب در استان هرمزگان در زمینی با مساحت بالغ بر ۴۰۰ هکتار واقع شده است. تعداد کارکنان این صنعت ۲۰۰ نفر می‌باشد که عمدتاً در سمت‌های شغلی مکانیک، برق کار، کارگر ساده، کارشناس پرورش آبزیان و راننده ماشین‌آلات مشغول به فعالیت می‌باشند. در گام نخست مطالعه، کل چرخه عمر فرآیند پرورش آبزیان شناسایی و ترسیم شد و حوزه مطالعه مشخص گردید. مطابق با بررسی‌های صورت گرفته در صنعت مذکور، تولید آبزیان در دو کارگاه مجزای پرورش در قفس مستقر در دریا و پرورش در استخر صورت می‌گرفت. در این مطالعه، با توجه تعداد بیشتر مخاطرات HSE و ضرورت بررسی آن‌ها، کارگاه پرورش آبزیان در استخر به عنوان مکان مورد مطالعه انتخاب گردید. چرخه عمر فرآیند نیز از طریق بازدید میدانی، مصاحبه با مدیران و کارشناسان اجرایی شناسایی و ترسیم شد. مراحل چرخه عمر فرآیند پرورش آبزیان عبارت بودند از: (۱) ساخت و آماده‌سازی استخرها، (۲) ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک، (۳) آبیگری استخرها، (۴) نگهداری و پرورش آبزیان و (۵) صید و انتقال آبزیان.

ب- شناسایی مخاطرات HSE

به منظور شناسایی مخاطرات HSE و ارزیابی ریسک، کار گروهی متشکل از ۵ نفر کارشناس HSE دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کاری تشکیل گردید. انتخاب این نفرات با توجه به سطح تجربه و میزان آشنایی با فرآیند مورد مطالعه صورت گرفت. در این مرحله مخاطرات HSE به تفکیک مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان شناسایی شد. جهت شناسایی مخاطرات HSE از روش‌های مختلف از جمله بازدید میدانی، مصاحبه با مدیران و کارشناسان اجرایی، ارزیابی نتایج سنجش‌های صورت گرفته در

$$DRPN = \frac{lfrpn + 4mfrpn + nfrpn}{6} \quad (12)$$

د- تفسیر نتایج

اقدامات صورت گرفته برای تفسیر نتایج به شرح زیر بود: (۱) اولویت بندی مخاطرات بر اساس عدد اولویت ریسک دی فازی، (۲) تعیین سطح ریسک مخاطرات بر اساس جدول ۲، (۳) مقایسه مراحل چرخه عمر سیستم بر اساس تعداد، سطح و حوزه ریسک مخاطرات و (۴) ارائه پیشنهاد جهت اجرای اقدامات اصلاحی.

و عدد اولویت ریسک فازی (FRPN) تعریف می شوند و α تفاضل حد پایین و حد میانی مجموعه فازی مثلثی و β تفاضل حد بالا و حد میانی مجموعه فازی مثلثی هستند. پس از تعیین مجموعه FRPN مخاطرات HSE، با استفاده از رویکرد مرکز ثقل (رابطه زیر) مجموعه های فازی خروجی دی فازی شده (DRPN) و از اعداد حاصل برای اولویت بندی مخاطرات HSE و پیشنهاد اقدامات اصلاحی استفاده می شود:

جدول ۱- طیف ارزیابی مؤلفه های ریسک مخاطرات HSE در روش FFMEA [۲۴]

Table 1- Description of criteria of HSE risk assessment in FFMEA method

توصیف	نماد	احتمال وقوع رویداد (O)	شدت پیامد (S)	احتمال کشف (D)	امتیاز غیر فازی متناظر	مجموعه فازی متناظر
خیلی کم	Very low: VL	۰ تا ۵ درصد	بی خطر	قابل شناسایی	۱	(۰,۰,۲)
کم	Low: L	۵ تا ۱۰ درصد	خطر کم	احتمال شناسایی بالا	۲	(۱,۳,۵)
متوسط	Moderate: M	۱۰ تا ۱۵ درصد	خطر متوسط	احتمال شناسایی متوسط	۳	(۳,۵,۷)
زیاد	High: H	۱۰ تا ۲۰ درصد	خطر بالا	احتمال شناسایی کم	۴	(۵,۷,۹)
خیلی زیاد	Very high: VH	بیش از ۲۰ درصد	خطر بسیار بالا	غیر قابل شناسایی	۵	(۸,۱۰,۱۰)

جدول ۲- طبقه بندی ریسک مخاطرات HSE مبتنی بر روش FFMEA [۴]

Table 2- Classification of risk of HSE hazards based on FFMEA

ردیف	محدوده DRPN	سطح ریسک	تفسیر سطح ریسک	ملاحظات
۱	۱/۲۷-۳۳	پایین (L)	قابل پذیرش	- اقدام اصلاحی مورد نیاز نیست، ولی باید جهت بهبود مستمر وضعیت برنامه ریزی شود.
۲	۱۲۵-۲۷	متوسط (M)	غیر قابل پذیرش	- تصمیم گیری جهت کاهش سطح ریسک تا حد قابل پذیرش
۳	۱۲۵- ۹۸۸/۶	بالا (H)	غیر قابل پذیرش	- اجرای اقدام کنترلی - تعطیلی موقت کار تا کاهش سطح ریسک - انجام سریع اقدامات کنترلی

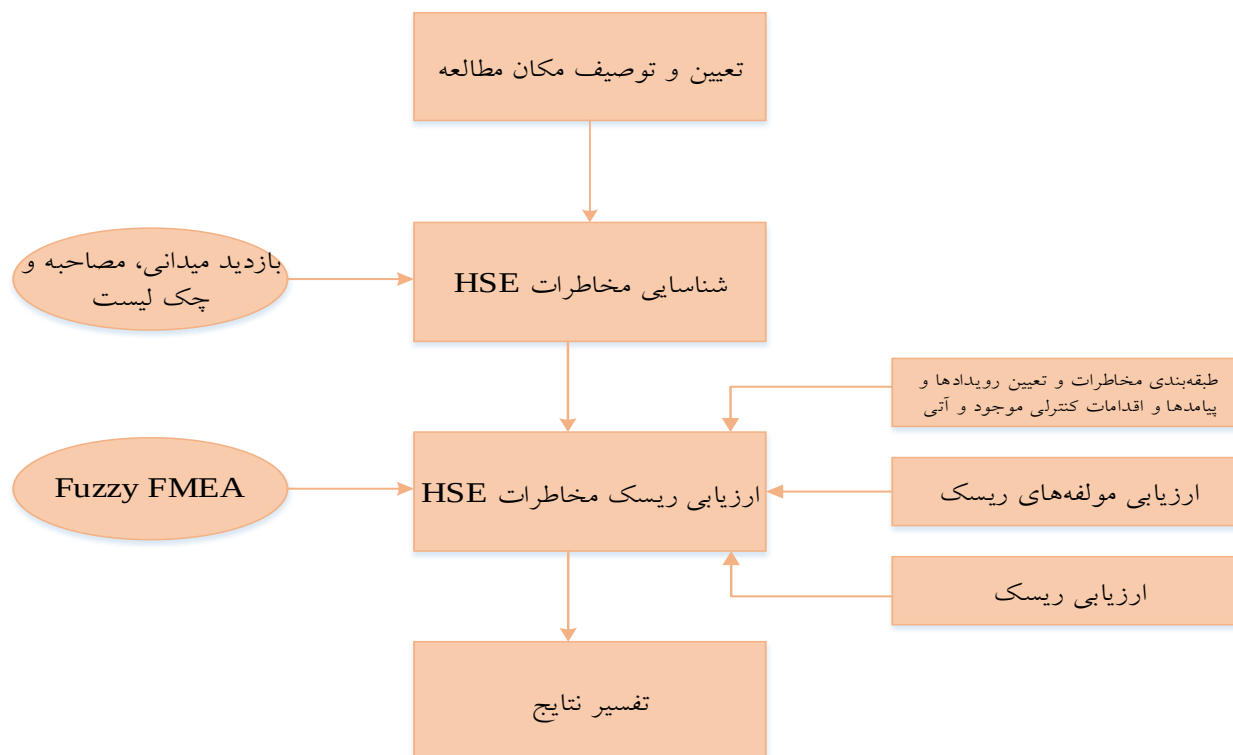
یافته ها

متوسط و پایین) در هر یک از مراحل و زیر مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۲ و ۳ مشاهده می شود، در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه، در مجموع ۳۴۳ مخاطره HSE شناسایی شد که ۳۸/۸ درصد دارای ریسک بالا، ۴۴/۶ درصد دارای ریسک متوسط و ۱۶/۶ درصد دارای ریسک پایین

پس از مصاحبه با مدیران و کارشناسان اجرایی و بررسی متون و اسناد موجود، چرخه عمر فرآیند در صنعت پرورش آبزیان شناسایی گردید. مطابق با جدول ۳ چرخه عمر فرآیند در ۵ مرحله و ۱۹ زیرمرحله تفکیک و طبقه بندی شد. فراوانی مخاطرات HSE به تفکیک حوزه مخاطره (سلامت، ایمنی و محیط زیست) و فراوانی سطوح مختلف ریسک HSE (بالا،

سهم مخاطرات HSE با ریسک بالا در حوزه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست به ترتیب ۱۵ درصد، ۷۹/۷ درصد و ۵/۳ درصد بدست آمد.

بودند و توزیع آن‌ها در حوزه‌های مختلف به صورت زیر بود: ۳۳/۸ درصد مخاطرات سلامت، ۵۲/۲ درصد مخاطرات ایمنی و ۱۴ درصد مخاطرات زیست‌محیطی. توزیع مخاطرات در سطوح مختلف ریسک به تفکیک حوزه مخاطره متفاوت بود، بطوریکه



شکل ۱- دیاگرام ارزیابی ریسک مخاطرات HSE مبتنی بر چرخه عمر در صنعت پرورش آبزیان
Figure 1- Diagram of HSE risk assessment based on life cycle in aquaculture industry

چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان شناسایی شد. توزیع مخاطرات در سطوح مختلف ریسک در مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه نیز تا حدود زیادی متفاوت بود، بطوریکه سهم مخاطرات با ریسک بالا در مراحل ساخت و آماده‌سازی استخرها، ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک، آبگیری استخرها، نگهداری و پرورش آبزیان و صید و انتقال آبزیان به ترتیب ۶/۰ درصد، ۴۲/۱ درصد، ۲۱/۸ درصد، ۲۱/۸ درصد و ۸/۳ درصد بدست آمد.

مطابق شکل ۲، تعداد کل مخاطرات HSE شناسایی شده در مراحل ساخت و آماده‌سازی استخرها، ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک، آبگیری استخرها، نگهداری و پرورش آبزیان و صید و انتقال آبزیان به ترتیب ۵۴، ۱۵۸، ۵۹، ۵۰ و ۲۲ بود، بدین ترتیب مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک با دارا بودن ۴۶ درصد کل مخاطرات HSE شناسایی شده (۳۵/۴ درصد با سطح ریسک بالا، ۴۹/۳ درصد با سطح ریسک متوسط و ۱۵/۳ درصد با سطح ریسک پایین) پرمخاطره‌ترین مرحله

جدول ۳- تفکیک مراحل چرخه عمر در صنعت پرورش آبزیان

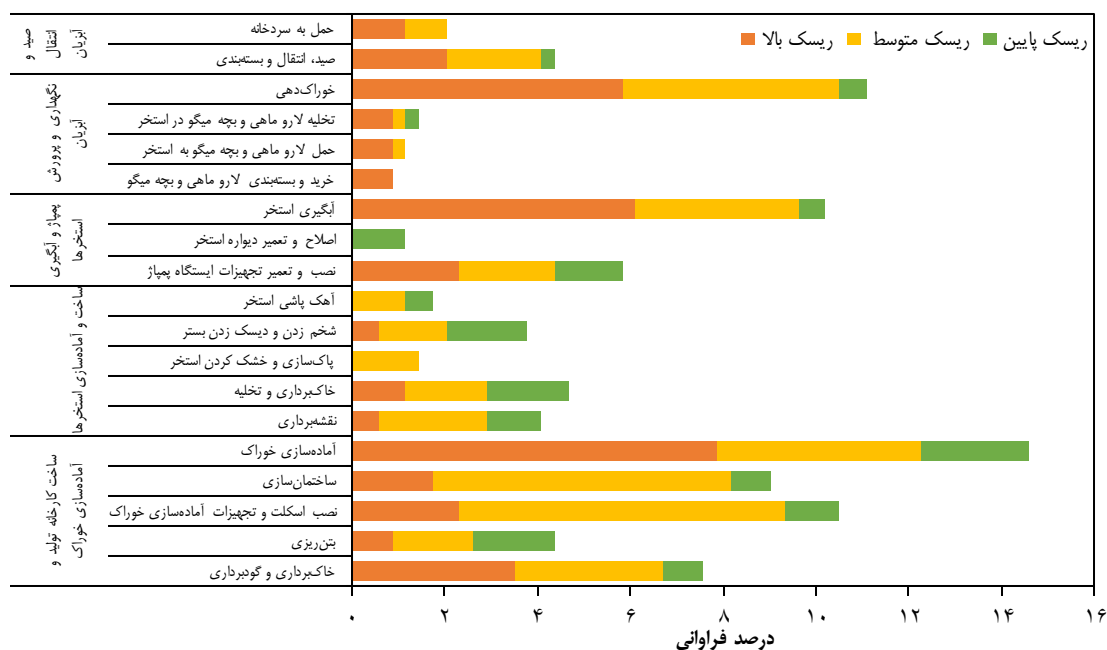
Table 3- Life cycle stages in aquaculture industry

مرحله	زیر مرحله
ساخت و آماده سازی	نقشه برداری
	خاک برداری و تخلیه
	پاک سازی و خشک کردن
	شخم زدن و دیسک زدن بستر
	آهک پاشی استخر
ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک	خاک برداری و گودبرداری
	بتن ریزی
	نصب اسکلت و تجهیزات آماده سازی خوراک
	ساختمان سازی
	آماده سازی خوراک
پمپاژ و آبگیری استخرها	نصب و تعمیر تجهیزات ایستگاه پمپاژ
	اصلاح و تعمیر دیواره استخر
	آبگیری استخرها
	خرید و بسته بندی لارو ماهی و بچه میگو
	حمل لارو ماهی و بچه میگو به استخر
نگهداری و پرورش آبزیان	تخلیه لارو ماهی و بچه میگو در استخر
	خوراک دهی
	صید، انتقال و بسته بندی
	حمل به سردخانه

پرمخاطره ترین زیر مراحل به تفکیک مرحله چرخه عمر به صورت زیر تعیین شد: خاک برداری و تخلیه (۱۶ مخاطره، ۴/۶ درصد از کل مخاطرات) در مرحله ساخت و آماده سازی استخرها، آماده سازی خوراک (۵۰ مخاطره، ۱۴/۶ درصد از کل مخاطرات) در مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده سازی

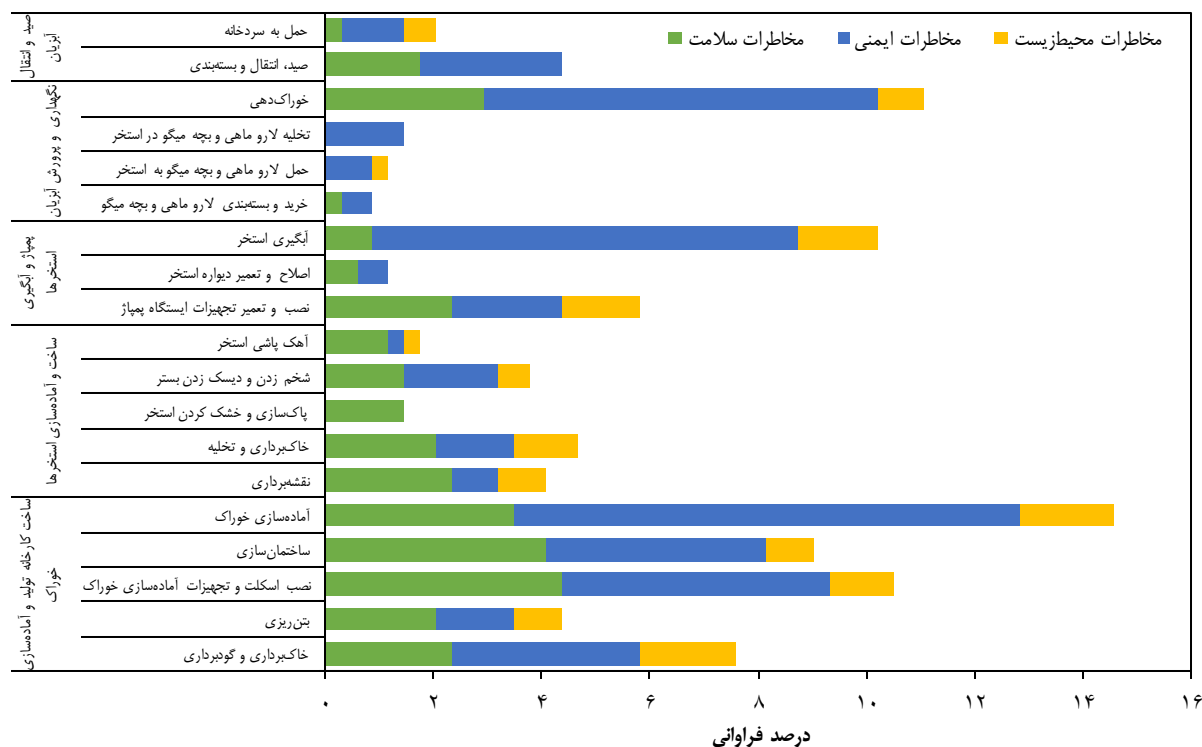
خوراک، آبگیری استخر (۳۵ مخاطره، ۱۰/۲ درصد از کل مخاطرات) در مرحله پمپاژ و آبگیری استخرها، خوراک دهی (۳۸ مخاطره، ۱۱ درصد از کل مخاطرات) در مرحله نگهداری و پرورش آبزیان و صید، انتقال و بسته بندی (۱۵ مخاطره، ۴/۴ درصد از کل مخاطرات) در مرحله صید و انتقال آبزیان. مطابق شکل ۳، توزیع مخاطرات HSE در حوزه های مختلف در مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان متفاوت بود، اما در اکثر مراحل حوزه ایمنی پرمخاطره ترین بود، بطوریکه بیشترین سهم مخاطرات HSE در مراحل ساخت و آماده سازی استخرها، ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک، آبگیری استخرها، نگهداری و پرورش آبزیان و صید و انتقال آبزیان به ترتیب مربوط به حوزه سلامت (۵۳/۷ درصد)، حوزه ایمنی (۵۰/۶ درصد)، حوزه ایمنی (۶۱ درصد)، حوزه ایمنی (۷۰ درصد) و حوزه ایمنی (۵۹/۱ درصد) بود.

جدول ۴ سه مخاطره HSE با بالاترین DRPN به تفکیک مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه را ارائه می دهد. مخاطرات HSE با بالاترین میزان ریسک به تفکیک مراحل چرخه عمر به صورت زیر تعیین شدند: نقاط کور حرکت ماشین آلات (۲۷۶) در مرحله ساخت و آماده سازی استخرها، لبه ها و کنارهای باز حفاظ گذاری نشده کارخانه تولید خوراک (۵۰۶) در مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک، سروصدای تجهیزات ایستگاه پمپاژ (۳۷۶) در مرحله پمپاژ و آبگیری استخرها، ابتلا به کووید-۱۹ (۶۳۴) در مرحله نگهداری و پرورش آبزیان و ابتلا به کووید-۱۹ (۴۴۷) در مرحله صید و انتقال آبزیان (جدول ۴). شکل ۴ پرتکرارترین مخاطرات HSE (با بیش از ۳ بار تکرار) در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه را نشان می دهد. پنج مخاطره HSE با بیشترین تکرار در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان به ترتیب عوامل بیولوژیک (۱۳ تکرار)، سر و صدای ماشین آلات (۱۳ تکرار)، پرتوهای غیر یونیزان (۱۲ تکرار)، شرایط جوی نامناسب- دما و رطوبت بالا (۱۱ تکرار) و نبود کپسول آتش نشانی (۱۱ تکرار) بودند.



شکل ۲- فراوانی مخاطرات HSE به تفکیک سطوح ریسک در مراحل و زیر مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان

Figure 2- Frequency of HSE hazards by risk level in the stages and sub-stages of the life cycle of the aquaculture industry in Hormozgan province



شکل ۳- فراوانی مخاطرات HSE به تفکیک حوزه مخاطره در مراحل و زیر مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان

Figure 3- Frequency of HSE hazards by hazard field in the stages and sub-stages of the life cycle of the aquaculture industry in Hormozgan province

جدول ۴- مخاطرات HSE با بالاترین میزان ریسک به تفکیک مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان

Table 4- HSE hazards with the highest risk level by stage of the life cycle of the aquaculture industry in Hormozgan province

مرحله	مخاطره	پارامترهای ارزیابی	عدد اولویت ریسک	حوزه مخاطره
		(H, S, E)	فازی (DRPN)	
ساخت و آماده سازی	نقاط کور حرکت ماشین آلات	S	۲۷۶	
	فعالیت های تکراری	H	۱۹۷	
	تردد دام در جاده	S	۱۶۴	
ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک	لبه ها و کنارهای باز حفاظ گذاری نشده کارخانه خوراک	S	۵۰۶	
	کابل های سرگردان و نامنظم تجهیزات آماده سازی خوراک	S	۳۲۸	
	تاریکی/ رانندگی در شب	S	۲۶۸	
پمپاژ و آبگیری استخرها	سروصدای تجهیزات ایستگاه پمپاژ	H	۳۷۶	
	نبود کپسول آتش نشانی	S	۳۶۶	
	مسیر ناهموار تردد در کارگاه	S	۳۳۸	
نگهداری و پرورش آبزیان	ابتلا به کووید-۱۹	H	۶۳۴	
	سیستم برق رسانی نایمن	S	۴۴۶	
	آلودگی پساب خروجی استخرها	E	۴۲۸	
صید و انتقال آبزیان	ابتلا به کووید-۱۹	H	۴۴۷	
	حرکت خودبه خود ماشین آلات (کامیون های تک و کشنده)	S	۲۶۸	
	کابل های سرگردان و نامنظم	S	۲۴۸	

DRPN: Defuzzied risk priority number; H: Health; S: Safety; E: Environment



شکل ۴- پرتکرارترین مخاطرات HSE (با بیش از ۳ تکرار) در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان

Figure 4- The most frequent HSE hazards (with more than 3 repetitions) in the life cycle of the aquaculture industry in Hormozgan province

بحث

صنعت پرورش آبزیان به عنوان یکی از قدیمی ترین منبع درآمدی مردم جنوب ایران از جمله استان هرمزگان محسوب می شود [۲۵]. بررسی های صورت گرفته نشان دهنده وجود مخاطرات HSE متعدد در این صنعت می باشد [۲۶-۲۸]. در این مطالعه با ارزیابی ریسک مخاطرات HSE با روش FFMEA مبتنی بر چرخه حیات، نقاط بحرانی مخاطرات HSE از نظر مرحله و زیر مرحله چرخه عمر، درجه ریسک مخاطره، حوزه مخاطره و تکرار مخاطره شناسایی شدند. از میان مخاطرات HSE شناسایی شده، ۳۸/۸ درصد مخاطرات ریسک بالایی داشتند که باید سریعاً با اجرای اقدامات اصلاحی کنترل شوند، ۴۴/۶ درصد مخاطرات ریسک متوسط داشته و باید در برنامه اقدامات اصلاحی مورد توجه قرار گیرند و تنها ۱۶/۶ درصد مخاطرات ریسک پایینی داشتند. این نتایج نشان داد که صنعت پرورش آبزیان در اجرای اقدامات کنترلی موفق نبوده و باید رویکرد خود را در این زمینه تغییر دهد. مهم ترین اقدامات اصلاحی اجرا شده جهت کنترل ریسک مخاطرات HSE در صنعت پرورش آبزیان مورد بررسی به شرح زیر بود:

- پیاده سازی سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) و اصلاح سیستم برق رسانی کارگاه
- تهیه، استقرار و آموزش نحوه استفاده از کپسول های آتش نشانی
- تدوین طرح واکنش در شرایط اضطراری و برگزاری مانور
- غربالگری و توزیع مناسب ماسک و مواد ضد عفونی کننده در دوران پاندمی کووید-۱۹
- نظام مند سازی فعالیت ها از طریق پیاده سازی سیستم مجوزدهی کار
- تدوین و پیاده سازی طرح باربرداری
- استفاده از نیروهای کاری با صلاحیت بومی و برقراری سرویس های رفت و برگشت

بر اساس نتایج بررسی حوزه مخاطرات HSE، مخاطرات ایمنی با فراوانی ۵۲/۲ درصد در رتبه اول قرار داشتند و ۳۳/۸ درصد مخاطرات نیز مربوط به بخش سلامت بود، لذا در صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه باید توجه بیشتری به ایمنی کار و سلامت

کارکنان شود. توزیع مخاطرات HSE در مراحل مختلف چرخه عمر صنعت نشان داد که مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک، دارای بیشترین سهم (۴۶ درصد) از مخاطرات HSE شناسایی شده بود. علت اصلی فراوانی بالای مخاطرات HSE تمرکز بیشتر فعالیت ها و ماشین آلات صنعتی در مرحله ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک در مقایسه با سایر مراحل بود. لذا، رعایت دستورالعمل ها و الزامات مدیریت HSE و اجرای اقدامات کنترلی در این مرحله نقش مهمی در دستیابی به وضعیت مطلوب مدیریت HSE در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان دارد.

با توجه به تعداد زیاد مخاطرات HSE با ریسک بالا در صنعت پرورش آبزیان مورد بررسی، به نظر می رسد اجرای هم زمان اقدامات اصلاحی برای همه آنها امکان پذیر نیست، لذا باید بر اساس مقدار DRPN و میزان تکرار پذیری، مخاطرات HSE با ریسک بالا برای اجرای اقدامات اصلاحی اولویت بندی شوند که این موضوع نیز در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت. بر این اساس مخاطرات HSE با بالاترین اولویت، اقدامات اصلاحی پیشنهادی به تفکیک مراحل چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان به شرح زیر تعیین گردید:

مرحله اول: ساخت و آماده سازی استخرها

➤ سه مخاطره HSE با بالاترین اولویت: (۱) «نقاط کور حرکت ماشین آلات» با DRPN برابر با ۲۷۶ و ۷ تکرار در کل فرآیند، (۲) «فعالیت های تکراری» با DRPN برابر با ۱۹۷ و ۴ تکرار در کل فرآیند و (۳) «تردد دام در جاده» با DRPN برابر با ۱۶۴ و ۴ تکرار در کل فرآیند.

➤ اقدامات اصلاحی پیشنهادی متناظر: (۱) اخذ مدرک معاینه فنی ماشین آلات و تجهیز ماشین آلات به سیستم هشداردهنده حرکت به عقب و جلو، (۲) پیاده سازی سیستم مجوز کار، (۳) آموزش رانندگی تدافعی، (۴) ساخت محل اسکان مناسب در نزدیکی محل کار به منظور جلوگیری از رفت و آمد روزانه کارکنان و (۵) اصلاح برنامه کاری.

مرحله دوم: ساخت کارخانه تولید و آماده سازی خوراک

➤ سه مخاطره HSE با بالاترین اولویت: (۱) «لبه ها و کناره های باز حفاظ گذاری نشده کارخانه خوراک» با DRPN برابر با ۵۰۶

و ۱ تکرار در کل فرآیند، (۲) «کابل‌های سرگردان و نامنظم تجهیزات آماده‌سازی خوراک» با DRPN برابر با ۳۲۸ و ۴ تکرار در کل فرآیند و (۳) «رانندگی در شب» با DRPN برابر با ۲۶۸ و ۱ تکرار در کل فرآیند.

➤ اقدامات اصلاحی پیشنهادی متناظر: (۱) حفاظ‌گذاری محوطه تجهیزات تولید و آماده‌سازی خوراک، (۲) تهیه، استقرار و آموزش نحوه استفاده از کپسول‌های آتش‌نشانی، (۳) بهسازی و آراستگی محیط کار با اجرای نظام آراستگی 5S، (۴) پیاده‌سازی سیستم ارتینگ و اصلاح سیستم برق‌رسانی کارخانه، (۵) اخذ معاینه فنی ماشین‌آلات، (۶) نصب حفاظ برای قسمت‌های متحرک و گردنده تجهیزات، (۷) تهیه و آموزش استفاده از تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع.

مرحله سوم: پمپاژ و آگیری استخرها

➤ سه مخاطره HSE با بالاترین اولویت: (۱) «سروصدای تجهیزات ایستگاه پمپاژ» با DRPN برابر با ۳۷۶ و ۱ تکرار در کل فرآیند، (۲) «نبود کپسول آتش‌نشانی» با DRPN برابر با ۳۶۶ و ۱۱ تکرار در کل فرآیند و (۳) «مسیر ناهموار تردد در کارگاه» با DRPN برابر با ۳۳۸ و ۳ تکرار در کل فرآیند.

➤ اقدامات اصلاحی پیشنهادی متناظر:

➤ (۱) بکارگیری راه‌کارهای فنی-مهندسی و مدیریتی به منظور کاهش سر و صدای تجهیزات، (۲) پیاده‌سازی سیستم ارتینگ و اصلاح سیستم برق‌رسانی ایستگاه پمپاژ، (۳) تهیه، نصب و آموزش استفاده کپسول‌های اطفای حریق متناسب با نوع حریق و برگزاری مانور، (۴) نصب صاعقه‌گیر، (۵) هموار سازی مسیرهای تردد، (۶) تدوین و پیاده‌سازی طرح باربرداری، (۷) پیاده‌سازی سیستم مجوز کار، (۸) پیاده‌سازی سیستم برچسب‌گذاری و قفل‌گذاری برای تجهیزات و اتاق برق ایستگاه پمپاژ، و (۹) بهسازی محل سکونت، حمام و سرویس بهداشتی.

مرحله چهارم: نگهداری و پرورش آبزیان

➤ سه مخاطره HSE با بالاترین اولویت: (۱) «عوامل بیولوژیک (ابتلا به کووید-۱۹)» با DRPN برابر با ۶۳۴ و ۱۳ تکرار در کل فرآیند، (۲) «سیستم برق‌رسانی نایمن» با DRPN برابر با ۴۴۶ و ۶ تکرار در کل فرآیند و (۳) «آلودگی پساب خروجی استخرها» با DRPN برابر با ۴۲۸ و ۱ تکرار در کل فرآیند.

➤ اقدامات اصلاحی پیشنهادی متناظر: (۱) غربالگری و دریافت تأییدیه سلامت کارکنان بعد از بازگشت از مرخصی در طول پاندمی کووید-۱۹، (۲) توزیع ماسک و مواد ضدعفونی‌کننده، (۳) اصلاح سیستم برق‌رسانی محل اسکان کارکنان، (۴) استفاده از نوار نقاله به منظور تخلیه و بارگیری کیسه‌های خوراک، (۵) هموارسازی مسیر تردد افراد و وسایل نقلیه، (۶) استفاده از تجهیزات ارگونومیک به منظور حمل و جابجایی کیسه‌های خوراک، (۷) انجام معاینات ادواری و بدو استخدام، (۸) طراحی سیستم روشنایی عمومی و موضعی.

➤ مرحله پنجم: صید و انتقال آبزیان

➤ سه مخاطره HSE با بالاترین اولویت: (۱) «عوامل بیولوژیک (ابتلا به کووید-۱۹)» با DRPN برابر با ۴۴۷ و ۱۳ تکرار در کل فرآیند، (۲) «حرکت خودبه‌خود ماشین‌آلات» با DRPN برابر با ۲۶۸ و ۴ تکرار در کل فرآیند و (۳) «کابل‌های سرگردان و نامنظم» با DRPN برابر با ۲۴۸ و ۴ تکرار در کل فرآیند.

➤ اقدامات اصلاحی پیشنهادی متناظر: (۱) غربالگری و دریافت تأییدیه سلامت کارکنان بعد از بازگشت از مرخصی در طول پاندمی کووید-۱۹، (۲) توزیع ماسک و مواد ضدعفونی‌کننده، (۳) اخذ مدرک معاینه فنی ماشین‌آلات، (۴) آموزش رانندگی تدافعی، (۵) بهسازی و آراستگی محیط کار با اجرای نظام آراستگی 5S، (۶) تهیه و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی از جمله کفش دریا، لباس کار روشن و کلاه نقاب‌دار، (۷) استفاده از نوار نقاله به منظور جابجایی سبد، (۸) تهیه برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی و آموزش این اطلاعات (۹) آگیری و استفاده از مواد گندزدا در یک حوضچه در ورودی کارگاه به منظور جلوگیری از انتقال و انتشار آلودگی‌های بیولوژیکی توسط ماشین‌آلات حمل و جابجایی مواد اولیه و محصولات. در مطالعات گذشته بکارگیری توام روش‌های LCA و ارزیابی ریسک با چهار رویکرد به شرح زیر صورت پذیرفته است: (۱) اجرای جداگانه ارزیابی ریسک و LCA و مقایسه نتایج بدست آمده، (۲) بهره‌گیری از LCA به عنوان یک ابزار غربالگری و شناسایی اولیه مخاطرات برای ورود به فرایند ارزیابی ریسک، (۳) ارزیابی ریسک مبتنی بر چرخه عمر با اجرای ارزیابی ریسک در مراحل مختلف چرخه عمر سامانه مورد نظر و (۴) اجرای

LCA بر اساس روش و مؤلفه‌های ارزیابی ریسک مانند مواجهه و ارزیابی دوز- پاسخ، رویکرد تلفیق ارزیابی ریسک و LCA با توجه به هدف مطالعه، داده‌ها در دسترس و محدودیت‌های دیگر از قبیل زمان و هزینه انجام مطالعه انتخاب می‌شود [۲۹]. نکته قابل توجه اینکه در مطالعات گذشته تلفیق ارزیابی ریسک و LCA فارغ از نوع رویکرد انتخابی متمرکز قلمداد شده است. Barberio و همکاران مطالعه‌ای با هدف ارائه چهارچوب تلفیق دو رویکرد LCA و ارزیابی ریسک به منظور ارزیابی توسعه پایدار فناوری‌های نوظهور انجام دادند. این چهارچوب به منظور مطالعه تولید آلومینا نانوسیال در دو خط آزمایشی مختلف "تک مرحله" و "دو مرحله" به کار گرفته شد [۳۰]. Brake و همکاران مطالعه‌ای با هدف ارزیابی اثرات محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی تولید هشت سیستم باتری برای هواپیماهای کوتاه برد از منظر چرخه عمر و انتخاب تکنولوژی‌های مناسب انجام دادند. نتایج نشان داد که باتری‌های گوگرد لیتیوم علاوه بر تأثیرات محیط زیست و اجتماعی- اقتصادی از منظر اقتصادی در مقایسه با باتری‌های یون لیتیوم و فناوری‌های رقیب مزایا بیشتری را دارا می‌باشند [۳۱]. Feng و همکاران مطالعه‌ای با هدف ارزیابی ریسک مبتنی بر چرخه عمر آلودگی آب‌های زیرزمینی معدن زغال متروکه Hongshan در جنوب چین انجام دادند. در این مطالعه از یک چهارچوب کمی برای تجزیه و تحلیل مخاطرات محیط زیست آب‌های زیرزمینی متشکل از ارزیابی ریسک تخریب سیستم آب‌های زیرزمینی و ارزیابی آسیب‌پذیری اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی در کل چرخه عمر سیستم استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله معدن Hongshan عمدتاً پس از تعطیلی رخ داده است که به طور قابل توجهی منابع آب زیرزمینی قابل استفاده را کاهش می‌دهد و بر توسعه پایدار اقتصادی- اجتماعی منطقه‌ای و سلامت ساکنان تأثیر قابل توجهی می‌گذارد [۳۲]. Ansar و همکاران ریسک مخاطرات سلامت مبتنی بر چرخه عمر در چهار کارخانه بازیافت پسماند در کشور تایلند را ارزیابی کردند. در این پژوهش ارزیابی ریسک مخاطرات سلامت در طی شش مرحله اصلی (تفکیک دستی، خرد و آسیاب کردن، شستشو و خشک کردن، همگن کردن، ذوب، فشرده‌سازی و حمل و نقل

داخلی) برآورد گردید. نتایج این مطالعه حاکی مواجهه زیاد کارگران با استرس حرارتی و ترکیبات آلی فرار در مرحله ذوب بود و ریسک این مخاطرات در سطوح بالا و غیرقابل پذیرش قرار داشت [۳۳]. Gheibi و همکاران مطالعه‌ای با هدف ارزیابی چرخه عمر تولید بتن با تمرکز بر آلاینده‌های هوا و پارامترهای مخاطره با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شهر مشهد انجام دادند. در این مطالعه تعداد زیادی از فاکتورها مانند میزان و مدت مواجهه با هر آلاینده با استفاده از رویکرد الگوریتم ژنتیک فرا اکتشافی به منظور ایجاد نرخ ریسک مطلوب تخمین زده شد. ارزیابی چرخه عمر در این مطالعه تولید ۳۴۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن به ازای در هر مترمکعب فرآوری بتن، خفگی و اثرات اپیدمیولوژیک بر کارکنان در غلظت‌های بیش‌تر از ۵۰۰ ppm دی اکسید کربن را تخمین زد. برای کاهش مخاطرات ناشی از بیماری‌های مزمن مانند سرطان ریه در کارکنان بخش فرآوری سیمان، حداکثر دوره زمانی مواجهه با آلاینده‌های هوا ۳/۵ ساعت برای هر ۸ ساعت کار تعیین گردید [۳۴].

همچنین باید به این نکته نیز توجه داشت که نوع و سطوح ریسک مخاطرات HSE در صنایع مختلف با توجه به ماهیت فرآیندهای متفاوت می‌باشد، بدین معنی که نتایج ارزیابی ریسک مخاطرات HSE در یک صنعت را نمی‌توان در صنایع دیگر بکار برد [۳۵]. پژوهش‌های محدودی به بررسی مخاطرات HSE و آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی ناشی از آن‌ها در صنعت پرورش آبزیان پرداخته‌اند. Mitchell و Lystad با استفاده از مجموعه داده‌های ملی آمار استرالیا مبتنی بر غرامت کارگران به بررسی آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی در صنعت پرورش آبزیان و مشاغل مرتبط در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۱۲ پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده، ۲۹۵ صدمه جدی یا بیماری شغلی در صنعت پرورش آبزیان در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۱۲ ثبت شده بود. مهمترین علل رخداد آسیب و بیماری شغلی بصورت زیر تعیین شد، (۱) استرس بدن (مانند استرس عضلانی در هنگام بلند کردن، حمل و زمین گذاشتن اشیاء)، (۲) سقوط، زمین خوردن و لغزش و (۳) ضربه خوردن توسط اجسام متحرک. در پژوهش حاضر نیز به مخاطراتی همچون ایستگاه کاری نامناسب، وزن سنگین اجسام و تجهیزات، فعالیت‌های تکراری، قطعات گردنده و متحرک،

رطوبت بالا) و نبود کپسول آتش‌نشانی بودند. روش ارزیابی ریسک FFMEA مبتنی بر چرخه عمر با در نظر گرفتن عدم قطعیت در مؤلفه‌های ریسک و شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات در کل مراحل عمر سیستم الگوی کارآمد و مؤثری جهت ارزیابی ریسک مخاطرات HSE در صنعت پرورش آبزیان بود و می‌تواند در صنایع دیگر نیز بکار گرفته شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر بخشی از نتایج پایان‌نامه کارشناسی ارشد در گروه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1400.072 می‌باشد. نویسندگان مقاله از همکاری صمیمانه مدیر محترم HSE هلدینگ جهاد نصر کرمان آقای دکتر هادی هادی‌زاده و کارگروه مشارکت‌کننده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

در این مطالعه نویسندگان هیچگونه تضاد منافی ندارند.

سطوح لغزنده و اختلاف سطح و موانع محوطه کارگاه بعنوان مخاطرات مهم HSE شناسایی شد که بیانگر هم‌راستا بودن نتایج مطالعه حاضر با مطالعه مذکور می‌باشد [۳۶].

نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه ارزیابی ریسک مخاطرات سلامت، ایمنی و محیط‌زیست مبتنی بر چرخه عمر سیستم با روش FFMEA در یک صنعت پرورش آبزیان در استان هرمزگان بود. ساخت کارخانه تولید و آماده‌سازی خوراک (با دارا بودن ۴۶ درصد از مخاطرات HSE مخاطره‌آمیزترین مرحله چرخه عمر پرورش آبزیان تعیین شد. ریسک ۳۸/۸ درصد از مخاطرات HSE در سطح غیرقابل قبول قرار داشت، بنابراین اجرای اقدامات کنترلی در صنعت پرورش آبزیان مورد بررسی موفقیت‌آمیز نبوده است. حدود ۸۶ درصد مخاطرات HSE شناسایی شده در حوزه سلامت و ایمنی بودند، لذا در صنعت پرورش آبزیان مورد مطالعه باید توجه بیشتری به ایمنی کار و سلامت کارکنان شود. پنج مخاطره با بیشترین تکرار در چرخه عمر صنعت پرورش آبزیان به ترتیب عوامل بیولوژیکی (ابتلا به کووید-۱۹)، سر و صدای ماشین‌آلات، پرتوهای غیریونیزان UV و IR، شرایط جوی نامناسب (دما و

References

- 1- Mohammadfam I, Nikoomaram H, Faridan M. Evaluation of health, safety and environment (HSE) culture. *International Journal of Occupational Hygiene* 2013; 5(1):1-5.
- 2- Fam IM, Nikoomaram H, Soltanian A. Comparative analysis of creative and classic training methods in health, safety and environment (HSE) participation improvement. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2012; 25(2):250-53.
- 3- Crane L, Gantz G, Isaacs SI. Introduction to risk management. In: editor.^editors. ed.: *Extension Risk management education and risk management agency*; 2013.
- 4- Yousefi S, Alizadeh A, Hayati J, Bagheri M. HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: a study of automotive parts industry in Iran. *Safety Science* 2018; 102:144-58.
- 5- Benakka L, Gharbi LZ, Bacroume S, Bejjaji Z, Aouane M. The implementation of the occupational health and safety management system according to OHSAS 18001/2007 in a Moroccan telecommunication company. editor.^editors. The implementation of the occupational health and safety management system according to OHSAS 18001/2007 in a Moroccan telecommunication company. *E3S Web of Conferences*; 2021. EDP Sciences.
- 6- Zhu HL, Liu SS, Qu YY, Han XX, He W, Cao Y. A new risk assessment method based on belief rule base and fault tree analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability* 2022; 236(3):420-38.
- 7- Huang Y, Zhang Z, Tao Y, Hu H. Quantitative risk assessment of railway intrusions with text mining and fuzzy Rule-Based Bow-Tie model. *Advanced Engineering Informatics* 2022; 54:101726. Doi:org/10.1016/j.aei.2022.101726.

- 8- Tzanakakis K. Managing Risks in Railway System. Athens: Springer; 2021.
- 9- Brocal F, González C, Sebastián MA, Reniers GL, Paltrinieri N. Standardized risk assessment techniques: A review in the framework of occupational safety. *Safety and Reliability-Safe Societies in a Changing World* 2018;2889-95.
- 10- McDermott RE, Mikulak RJ, Beauregard MR. FMEA: New York: Taylor & Francis Group; 2009.
- 11- Sharma KD, Srivastava S. Failure mode and effect analysis (FMEA) implementation: a literature review. *Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science* 2018; 5(1&2):1-17.
- 12- Panchal D, Srivastava P. Qualitative analysis of CNG dispensing system using fuzzy FMEA-GRA integrated approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management* 2019; 10:44-56.
- 13- Li H, Díaz H, Soares CG. A failure analysis of floating offshore wind turbines using AHP-FMEA methodology. *Ocean Engineering* 2021; 234:109261 .
Doi:org/10.1016/j.oceaneng.2021.109261.
- 14- Mascia A, Cirafici A, Bongiovanni A ,Colotti G, Lacerra G, Di Carlo M, et al. A failure mode and effect analysis (FMEA)-based approach for risk assessment of scientific processes in non-regulated research laboratories. *Accreditation and Quality Assurance* 2020; 25:311-21.
- 15- Karatop B, Taşkan B, Adar E, Kubat C. Decision analysis related to the renewable energy investments in Turkey based on a Fuzzy AHP-EDAS-Fuzzy FMEA approach. *Computers & Industrial Engineering* 2021; 151:106958 .Doi: org/ 10.1016/j.cie.2020.106958.
- 16- Shih Hc, Ma Hw. Life cycle risk assessment of bottom ash reuse. *Journal of Hazardous Materials* 2011; 190(1-3):308-16.
- 17- Gallego-Schmid A, Tarpani RRZ. Life cycle assessment of wastewater treatment in developing countries: a review. *Water Research* 2019; 153:63-79.
- 18- Barton J, Dalley D, Patel V. Life cycle assessment for waste management. *Waste Management* 1996; 16(1-3):35-50.
- 19- Mitchell RJ, Lystad RP. Occupational injury and disease in the Australian aquaculture industry. *Marine Policy* 2019; 99:216-22.Doi: org/ 10.1016 /j.marpol.2018.10.044.
- 20- Watterson A, Jeebhay MF, Neis B, Mitchell R, Cavalli L. The neglected millions: the global state of aquaculture workers' occupational safety, health and well-being. *Occupational and Environmental Medicine* 2020; 77(1):15-8.
- 21- Theodorou JA, Tzovenis I. A framework for risk analysis of the shellfish aquaculture: The case of the Mediterranean mussel farming in Greece. *Aquaculture and Fisheries* 2023; 8(4):375-84.
- 22- Ngajilo D, Jeebhay MF. Occupational injuries and diseases in aquaculture—a review of literature. *Aquaculture* 2019; 507:40-55 .Doi:org /10. 1016/ j.aquaculture.2019.03.053.
- 23- ISO. Environmental Management, Life Cycle Assessment, Requirements and Guidelines. DIN Deutsches Institut für Normung Publisher. Beuth Verlag, Berlin; 2006.
- 24- Liu HT, Tsai YL. A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science* 2012; 50(4):1067-78.
- 25- Kalbassi MR, Abdollahzadeh E, Salari-Joo H. A review on aquaculture development in Iran. *Ecopersia* 2013; 1(2):159-78.
- 26- Cavalli L, Jeebhay MF, Marques F, Mitchell R, Neis B, Ngajilo D, et al. Scoping global aquaculture occupational safety and health. *Journal of Agromedicine* 2019; 24(4):391-404.
- 27- Mert B, Ercan P. Occupational health and safety in aquaculture industry. editor^editors. *Occupational health and safety in aquaculture industry. Safety and Reliability of Complex Engineered Systems- Proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015, January 2015; 2015.*
- 28- Moreau DT, Neis B. Occupational health and safety hazards in Atlantic Canadian aquaculture: Laying the groundwork for prevention. *Marine Policy* 2009; 33(2):401-11.
- 29- Kobayashi Y, Peters GM, Khan SJ. Towards more holistic environmental impact assessment: hybridisation of life cycle assessment and quantitative risk assessment. *Procedia CIRP* 2015; 29:378-83. Doi:org/10.1016/j.proc.ir.2015.01.064.
- 30- Barberio G, Scalbi S, Buttol P, Masoni P, Righi S. Combining life cycle assessment and qualitative risk assessment: The case study of alumina nanofluid production. *Science of the Total Environment* 2014; 496:122-31 .
Doi:org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.135.
- 31- Barke A, Thies C, Popien J-L, Melo SP, Cerdas F, Herrmann C, et al. Life cycle sustainability assessment of potential battery systems for electric aircraft. *Procedia CIRP* 2021; 98:660-65.
- 32- Feng H, Zhou J, Chai B ,Zhou A, Li J, Zhu H, et al. Groundwater environmental risk assessment of abandoned coal mine in each phase of the mine life cycle: a case study of Hongshan coal mine, North China. *Environmental Science and Pollution Research* 2020; 27:42001-21.

- 33- Ansar MA, Assawadithalerd M, Tipmanee D, Laokiat L, Khamdahsag P, Kittipongvises S. Occupational exposure to hazards and volatile organic compounds in small-scale plastic recycling plants in Thailand by integrating risk and life cycle assessment concepts. *Journal of Cleaner Production* 2021;329:129582 .
Doi:org/10.1016/j.jclepro.2021.129582.
- 34- Gheibi M, Karrabi M, Shakerian M, Mirahmadi M. Life cycle assessment of concrete production with a focus on air pollutants and the desired risk parameters using genetic algorithm. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 2018; 16:89-98.
- 35- Badri A, Gbodossou A, Nadeau S. Occupational health and safety risks: Towards the integration into project management. *Safety Science* 2012; 50(2):190-98.
- 36- Mitchell RJ, Lystad RP. Occupational injury and disease in the Australian aquaculture industry. *Marine Policy* 2019; 99:216-22.