

АНАЛІЗ РИЗИКІВ СТИХІЙНИХ ЛИХ У РАМКАХ ПЛАНІВ БЕЗПЕКИ ВОДИ

Дубовик С.Л.

Одеський національний медичний університет

E-mail: sergeydubovik@ukr.net

ANALYSIS OF NATURAL DISASTER RISK WITHIN THE FRAMEWORK OF WATER SAFETY PLANS

Dubovyk S.L.

Odessa National Medical University

Authors information

Дубовик С.Л. (Dubovyk S.L.): <https://orcid.org/0000-0001-7754-1524>

Summary/Резюме

Purpose of the work. Analysis of the main obstacles for water utilities to include natural disasters in the development of their water security plans (WSPs) Research methods. A stakeholder-oriented approach was used, involving a significant number of water utilities (168), water sector enterprises (15) and institutions (68) in the Adriatic-Ionian region through a phased process that allowed for a joint SWOT analysis, the development of a decision support system (DSS) focused on WSP procedures, and practical exercises. Results. The need to address the main practical objectives to increase the resilience of the water supply system to multi-stage hazardous events within the framework of water supply and wastewater plans was justified: to guarantee compatibility between different databases, possibly structured on the basis of GIS; to develop and implement comprehensive impact models over time for shared use by all possible stakeholders; to organize and continuously update a national and transnational register of the impact of natural hazardous events on water supply and sanitation; conduct a detailed and comprehensive risk analysis of the impact of climate change on water supply and sanitation, using a multi-stage approach. A strategic document (REWAS — Adriatic Road map for resistant water supply) has been developed as a Roadmap for sustainable water supply. The need for effective intersectoral and inter-institutional cooperation in the development of sound and reliable Water Security Plans (WSPs) and Water Resources Security Plans (WRSPs) has been emphasized to address the issues of disaster risk analysis for water supply systems (WRSPs).

Keywords: drinking water, water security plan, natural disasters, risk assessment.

Мета роботи. Аналіз основних перешкод для водоканалів у включенні стихійних лих до розробки своїх планів безпеки водопостачання (ПБВ). Методи досліджень. Використано підхід, орієнтований на зацікавлені сторони, за участю значної кількості водоканалів (168), галузевих підприємств водного господарства (15) та установ (68) в Адріатично-Іонічному регіоні через поетапний процес, який дозволив провести спільний SWOT-аналіз, розробити систему підтримки рішень (СППР), зосереджену на процедурах ПБВ, та провести практичні вправи. Результати. Обґрунтовано необхідність вирішення основних практичних цілей для підвищення стійкості системи водопостачання до багатоетапних небезпечних подій у рамках планів водопостачання та водовідведення: гарантувати сумісність між різними базами даних, можливо, структурованими на основі ГІС; розробити та впровадити комплексні моделі впливу з плином часу для спільного використання всіма можливими зацікавленими сторонами; організувати та постійно оновлювати національний та транснаціональний реєстр впливу стихійних небезпечних подій на водопостачання та водовідведення; проводити детальний та комплексний аналіз ризиків щодо впливу зміни клімату на водопостачання та водовідведення, застосовуючи багатоетапний підхід. Розроблено стратегічний документ (REWAS — Adriatic Road map for resistant water supply) як Дорожня карта для стійкого водопостачання. Підкреслено не-

обхідність ефективної міжсекторальної та міжінституційної співпраці у розробці обґрунтованих та надійних Планів безпеки води (ПБВ) та безпеки водних ресурсів (ПБВР) для вирішення питань аналізу ризиків стихійних лих для систем водопостачання (СВПВ).

Ключові слова: питна вода, план безпеки води, стихійні лиха, оцінка ризиків.

Право на безпечну та чисту питну воду та санітарію визнається важливим для повноцінного життя та всіх прав людини» [1]. Європейський Союз визначив ключові стандарти постачання питної води у Директиві ЄС про питну воду 2020/2184 [2], головною метою якої є «захист здоров'я людини від негативного впливу забруднення води, призначеної для споживання людиною, шляхом забезпечення її здоров'я та чистоти, а також покращення доступу до води». Директива рекомендує «Плани безпеки води» (ПБВ) як «комплексний підхід до оцінки ризиків та управління ризиками, який охоплює всі етапи водопостачання від водозбору до споживача» [3] та відповідний та ефективний інструмент для комунальних підприємств питного водопостачання для постійного постачання безпечної питної води. Хоча системи питного водопостачання (СПВ) мають (або повинні мати) плани управління ризиками стихійних лих та управління надзвичайними ситуаціями, переважає підхід, що враховує одну небезпеку. Крім того, існують плани управління річковими басейнами, плани управління ризиками повеней та плани управління посухами, але джерела питної води є лише частиною управління водними ресурсами. Комплексний підхід Планів безпеки води (ПБВ) враховує багато видів небезпек і, як наслідок, вимагає залучення різних секторів та установ, регіональних та місцевих адміністрацій, систем цивільного захисту, водних агентств та водоканалів.

Ризики, пов'язані з екстремальними гідрокліматичними явищами, та шляхи підвищення стійкості служб водопостачання до цих погодних умов лише нещодавно почали розглядатися в рамках ПБВ. У другому виданні посібника з Плану безпеки води (ПБВ 2023) [4] зазначено, що надійне планування безпеки води повинно враховувати вразливість водопостачання до поточних та майбутніх впливів мінливості та зміни клімату. У більш загальному плані дій у сфері стихійних лих (пов'язаних не лише з мінливістю та зміною клімату) слід чітко враховувати в кількох модулях ефективне управління ризиками в процесі розробки ПБВ. Дійсно, в загальних рам-

ках управління та планування дій у надзвичайних ситуаціях, інтеграція та гармонізація різних операційних рівнів, від транскордонного та національного до місцевих, є обов'язковою і зазвичай дуже важкою для досягнення [5].

Наукова література з аналізу ризиків стихійних лих, спеціально присвячена розробці та впровадженню ПБВ, недостатньо аналізує цю проблему, незважаючи на значне збільшення частоти та серйозності стихійних лих в останні роки, що негативно вплинуло на системи водопостачання та водовідведення.

Tsoukalas & Tsitsifli [6] згрупували основні переваги та труднощі, пов'язані з впровадженням ПБВ у Європі, та наголосили на обмежувальних факторах успішного впровадження ПБВ, таких як відсутність законодавства та невідповідні системи моніторингу; обмежений досвід персоналу; складність оцінки всіх потенційних небезпек; відсутність допоміжних заходів. Ці обмеження загострюють труднощі у розробці та впровадженні надійних та ефективних Планів забезпечення безпеки води, особливо з урахуванням стихійних лих, таких як посухи, землетруси та повені, які зазвичай трапляються в масштабі басейну (водозбірної зони) або навіть більше.

Щодо повеней, низка спеціальних досліджень була присвячена основним впливам на системи водопостачання (від джерела до крану): погіршення якості підземних вод [7] та штучних водосховищ [8]; пошкодження інфраструктури [9] та очисних споруд [10]. У кількох дослідженнях, наприклад [11], оцінювався вплив землетрусів на системи водопостачання. Останнім часом зростає інтерес до підходів, які оцінюють вразливість мережі водопостачання (тобто розподільчої інфраструктури) незалежно від небезпеки, що її спричиняє [12]. Щодо посухи, головне питання полягає в тому, як сформулювати таку небезпеку в контексті планів безпеки води (ПБВ), враховуючи численні тригери (тобто дефіцит опадів разом із можливими високими температурами), які явно виходять далеко за межі масштабів ПБВ та вимагають комплексного підходу щодо аналізу ПБВ в цілому [13].

Ризики, пов'язані з повенями та посу-

хами в контексті ПБВ, ще більше посилюються зміною клімату, як це чітко підкреслюється в ПБВ [4]. Хоча це питання є нагальним, існує обмежений досвід включення змін клімату в ПБВ. Огляд літератури Rickert et al. [14] узагальнює світовий досвід щодо ПБВ, включаючи зміну клімату. За період 2010-2018 рр. опубліковано обмежену інформацію про інтегрування аспектів зміни клімату в Плани безпеки води (ПБВ). Це стосується кількох вибраних країн регіонів ВООЗ: Африки, Європи, Південно-Східної Азії та Західної частини Тихого океану. Водночас в глобальному масштабі потрібна додаткова робота. Оскільки кількість екстремальних та катастрофічних подій з далекосяжними та довгостроковими наслідками з кожним роком збільшується, стає дедалі важливішим комплексний підхід до управління стихійними лихами, особливо на середньострокову перспективу [15].

Мета роботи - Розробка структури для інтеграції оцінки ризиків, пов'язаних з багатьма небезпеками, в План безпеки води (ПБВ).

Методи досліджень

Представлене дослідження [16] базувалося на діяльності проекту MUHA, що реалізується установами з Італії, Словенії, Хорватії, Сербії, Чорногорії та Греції. Проект MUHA [17] мав на меті пов'язати чотири небезпеки (посухи, повені, землетруси та аварійне забруднення) та пов'язані з ними ризики для інтегрованого управління системою питної води (водоканали та водні агентства) з механізмами цивільного захисту на національному, міжнародному та європейському рівнях у загальних рамках ПБВ. Ця стаття [16] зосереджена на трьох стихійних лихах серед тих, що розглядаються в проекті (посухи, повені та землетруси).

Підхід проекту MUHA, орієнтований на зацікавлені сторони, включав різні водоканали (168), водні секторальні агентства (15) та органи державної влади (22 національні, 24 регіональні та 22 місцеві) в межах області охоплення проекту на всіх етапах розробки інструментів та результатів. Головною метою цієї роботи була розробка стратегічного документа, який висвітлює основні питання, пов'язані з аналізом ризиків стихійних лих в рамках ПБВ, та пропонує деякі напрямки втручання, головним чином спрямовані на сприяння міжвідомчій співпраці для стійкого управл-

іння водопостачанням. Основними напрямками роботи є SWOT-аналіз, розробка та тестування інструменту прийняття рішень в процесі планування безпеки води (water safety planning procedures decision support system WASPP-DSS) та виявлення вузьких місць у фактичних планах дій у надзвичайних ситуаціях за допомогою настільних навчань, структура яких була спеціально розроблена для цієї мети.

Результати та обговорення

Аналіз, проведений з урахуванням трьох проаналізованих небезпек, дозволив виявити деякі спільні проблеми, пов'язані зі стихійними лихами, які, на думку зацікавлених сторін, потребують ретельного вирішення для належної розробки та впровадження Планів безпеки води (ПБВ).

SWOT-аналіз, проведений як на національному, так і на комунальному рівнях щодо посух, повеней та землетрусів, дозволив визначити основні вузькі місця, з якими стикаються підприємства комунального господарства для належної та надійної розробки та впровадження Планів безпеки води.

Основні елементи, що впливають з проведеного SWOT-аналізу, включають п'ять модулів [3]. Крім того, представлено деякі можливі рішення, запропоновані зацікавленими сторонами згідно з їхнім досвідом.

Модуль 1 — попередні дії, включаючи формування команди з ПБВ

Вузьке місце. Багато елементів слабких місць, зазначених у SWOT-аналізі, стосуються браку даних та спільних процедур аналізу ризиків у масштабі, більшому за масштаб окремого підприємства водопостачання та водовідведення. Ця потреба потенційно впливає на всі модулі рекомендацій ВООЗ щодо надійної розробки ПБВ, від моніторингу стихійних лих до оцінки впливу та пов'язаних з ним ризиків. Варто підкреслити, що SWOT-аналіз чітко вказав на брак спеціальних знань та технічних ресурсів у малих підприємствах водопостачання та водовідведення. Нерідко в малих підприємствах бракує моделі водопостачання та водовідведення та/або сучасного/автоматизованого управління, іноді навіть бракує базових системних даних.

Пропоноване рішення. З самого по-

чатку необхідно створити міждисциплінарну команду, до складу якої входять: (1) поставальники даних (екологічні, метеокліматичні, сейсмічні тощо), (2) установи, яким доручено планування, управління або надзвичайні ситуації, (3) зовнішні експерти та (4) зацікавлені сторони, які займаються питаннями одночасного водокористування. Пропонується створювати різні команди залежно від конкретних небезпек. Крім того, створення консорціумів з кількох водопровідних підприємств, що діють на сусідніх територіях, може сприяти розробці спільних стратегій для підвищення безпеки питної води, а також зменшенню витрат для команд експертів.

Модуль 2 — опис системи водопостачання

Вузьке місце. Проведений SWOT-аналіз підкреслив необхідність спочатку охарактеризувати кожен водопровідну систему (ВС) шляхом структурування аналізу у спільну схему, яка здатна представити всі компоненти ПБВ, перетинаючи кожен компонент з можливими небезпечними подіями та впливом багатьох небезпек. Доцільно застосовувати різні підходи до аналізу залежно від розміру ВС, як зазначено нижче.

Невеликим ВС потрібні керовані та стандартизовані процедури для першого скринінгу власних систем. Середні та великі підприємства водопостачання дуже часто мають справу зі складними системами водопостачання, для яких необхідно розробляти різні ПБВ, пов'язані з різними «підсистемами». «Підсистеми» повинні враховувати ланцюг впливу небезпечних подій з урахуванням їх поширення. Це значно збільшує кількість планів, які потрібно розробити, перевантажуючи необхідну роботу (як для підприємств водопостачання, так і для установ, яким доручено етапи затвердження).

Пропоноване рішення. Потреба малих підприємств водопостачання у керованих та стандартизованих процедурах для першого скринінгу власних систем була вирішена шляхом розробки спеціальної платформи під назвою WASPP-DSS, доступної за адресою <http://muha.apps.vokas.si/home> після реєстрації. Короткий посібник з платформи можна знайти за адресою <https://www.youtube.com/watch?vjbfHxK3aFgsM>.

Модуль 3 — визначення небезпек та оцінка ризиків

Проведений SWOT-аналіз виявив кілька недоліків, пов'язаних з визначенням небезпек та оцінкою ризиків.

Оцінка ймовірності виникнення.

Вузьке місце. Що стосується небезпек посухи та повеней, оцінка «ймовірності виникнення» (оцінка періодів повторення) зазвичай вимагає тривалих часових рядів даних для проведення статистичного аналізу. Відсутність тривалих часових рядів є однією з основних проблем, з якими доводиться стикатися. Це пов'язано або з фактичною відсутністю даних, або з фрагментацією поставальників даних та/або доступністю існуючих баз даних. Крім того, деяка інформація, необхідна для аналізу ризиків, не просто базується на прямих спостереженнях, а спирається на моделі, здатні імітувати фізичні процеси або встановлювати статистично значущі зв'язки. Підходи до моделювання зазвичай не застосовуються, особливо малими та середніми підприємствами з питань стихійних лих.

Пропоноване рішення. З огляду на відсутність тривалих часових рядів, пропонується сприяти доступності та сумісності різних баз даних, доступних для проведення обґрунтованого аналізу ризиків. Щодо діяльності з моделювання, як і для модуля 1, пропонується створювати консорціуми з кількох підприємств з питань стихійних лих, коли бракує необхідної експертизи.

Збір даних про вплив

Вузьке місце. Враховуючи стихійні лиха, одним з основних вузьких місць для надійного аналізу ризиків є збір даних про вплив таких подій, достатньо хороших та численних для проведення надійного статистичного аналізу, здатного пов'язати небезпечні події та впливи, переважно у випадках багатфакторних та нелінійних впливів. Найважливіше обмеження пов'язане з відсутністю спільного «каталогу впливів», який дозволяє використовувати спільну базу даних і таким чином збільшувати статистичну сукупність впливів. Така потреба особливо важлива при роботі з водопостачанням та каналізацією з кількох причин: (а) весь ланцюг від водних ресурсів до користувачів схильний до кількох небезпек, які в деяких випадках перетинаються, таких як стихійні лиха, хімічні та біологічні

фактори; (b) моніторинг небезпечних подій доручається різним учасникам (водогосподарським підприємствам, моніторинговим агентствам, регуляторним органам, державним установам, цивільному захисту); (c) навпаки, моніторинг впливу зазвичай доручається єдиному керівнику водних ресурсів, що перешкоджає ефективному обміну даними про вплив; (d) різниця у водопостачанні та каналізації в різних країнах обумовлює необхідність ефективного обміну даними та процедурами.

Пропоноване рішення. Наполегливо рекомендується створити національний структурований «каталог впливу» небезпечних подій на водопостачання та каналізацію, який включає: компоненти досліджуваної системи; каталог можливих небезпечних подій; каталог можливих впливів та зв'язків з ініціюванням небезпечних подій; каталог можливих заходів щодо пом'якшення наслідків. Каталоги повинні бути спільними та визнаними всіма учасниками, залученими до управління водними ресурсами, з метою значного збільшення статистичної бази, необхідної для обґрунтованої оцінки ймовірності виникнення впливу. Наразі структурований «каталог впливів» (принаймні в області ADRION, що розглядається в цій роботі /16/) відсутній як на національному, так і на транснаціональному рівнях.

Зміна клімату.

Вузьке місце. Зміна клімату сильно загрожує стійкості систем водопостачання (головним чином тих, що покладаються на одне джерело води) через поточне та майбутнє збільшення кількості екстремальних явищ.

Пропоноване рішення. Доцільно обмінюватися між підприємствами водопостачання, що належать до однорідних кліматичних районів, аналізами поточної модифікації режиму опадів та температури, а також оцінювати майбутні режими та пов'язаний з ними вплив на доступність водних ресурсів, використовуючи глобальні та регіональні кліматичні моделі. З точки зору багатофакторного підходу, ці кліматичні, гідрологічні та гідрогеологічні аналізи є обов'язковими також при розгляді небезпек, не пов'язаних безпосередньо зі зміною клімату (таких як землетруси): загальна доступність водних ресурсів сильно впливає на загальний ризик у разі перетину різних ефектів уздовж «ланцюга впливів», що може призвести до дефіциту води (незалежно від

причини).

Майбутні потреби у воді та її споживання

Вузьке місце. Розробка ефективного ПБВ вимагає надійної оцінки не лише поточної та майбутньої доступності води, але й поточних та майбутніх потреб у воді та її споживання, особливо у випадках одночасного використання. У досліджуваних районах ці дані та оцінки часто надаються (якщо такі існують) різними установами, і досі не існує централізованої бази даних.

Пропоноване рішення. Наполегливо рекомендується сприяти ефективному багаторівневому управлінню водними ресурсами для створення централізованих «обсерваторій» у масштабі найбільших водозбірних басейнів, що охоплюють не лише менеджерів питної води, але й менеджерів водних ресурсів для інших цілей (зрошення, виробництво енергії тощо).

Модуль 4 — визначення та перевірка заходів контролю, переоцінка та визначення пріоритетів ризиків.

Вузьке місце. Традиційно інформація про вплив стихійних лих, таких як посуха, повінь чи землетрус, на водні ресурси під час минулих подій, все ще спирається на наземні дані. Наприклад, щодо повеней, то площа затоплених територій у минулому отримувалася з фрагментарних джерел даних (наприклад, фотографій, відео, прямих свідчень, показників, отриманих з відео, записаних під час польотів гелікоптерів тощо), тому невизначеність може впливати на визначену територію.

Можливе рішення. Сьогодні використання супутникових даних високої роздільної здатності може являти собою значне покращення, особливо при інтеграції з наземними даними за допомогою методів моделювання (аналіз великих масивів даних, підходи цифрових двійників тощо). Кілька водоканалів визнали, що такий підхід може бути дуже корисним для переоцінки та визначення пріоритетів ризиків, але це зазвичай долає внутрішні навички та компетенції водоканалів, особливо найменших.

Модуль 5 — розробка, впровадження та підтримка плану покращення/ модернізації. Інвестиції, необхідні для значної модифікації системи.

Вузьке місце. Оцінка фактичного стану інфраструктур водопостачання та їхньої фактичної вразливості до стихійних лих часто відсутня. З проведеного SWOT-аналізу чітко випливають проблеми, пов'язані зі старінням інфраструктури та критеріями старого проектування.

Можливе рішення. Для підтримки визначення інвестицій, необхідних для значної модифікації системи, необхідно провести надійний аналіз ризиків на основі інтеграції різних елементів: (а) локальна оцінка статистичних характеристик конкретної небезпеки; (б) оцінка впливу на окремих компонент водопостачання з урахуванням його конкретної вразливості, також стосовно його віку; (в) можливий вплив по «ланцюгу впливів». Такий аналіз має сприяти визначенню інвестицій, необхідних для значної модифікації системи.

Для ефективної боротьби з надзвичайними подіями операторам цивільного захисту необхідно знати про завдання як на етапі, що передуює можливій надзвичайній ситуації, так і під час самої надзвичайної ситуації. Для цього вкрай важливо впроваджувати адекватні навчальні програми для операторів, які проходять перевірку під час навчань.

Міжвідомчі відносини між підприємствами цивільного захисту, системами цивільного захисту та водними агентствами є дуже складними і вони повинні залучати багато інших державних та приватних установ, особливо в умовах дуже фрагментованої інституційної структури. Хоча управління водними ресурсами в усіх країнах базується на політиці та директивах ЄС, застосування керівних принципів має бути гнучким через відмінності в розмірі (великий, середній, малий), просторовому масштабі (регіональний, місцевий), джерелі (ґрунтові води, поверхневі води або суміш) систем водопостачання та інституційній структурі.

На основі результатів навчальних досліджень було запропоновано план дій для підвищення надійності планів водопостачання та водовідведення. План дій, адресований в першу чергу підприємствам цивільного захисту, базується на комплексному підході, що

забезпечує логічну послідовність дій та зв'язок зі стратегічним баченням, і включає всі необхідні елементи для досягнення стратегічних цілей. План дій розроблено за трьома пріоритетними напрямками:

- Удосконалення процедур планування та моніторингу безпеки водних ресурсів, орієнтованих на готовність та реагування на надзвичайні ситуації.
- Підвищення ефективності структур управління та міжвідомчої співпраці, також у транснаціональному контексті.
- Удосконалення необхідних заходів, що сприяють ефективному функціонуванню механізму планування безпеки водних ресурсів.

Стратегічний документ REWAS-ADRION

Стратегія REWAS-ADRION розроблена за п'ятьма пріоритетними напрямками та включає сім цілей. Потім вона була розроблена у вигляді конкретних планів дій, адресованих водоканалам, службам цивільного захисту та водним агентствам. У планах дій зазначено конкретні та практичні цілі, пов'язані з пріоритетними напрямками та цілями стратегічних документів REWAS-ADRION. Для кожного завдання пропонуються заходи, інструменти, зацікавлені сторони, які мають бути залучені, та можливі обмеження.

Варто наголосити, що стратегія REWAS-ADRION не задумана як «всеохоплюючий» документ, який необхідно розглянути під час розробки та впровадження Планів безпеки води (ПБВ). Це радше документ, який вказує на основні питання, пов'язані з аналізом ризиків стихійних лих у рамках ПБВ, та пропонує деякі напрямки втручання, головним чином спрямовані на сприяння міжвідомчій співпраці у сфері стійкого водопостачання. Фактично, всі заходи, виконані із зацікавленими сторонами, позначені як фундаментальні вимоги для боротьби зі стихійними лихами в контексті міжвідомчої співпраці ПБВ як на рівні планування, так і на операційному рівні.

Висновки

Результати цього дослідження можуть вказати на деякі основні практичні цілі, які необхідно вирішити для підвищення стійкості системи водопостачання до багатоетапних небезпечних подій у рамках планів водопос-

тачання та водовідведення:

- гарантувати сумісність між різними базами даних, можливо, структурованими на основі ГІС;
- розробити та впровадити комплексні моделі впливу з плином часу (системи раннього попередження та процедури аналізу ризиків) для спільного використання всіма зацікавленими сторонами (головним чином у випадку спільної експлуатації);
- організувати та постійно оновлювати національний та транснаціональний реєстр впливу стихійних небезпечних подій на водопостачання та водовідведення;
- проводити детальний та комплексний аналіз ризиків щодо впливу зміни клімату на водопостачання та водовідведення, застосовуючи багатоетапний підхід; з цією метою наполегливо рекомендується підтримка наукової спільноти.

References/Література

1. United Nations. (2010). The human right to water and sanitation (UN Resolution 64/292).
2. European Union. (2020). Directive 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast). Official Journal of the European Union, L 435.
3. World Health Organization. (2009). Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. WHO Press. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/75141>
4. World Health Organization. (2023). Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers (2nd ed.). WHO Press.
5. World Health Organization. (2017). Climate-resilient water safety plans: Managing health risks associated with climate variability and change. WHO Press.
6. Tsoukalas, D. S., & Tsitsifli, S. (2018). A critical evaluation of water safety plans (WSPs) and HACCP implementation in water utilities. *Proceedings*, 2 (11), 600. <https://doi.org/10.3390/proceedings2110600>
7. Sweya, L. N., & Wilkinson, S. (2020). A tool for measuring environmental resilience to floods in Tanzania water supply systems. *Ecological Indicators*, 112, 106165. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106165>
8. Chou, F. N. F., & Wu, C. (2010). Reducing the impacts of flood-induced reservoir turbidity on a regional water supply system. *Advances in Water Resources*, 33 (2), 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.10.011>
9. Arrighi, C., Tarani, F., Vicario, E., & Castelli, F. (2017). Flood impacts on a water distribution network. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17 (12), 2109–2123. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-2109-2017>
10. See, K. L., Nayan, N., & Rahaman, Z. A. (2017). Flood disaster water supply: A review of issues and challenges in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7 (10), 525–532. <https://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v7-i10/3406>
11. Pagano, A., Giordano, R., & Portoghesi, I. (2022). A pipe ranking method for water distribution network resilience assessment based on graph-theory metrics aggregated through Bayesian belief networks. *Water Resources Management*, 36 (13), 5091–5106. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03293-z>
12. Shuang, Q., Liu, H. J., & Porse, E. (2019). Review of the quantitative resilience methods in water distribution networks. *Water*, 11 (6), 1189. <https://doi.org/10.3390/w11061189>
13. Serio, F., Martella, L., Imbriani, G., Idolo, A., Bagordo, F., & De Donno, A. (2021). The water safety plan approach: Application to small drinking-water systems—Case studies in Salento (South Italy). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (8), 4360. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084360>
14. Rickert, B., van den Berg, H., Bekure, K., Girma, S., & de Roda Husman, A. M. (2019). Including aspects of climate change into water safety planning: Literature review and case studies from Ethiopian urban supplies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222 (5), 744–755. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.007>
15. Rodriguez-Alvarez, M. S., Gutierrez-Lopez, A., Iribarnegaray, M. A., Weir, M. H., & Seghezze, L. (2022). Long-term assessment of a water safety plan (WSP) in Salta, Argentina. *Water*, 14 (19), 2948. <https://doi.org/10.3390/w14192948>
16. Amadio, J., Kanakoudis, V., Dimkic, D., Matic, B., Banovec, P., Boljat, I., Campione, E., Curk, B. C., Duro, A., Kovac, D., ... Romano, E. (2024). Natural hazard risk analysis in the framework of water safety plans. *Journal of Water and Health*, 22 (3), Article 451. <https://doi.org/10.2166/wh.2024.124>
17. MUHA project. (2023). MUHA: MUltiHAzard framework for water-related risk management. Layman's report. https://muha.adrioninterreg.eu/wp-content/uploads/2023/02/WPM_3.4_Layman_report_FINAL-compressed.pdf

Вперше надійшла до редакції 22/07.2025 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування