

UTICAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA SKLADIŠNE OBJEKTE S OZBILJNIM RIZICIMA PO OKOLIŠ / IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON STORAGE FACILITIES WITH SEVERE ENVIRONMENTAL RISKS

Maja Rosi¹, Matevž Obrecht¹, Borut Jereb¹, Martin Fale¹, Bojana Slomšek Šlamberger¹, Tina Barič¹, Mirjana Lazarević¹

¹Fakulteta za logistiko, Univerza v Mariboru, Mariborska cesta 7, 3000 Celje, Slovenija;
e-mail: maja.rosi@um.si; matevz.obrecht@um.si; borut.jereb@um.si; martin.fale@um.si;
bojana.slomsek@um.si; tina.baric@um.si; mirjana.lazarevic1@um.si

Izlaganje sa znanstvenog skupa

<https://www.doi.org/10.58952/zr20261501221>

UDK / UDC 551.583:658.7:504

Sažetak

Industrijski pogoni u kojima se koriste ili skladište opasne materije predstavljaju značajan rizik za okoliš, zdravlje ljudi i ekonomske sisteme. Historija industrijskog razvoja bilježi više velikih industrijskih nesreća koje su doprinijele razvoju regulatornih okvira za prevenciju i upravljanje ovakvim rizicima, među kojima važnu ulogu ima i Evropska direktiva Seveso. U posljednjim decenijama sve više pažnje posvećuje se NaTech događajima (Natural Hazard Triggered Technological Events), kod kojih prirodne nepogode poput poplava, oluja, zemljotresa ili klizišta pokreću tehnološke nesreće u industrijskim postrojenjima. Takvi događaji mogu uzrokovati ispuštanje opasnih materija, požare ili eksplozije te imati šire ekološke, društvene i ekonomske posljedice. Rad se temelji na kvalitativnom analitičkom pristupu koji uključuje pregled industrijskih nesreća i NaTech događaja te analizu njihovih ključnih karakteristika. Poseban naglasak stavljen je na povezanost NaTech događaja i klimatskih promjena, budući da povećanje učestalosti ekstremnih vremenskih pojava povećava rizik od tehnoloških nesreća. U diskusiji su predstavljene ključne smjernice i mjere za smanjenje NaTech rizika, koje uključuju unapređenje procjene rizika, prilagođavanje infrastrukture prirodnim nepogodama te jačanje organizacijske spremnosti i otpornosti lanaca snabdijevanja. Rad naglašava važnost cjelovitog pristupa upravljanju industrijskim rizicima u uslovima klimatskih promjena

Ključne riječi: NaTech događaji; industrijske nesreće; klimatske promjene; industrijski rizici; otpornost lanaca snabdijevanja

JEL klasifikacija: Q54, Q53, R41

Abstract

Industrial facilities that handle or store hazardous substances represent significant risks to the environment, human health, and economic systems. The history of industrial development documents several major accidents that have contributed to the establishment of regulatory frameworks for preventing and managing such risks, with the European Seveso Directive playing a key role. In recent decades, increasing attention has been given to NaTech events (Natural Hazard Triggered Technological events), in which natural disasters—such as floods, storms, earthquakes, or landslides—trigger technological accidents in industrial facilities. These events can result in the release of hazardous substances, fires, or explosions, and can have wide-ranging environmental, social, and economic consequences. This paper employs a qualitative analytical approach, including a review of industrial accidents and NaTech events and an analysis of their key characteristics. Special emphasis is placed on the connection between NaTech events and climate change, as the increasing frequency of extreme weather events raises the risk of technological accidents. The discussion presents key guidelines and measures for mitigating NaTech risks, including enhanced risk assessment, infrastructure adaptation to natural hazards, and strengthening organizational preparedness and supply chain resilience. The paper underscores the importance of a comprehensive approach to industrial risk management in the context of climate change.

Keywords: NaTech events; industrial accidents; climate change; industrial risks; supply chain resilience

JEL classification: Q54, Q53, R41

UVOD

Industrijski objekti, posebno skladišni objekti s opasnim materijama, predstavljaju značajan rizik za okoliš, zdravlje ljudi i funkcionisanje privrede. U slučaju nesreća može doći do ispuštanja opasnih materija, požara ili eksplozija, koje mogu imati opsežne ekološke i društvene posljedice. Tradicionalni pristupi upravljanju industrijskom sigurnošću uglavnom su bili usmjereni na sprečavanje tehničkih kvarova, dok su se uticaji prirodnih opasnosti često razmatrali odvojeno.

Posljednjih godina sve se više pažnje posvećuje NaTech događajima (Natural Hazard Triggered Technological Events), pri kojima prirodne nepogode poput poplava, oluja, zemljotresa ili klizišta pokreću tehnološke nesreće u industrijskim postrojenjima. Takvi događaji predstavljaju složen oblik rizika, jer uključuju međudjelovanje prirodnih i tehnoloških faktora te mogu izazvati kaskadne efekte na okoliš, infrastrukturu i privredu.

Značaj razmatranja NaTech rizika dodatno raste u kontekstu klimatskih promjena. Povećanje učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih pojava povećava izloženost industrijskih objekata prirodnim opasnostima, a time i vjerojatnoću tehnoloških nesreća. Skladišni objekti s opasnim materijama pritom su posebno ranjivi, budući da predstavljaju ključne elemente industrijskih i logističkih sistema.

Cilj rada je prikazati pregled industrijskih nesreća i NaTech događaja te analizirati njihovu ulogu u kontekstu klimatskih promjena i otpornosti industrijskih i logističkih sistema.

1. PREGLED INDUSTRIJSKIH NESREĆA I NATECH DOGAĐAJA

Industrijski pogoni u kojima se koriste ili skladište opasne materije predstavljaju važan dio savremene privrede, ali istovremeno i potencijalni rizik po okoliš, zdravlje ljudi i društvo. Nesreće u takvim postrojenjima mogu uzrokovati ispuštanje opasnih materija, požare, eksplozije te opsežno onečišćenje okoliša. Historija industrijskog razvoja bilježi više velikih industrijskih nesreća koje su imale dugoročne posljedice po stanovništvo i okoliš te su značajno utjecale na razvoj regulatornih okvira za prevenciju i upravljanje industrijskim rizicima (European Commission, 2012).

Među najpoznatijim primjerima velikih industrijskih nesreća su događaji u Sevesu u Italiji 1976. godine, Bhopalu u Indiji 1984. godine, Schweizerhalleu u Švicarskoj 1986. godine, Enschedeu u Nizozemskoj 2000. godine, Toulouseu u Francuskoj 2001. godine te Buncefieldu u Ujedinjenom Kraljevstvu 2005. godine. Ovi događaji ukazali su na ozbiljnost rizika povezanih s industrijskim postrojenjima u kojima se rukuje opasnim materijama te naglasili potrebu za učinkovitijim sistemima upravljanja rizicima i nadzora nad industrijskim aktivnostima. Pregled odabranih većih industrijskih nesreća prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1. Primjeri većih industrijskih nesreća s opasnim materijama (Izvor: Obrecht et al., 2025)

Nesreća	Leto	Država	Kratak opis događaja	Glavne posljedice
Seveso	1976	Italija	Isplak dioksina iz kemijskog postrojenja zbog tehničkog kvara	Kontaminacija okoliša i evakuacija stanovništva
Bhopal	1984	Indija	Curenje metil-izocijanata iz kemijskog postrojenja	Jedna od najvećih industrijskih nesreća u povijesti s nekoliko tisuća žrtava
Schweizerhalle	1986	Švicarska	Požar u skladištu kemikalija u blizini rijeke Rajne	Onečišćenje rijeke Rajne i velik utjecaj na vodeni ekosustav

Enschede	2000	Nizozemska	Eksplorzija skladišta pirotehničkih sredstava	Velika materiaalna šteta i smrtne žrtve
Toulouse	2001	Francuska	Eksplorzija u tvornici gnojiva AZF	Opsežna šteta i nekoliko desetaka smrtnih žrtava
Buncefield	2005	Ujedinjeno Kraljestvo	Eksplorzija u skladištu goriva	Jedna od najvećih eksplozija u Europi nakon Drugog svjetskog rata

Kao odgovor na ovakve nesreće, Evropska unija uspostavila je regulatorni okvir za upravljanje industrijskim rizicima, poznat kao Seveso direktiva. Cilj ove direktive je sprečavanje velikih industrijskih nesreća te ograničavanje njihovih posljedica po zdravlje ljudi i okoliš. Direktiva propisuje zahtjeve za operatere industrijskih postrojenja koji moraju provoditi sistemsku procjenu rizika, izrađivati sigurnosne izvještaje te uspostaviti odgovarajuće planove za postupanje u slučaju nesreća. Time se povećava spremnost na vanredne događaje te smanjuje vjerovatnoća i razmjer industrijskih nesreća (European Commission, 2012; European Commission, 2020).

U posljednjim decenijama sve se više pažnje posvećuje i takozvanim NaTech događajima (engl. Natural Hazard Triggered Technological Events). Riječ je o događajima u kojima prirodne nepogode pokreću tehnološke nesreće u industrijskim postrojenjima. Prirodne opasnosti poput poplava, zemljotresa, oluja ili klizišta mogu oštetiti industrijsku infrastrukturu te uzrokovati ispuštanje opasnih materija, požare ili eksplozije. Takvi događaji predstavljaju složene scenarije rizika jer uključuju istovremeno djelovanje prirodnih i tehnoloških faktora te mogu izazvati kaskadne posljedice za okoliš, privredu i društvo (Necci et al., 2018).

Na pojavnost NaTech događaja značajno utiču i klimatske promjene (Necci et al., 2023). Naučne studije pokazuju da se zbog klimatskih promjena povećava učestalost i intenzitet ekstremnih vremenskih pojava, poput obilnih padavina, poplava, oluja i toplotnih valova (UNECE, 2023). Ove pojave mogu direktno ugroziti industrijske objekte i kritičnu infrastrukturu te povećati vjerovatnoću tehnoloških nesreća (Girgin et al., 2019). Osim toga, istovremena pojava prirodnih i tehnoloških nesreća predstavlja veliki izazov za sisteme zaštite i spašavanja, jer zahtijeva koordinirano upravljanje različitim vrstama rizika (UNECE, 2023). U Tabeli 2 prikazani su primjeri NaTech događaja u svijetu.

Tabela 2. Primjeri NaTech događaja u svijetu (Izvor: Obrecht et al., 2025)

Prirodni okidač	Vrsta industrijskog objekta	Opis događaja	Potencijalne posljedice
Poplave	Kemijska industrija	Poplave industrijskih postrojenja i skladišta opasnih materija	Ispuštanje hemikalija, onečišćenje tla i vodenih izvora
Zemljotresi	Industrijska postrojenja s opasnim materijama	Oštećenja spremnika, cjevovoda ili skladišnih objekata	Curenje opasnih materija, požari ili eksplozije
Oluje (vjetровi i ekstremni vremenski uslovi)	Energetski i petrokemijski objekti	Oštećenja infrastrukture uslijed jakih vjetrova ili poplava	Prekidi proizvodnje i onečišćenje okoliša
Klizišta	Industrijski pogoni ili skladišta	Oštećenja objekata i transportne infrastrukture	Ispuštanje opasnih materija i poremećaji u logistici

Ekstremne padavine	Industrijska skladišta	Preopterećenje odvodnog sistema i plavljenje područja	Onečišćenje okoliša i poremećaji u radu postrojenja
--------------------	------------------------	---	---

„NaTech događaji mogu značajno uticati i na funkcionisanje lanaca snabdijevanja i logističkih sistema (Holgado & Niess, 2023). Prirodne nepogode mogu uzrokovati oštećenja transportne infrastrukture, ograničiti pristup industrijskim postrojenjima ili prekinuti tok sirovina, energije i informacija (Jiang et al., 2023). Zbog visoke međusobne povezanosti savremenih proizvodnih sistema, takvi poremećaji mogu izazvati kaskadne efekte u širem ekonomskom prostoru (Mukherjee et al., 2024). Jačanje otpornosti lanaca snabdijevanja stoga zahtijeva cjelovit pristup koji uključuje upravljanje prirodnim rizicima, ali i smanjenje tehnoloških ranjivosti (Mukherjee et al., 2024).”

Projekcije klimatskih promjena dodatno naglašavaju važnost razmatranja ovih rizika. Istraživanja pokazuju da će se intenzitet ekstremnih padavinskih događaja u budućim decenijama povećavati. Povećanje prosječne temperature za 1 °C može dovesti do približno 10 % povećanja intenziteta kratkotrajnih padavina, što povećava vjerovatnoću poplava i klizišta te posljedično i rizik od NaTech događaja. Takvi procesi mogu uticati na rad industrijskih postrojenja i logističke infrastrukture te uzrokovati poremećaje u transportnim i snabdijevnim tokovima (Bertalanič & Merše, 2024).

2. METODOLOGIJA

Istraživanje je provedeno u nekoliko međusobno povezanih koraka, koji uključuju pregled NaTech događaja, analizu ugroženosti industrijskih postrojenja te interpretaciju uticaja prirodnih opasnosti na tehnološke sisteme i lance snabdijevanja.

Istraživanje se temelji na kvalitativnom analitičkom pristupu koji obuhvata pregled NaTech događaja, analizu ugroženosti industrijskih postrojenja te interpretaciju uticaja prirodnih opasnosti na tehnološke sisteme. Cilj ovakvog pristupa bio je identifikovati ključne faktore rizika te razumjeti uticaj prirodnih opasnosti na industrijske sisteme i lance snabdijevanja.

U prvom koraku proveden je pregled dokumentovanih NaTech događaja i većih industrijskih nesreća povezanih s prirodnim opasnostima. Cilj ovog pregleda bio je identifikovati ključne karakteristike NaTech događaja te izdvojiti glavne faktore rizika koji mogu dovesti do tehnoloških nesreća u industrijskim postrojenjima u kojima se koriste ili skladište opasne materije. Analizirane su baze podataka u kojima su evidentirane nesreće u industrijskim postrojenjima, uključujući baze podataka Evropske unije, eNATECH i eMARS, belgijsku bazu podataka EM-DAT, francusku bazu podataka ARIA, njemačku bazu podataka ZEMA te japansku bazu podataka The Japanese Failure Knowledge Database.

U drugom koraku provedena je analiza ugroženosti industrijskih postrojenja koja spadaju u objekte većeg ili manjeg rizika po okoliš (Seveso postrojenja). Analiza se temeljila na javno dostupnim prostornim podacima o prirodnim opasnostima, kao što su karte upozorenja od poplava, integralne karte poplavne opasnosti, karte razreda poplavne opasnosti te karte vjerovatnoće pojave klizišta i nestabilnosti tla. Na temelju tih podataka provedena je prostorna analiza potencijalne ugroženosti pojedinih postrojenja od prirodnih opasnosti.

Na temelju provedenih analiza oblikovane su smjernice i predložene mjere za unapređenje upravljanja rizicima, povećanje otpornosti industrijskih postrojenja te smanjenje okolišnih rizika povezanih s NaTech događajima. Rad je usmjeren na pregled i interpretaciju NaTech događaja, stoga detaljni kvantitativni rezultati i specifične analize nisu predmet ovog rada.

3. REZULTATI

Rezultati analize omogućavaju prepoznavanje ključnih obrazaca i faktora koji utiču na pojavu NaTech događaja te njihovih posljedica po industrijske sisteme.

Pregled NaTech događaja i industrijskih nesreća pokazuje da prirodne nepogode predstavljaju važan okidač tehnoloških nesreća u industrijskim postrojenjima u kojima se rukuje opasnim materijama. Analiza slučajeva industrijskih nesreća ukazuje da prirodne opasnosti mogu uzrokovati oštećenja infrastrukture, otkazivanje sigurnosnih sistema ili ispuštanje opasnih materija. Takvi događaji često imaju i šire posljedice po okoliš, stanovništvo i privredu (Necci et al., 2018).

Među najčešćim prirodnim okidačima NaTech događaja su poplave, ekstremne padavine, klizišta i drugi ekstremni vremenski fenomeni. Ovi događaji mogu uzrokovati oštećenja industrijskih objekata, spremnika, transportnih puteva ili drugih elemenata kritične infrastrukture. Posljedično može doći do ispuštanja opasnih materija, požara ili eksplozija te do poremećaja u odvijanju industrijskih procesa.

Važan aspekt NaTech događaja je i njihov uticaj na logističke sisteme i lance snabdijevanja. Prirodne nepogode mogu uzrokovati oštećenja transportne infrastrukture ili ograničiti pristup industrijskim postrojenjima, što može dovesti do poremećaja u protoku sirovina, energije i informacija. Zbog visoke međusobne povezanosti savremenih proizvodnih sistema, takvi poremećaji mogu izazvati kaskadne efekte u širem ekonomskom prostoru.

3.1. PREGLED KLJUČNIH OKIDAČA NATECH DOGAĐAJA

Pregled dokumentovanih slučajeva pokazuje da su određeni prirodni fenomeni češći okidači tehnoloških nesreća od drugih. Najčešće se radi o hidrološkim i meteorološkim događajima, poput poplava ili ekstremnih padavina, koji mogu direktno uticati na industrijsku infrastrukturu. Pregled najčešćih prirodnih okidača NaTech događaja prikazan je u Tabeli 3. Nalazi ukazuju da hidrološki i meteorološki događaji imaju ključnu ulogu u pokretanju NaTech nesreća.

Tabela 3: Najčešći prirodni okidači NaTech događaja (Izvor: Obrecht et al., 2025)

Prirodna opasnost	Uticaj na industrijska objekte	Moguće posljedice
Poplave	Plavljenje objekata i skladišta opasnih materija	Ispuštanje kemikalija, onečišćenje tla i voda
Ekstremne padavine	Preopterećenje odvodnog sistema i plavljenje infrastrukture	Poremećaji u radu postrojenja
Klizišta	Oštećenja objekata i transportne infrastrukture	Curenje opasnih materija
Jaki vjetrovi i oluje	Oštećenja energetske i komunikacijske sistema	Prekidi rada industrijskih sistema
Potresi	Oštećenja rezervoara i cjevovoda	Požari, eksplozije ili ispuštanje opasnih materija

3.2. UTICAJ NATECH DOGAĐAJA NA INDUSTRIJSKE SISTEME I LANCE SNABDIJEVANJA

Pored neposrednih posljedica za industrijske objekte, NaTech događaji mogu uzrokovati i šire poremećaje u funkcionisanju logističkih i ekonomskih sistema. Industrijska postrojenja često su dio složenih proizvodnih i logističkih mreža, pa poremećaji u radu pojedinog postrojenja mogu dovesti do širenja posljedica kroz lance snabdijevanja. Pregled mogućih uticaja NaTech događaja na industrijske sisteme i lance snabdijevanja prikazan je u Tabeli 4. To naglašava sistemsku prirodu NaTech događaja, budući da njihove posljedice nadilaze pojedinačna industrijska postrojenja.

Tabela 4: Potencijalni uticaji NaTech događaja na industrijske sisteme (Izvor: Obrecht et al., 2025)

Područje uticaja	Opis uticaja
Industrijski objekti	Oštećenja infrastrukture, rezervoara ili skladišta opasnih materija
Okoliš	Onečišćenje tla, voda ili zraka uslijed ispuštanja opasnih materija
Stanovništvo	Povećana izloženost opasnim materijama u slučaju većih nesreća
Logistička infrastruktura	Oštećenja transportnih puteva ili ograničena dostupnost postrojenjima
Lanci snabdijevanja	Poremećaji u protoku sirovina, energije i proizvoda

3.3. POVEZANOST KLIMATSKIH PROMJENA I NATECH DOGAĐAJA

Analiza dostupnih istraživanja pokazuje da klimatske promjene mogu značajno uticati na učestalost NaTech događaja. Povećanje učestalosti ekstremnih vremenskih pojava, poput obilnih padavina, poplava ili oluja, može povećati vjerovatnoću oštećenja industrijske infrastrukture te posljedično i vjerovatnoću tehnoloških nesreća. Porast intenziteta padavinskih događaja može, primjerice, povećati rizik od poplava i klizišta, što predstavlja dodatnu prijetnju industrijskim postrojenjima i logističkoj infrastrukturi (Bertalanich & Merše, 2024; Necci et al., 2023).

Zbog navedenih faktora sve je važnije uključivanje klimatskih rizika u upravljanje industrijskim sistemima i planiranje infrastrukture. Cjelovit pristup upravljanju rizicima stoga mora uključivati kako prevenciju industrijskih nesreća, tako i prilagodbu klimatskim promjenama te jačanje otpornosti industrijskih i logističkih sistema.

Na temelju analize može se zaključiti da NaTech događaji predstavljaju složen oblik rizika koji uključuje međudjelovanje prirodnih opasnosti, industrijskih ranjivosti i izloženosti okoliša i infrastrukture.

4. DISKUSIJA

Rezultati analize naglašavaju važnost sistemskog pristupa razmatranju NaTech rizika u industrijskim postrojenjima, posebno u kontekstu klimatskih promjena. Rezultati pregleda industrijskih nesreća i NaTech događaja pokazuju da prirodne nepogode predstavljaju značajan faktor rizika za industrijske objekte u kojima se rukuje opasnim materijama. Povećana učestalost ekstremnih vremenskih događaja povezanih s klimatskim promjenama dodatno povećava vjerovatnoću oštećenja industrijske infrastrukture te posljedično i rizik od tehnoloških nesreća. Zbog toga uključivanje prirodnih rizika u sisteme upravljanja industrijskom sigurnošću postaje sve važnije (Necci et al., 2023; UNECE, 2023). Nalazi potvrđuju potrebu za integracijom prirodnih rizika u postojeće sisteme upravljanja industrijskom sigurnošću.

Učinkovito upravljanje NaTech rizicima zahtijeva cjelovit pristup koji uključuje procjenu prirodnih opasnosti, prilagodbu infrastrukture te unapređenje spremnosti na vanredne događaje. Pri tome je važno da upravitelji industrijskih postrojenja u procjeni rizika uzimaju u obzir i prostorne karakteristike okoliša, kao što su poplavna područja, područja klizišta ili blizina vodenih tokova. Takav pristup omogućava pravovremenu identifikaciju potencijalnih opasnosti i planiranje odgovarajućih preventivnih mjera.

Na temelju nalaza moguće je definirati nekoliko ključnih smjernica za smanjenje NaTech rizika. Važan element smanjenja rizika predstavlja i prilagodba industrijske infrastrukture prirodnim nepogodama. Među ključnim mjerama su poboljšanje konstrukcijske otpornosti objekata, zaštita kritične infrastrukture od poplava te odgovarajuće uređenje sistema odvodnje padavinskih voda. Takve mjere mogu značajno smanjiti vjerovatnoću oštećenja industrijskih objekata te posljedično i rizik od ispuštanja opasnih materija u okoliš.

Osim tehničkih mjera, važna je i organizacijska spremnost industrijskih postrojenja. To uključuje obuku zaposlenih za postupanje u slučaju prirodnih nepogoda, izradu planova za djelovanje u vanrednim situacijama te osiguravanje odgovarajuće interventne opreme. Redovna obuka zaposlenih i provođenje vježbi postupanja u slučaju nesreća mogu značajno poboljšati spremnost organizacija na krizne situacije.

Posebnu pažnju treba posvetiti i logističkoj infrastrukturi te pristupačnosti industrijskih postrojenja. Prirodne nepogode mogu uzrokovati oštećenja transportnih puteva ili ograničiti pristup interventnih službi pogođenim područjima. Osiguravanje alternativnih pristupnih pravaca i uspostava robusnih logističkih sistema može značajno doprinijeti učinkovitijem odgovoru na vanredne događaje te smanjenju njihovih posljedica.

Na temelju nalaza projekta moguće je identificirati nekoliko ključnih smjernica za unapređenje upravljanja NaTech rizicima u industrijskim postrojenjima. Ove smjernice uključuju prvenstveno poboljšanje procjene rizika, prilagodbu infrastrukture prirodnim nepogodama, jačanje organizacijske spremnosti te unapređenje logističke otpornosti industrijskih sistema. Ključne mjere za poboljšanje upravljanja NaTech rizicima sažete su u nastavku u Tabeli 5.

Tabela 5: Ključne mjere za smanjenje NaTech rizika u industrijskim postrojenjima (Izvor: Obrecht et al., 2025)

Područje djelovanja	Primjeri mjera
Procjena rizika	Analiza prirodnih opasnosti i identifikacija ugroženosti industrijskih objekata
Infrastrukturna otpornost	Izgradnja objekata otpornih na prirodne nepogode, zaštita kritične infrastrukture
Upravljanje opasnim materijama	Sigurno skladištenje i zaštita rezervoara te sistema za zadržavanje opasnih materija
Organizacijska spremnost	Obuka zaposlenih i priprema planova za djelovanje u slučaju nesreća
Logistička otpornost	Osiguravanje pristupačnosti industrijskih postrojenja i alternativnih transportnih puteva

Učinkovito upravljanje NaTech rizicima moguće je samo kroz integrisani pristup koji uključuje tehničke i organizacijske mjere. Kombinacija poboljšane procjene rizika, prilagodbe infrastrukture prirodnim opasnostima te jačanja spremnosti industrijskih organizacija može značajno doprinijeti smanjenju vjerovatnoće i posljedica NaTech događaja. Predložene mjere predstavljaju osnovu za unapređenje otpornosti industrijskih sistema i smanjenje rizika povezanih s NaTech događajima u uslovima klimatskih promjena.”

ZAKLJUČAK

Industrijske nesreče povezane s opasnim materijama predstavljaju značajan rizik za okoliš, stanovništvo i ekonomske sisteme. Pregled većih industrijskih nesreća i NaTech događaja pokazuje da prirodne nepogode mogu značajno uticati na rad industrijskih postrojenja te povećati vjerovatnoću tehnoloških nesreća. Zbog sve učestalijih ekstremnih vremenskih događaja povezanih s klimatskim promjenama, razmatranje NaTech rizika postaje sve važniji dio upravljanja industrijskom sigurnošću. Rad naglašava važnost cjelovitog pristupa upravljanju NaTech rizicima koji uključuje procjenu prirodnih opasnosti, prilagodbu industrijske infrastrukture te jačanje organizacijske spremnosti. Posebnu ulogu ima i otpornost logističkih sistema i lanaca snabdijevanja, budući da poremećaji u industrijskim postrojenjima mogu uzrokovati šire sistemske posljedice. Učinkovito upravljanje NaTech rizicima stoga zahtijeva integraciju okolišnih, tehnoloških i logističkih aspekata te razvoj odgovarajućih preventivnih i respozivnih mjera. Rezultati rada doprinose boljem razumijevanju složenosti NaTech rizika te naglašavaju važnost njihovog uključivanja u planiranje i upravljanje industrijskim sistemima. Dalja istraživanja u ovom području ključna su za razvoj naprednih pristupa upravljanju NaTech rizicima u uslovima klimatskih promjena, kada otpornost postaje presudna za funkcionisanje ekonomskih sistema.

LITERATURA

- [1] Cruz, A. M., & Suarez-Paba, C. (2019). Advances in Natech research: An overview. *Progress in Disaster Science*, 2, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100013>
- [2] European Commission. (2020). *Industrial Emissions Directive*. Pridobljeno s <https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>
- [3] European Commission Joint Research Centre (JRC). (2023). *eNatech database*. Pridobljeno s <https://enatech.jrc.ec.europa.eu/>
- [4] Girgin, S., Necci, A., & Krausmann, E. (2019). Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of Natech accidents. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 101072. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101072>
- [5] Holgado, M., & Niess, A. (2023). Resilience in global supply chains: Analysis of responses, recovery actions and strategic changes triggered by major disruptions. *Supply Chain Management: An International Journal*, 28(6), 1040–1059. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0020>
- [6] Jiang, R., Liu, C., Liu, X., & Zhang, S. (2023). Supply chain resilience of mineral resources industry in China. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2023.
- [7] Krausmann, E., Girgin, S., & Necci, A. (2019). Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 101163.
- [8] Mukherjee, S., Nagariya, R., Mathiyazhagan, K., & Scuotto, V. (2024). Linking supply chain resilience with knowledge management for achieving supply chain performance. *Journal of Knowledge Management*, 28(4), 971–993. <https://doi.org/10.1108/JKM-12-2022-0985>
- [9] Necci, A., & Krausmann, E. (2022). *Introduction to eNATECH*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [10] Necci, A., Girgin, S., & Krausmann, E. (2018). *Understanding Natech Risk Due to Storms*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [11] Obrecht, M., Jereb, B., Rosi, M., Slomšek Šlamberger, B., Fale, M., Lazarević, M., Prestor, J., & Svetina, J. (2025). *Preprečevanje onesnaževanja okolja zaradi izpustov nevarnih snovi v obratih tveganja za okolje z večanjem odpornosti oskrbovalnih verig: Končno poročilo raziskovalnega projekta CRP 2024 (V5-24023)*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko; Geološki zavod Slovenije.
- [12] United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2023). *Industrial accidents convention and natural disasters: Natech*. Pridobljeno s <https://unece.org/environmental-policy/industrial-accidents/industrial-accidents-convention-and-natural-disasters>