

**Linee guida per la gestione delle
problematiche relative alla
contaminazione da inquinanti emergenti
e la prevenzione dei rischi**

**Guidelines to control and manage issues
related to contamination from emerging
pollutants and risk prevention**

Nota introduttiva

Il presente documento contiene le Linee guida proposte nell'ambito del progetto LIFE PHOENIX per controllare e gestire i problemi relativi alla contaminazione delle risorse idriche da inquinanti emergenti e alla prevenzione dei rischi. Le Linee guida sono state sviluppate sulla base delle esperienze e dei principali risultati prodotti nell'ambito del progetto LIFE PHOENIX. Queste linee guida includono soluzioni tecniche elaborate dal progetto (protocolli di analisi, metodi e strumenti per raccogliere e confrontare i dati, procedure di gestione ecc.) per offrire assistenza possibile ad altre istituzioni e autorità regionali / locali che stanno affrontando problemi simili. Il documento finale è strutturato come una raccolta dei principali risultati prodotti nell'ambito del progetto LIFE PHOENIX, seguendo la sua struttura originale suddivisa in diverse azioni (operative, di monitoraggio, di disseminazione).

Le linee guida sono state finalizzate dopo riunioni tecniche effettuate in modalità a distanza con diffusione internazionale, in particolare nei Paesi UE, durante le quali è stata discussa una bozza preliminare, in modo da condividere esperienze e migliorare il nostro approccio.

Questo documento viene proposto sia in lingua italiana che in inglese per una più ampia diffusione nazionale e internazionale.

Introductory note

This document contains the guidelines proposed within the LIFE PHOENIX project to control and manage problems related to the contamination of water resources by emerging pollutants and risk prevention. The Guidelines were developed on the basis of the experiences and main results produced within the LIFE PHOENIX project. These guidelines include technical solutions developed by the project (analysis protocols, methods and tools for collecting and comparing data, management procedures, etc.) to offer possible assistance to other institutions and regional / local authorities that are facing similar problems. The final document is structured as a collection of the main results produced within the LIFE PHOENIX project, following its original structure divided into different actions (operational, monitoring, dissemination).

The guidelines were finalized after online technical meetings with international partners, in particular in EU countries, during which a preliminary draft was discussed, in order to share experiences and improve our approach.

This document is proposed both in Italian and in English for a wider national and international diffusion.

Sommario

| | |
|--|----|
| Nota introduttiva..... | 2 |
| Introductory note | 2 |
| Versione in lingua italiana | 5 |
| 1. Governance e strumenti operativi | 5 |
| 1.1 Obiettivo della governance | 5 |
| 1.2 Istituzione di Commissioni e Comitati tecnici | 6 |
| 1.3 Self-analysis check-list per individuare capacità e lacune del sistema di gestione..... | 10 |
| 1.4 Sistema informativo e statistico di dati..... | 10 |
| 1.5 Monitoraggio della contaminazione chimica | 12 |
| 1.6 Valutazione degli impatti economici..... | 14 |
| 2 Strumenti di mitigazione del rischio..... | 16 |
| 2.1 Contaminazione della risorsa idropotabile | 16 |
| 2.2 Contaminazione della risorsa acqua ad uso irriguo | 17 |
| 3 Strumenti previsionali | 18 |
| 3.1 Modello numerico previsionale di dispersione | 18 |
| 3.1.1 Implementazione del modello | 19 |
| 3.1.2 Calibrazione e Validazione..... | 20 |
| 3.1.3 Risultati del modello numerico: Il campo di flusso sotterraneo e il Bilancio idrogeologico | 20 |
| 3.1.4 Simulazioni di flusso e trasporto | 21 |
| 3.2 Metodologie di early warning | 23 |
| 4. Piano di Comunicazione | 25 |
| 4.1 Attività educative con le scuole per sensibilizzare gli studenti sull'uso consapevole della risorsa ambientale interessata dagli inquinanti studiati nel progetto;..... | 26 |
| 4.2 Esempio Iniziativa per le scuole secondarie di secondo grado sulla tematica della risorsa acqua.. | 27 |
| 5. Esempi | 29 |
| 5.1 Come agire in caso di emergenza: esempio di estrazione dei dati e operazioni | 29 |
| 5.2 Integrazione del DWH nei Piani di Sicurezza sulle Acque (PSA) e il Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025..... | 31 |
| Version in English language..... | 33 |
| 1. Governance and operational tools..... | 33 |
| 1.1 Goals of governance..... | 33 |
| 1.2 Establishment of Commissions and Technical Committees..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 1.3 Self-analysis check-list to identify management system skills and gaps..... | 38 |
| 1.4 Information and statistical data system..... | 39 |
| 1.5 Monitoring of chemical contamination..... | 40 |
| 1.6 Socio-economic impact analysis..... | 42 |
| 3 Forecast tools..... | 46 |
| 3.1 Forecast numerical model of dispersion..... | 46 |
| 3.1.1 Implementation of the model..... | 47 |
| 3.1.2. Calibration and Validation..... | 48 |
| 3.1.3-. Results of the numerical model: The underground flow field and the hydrogeological balance | 48 |
| 3.1.5. Flow and transport simulations..... | 49 |
| 3.2 Early warning methodologies..... | 51 |
| 4 Communication Plan..... | 53 |
| 4.1 Educational activities in schools to raise awareness among students on informed use of resources found in the surrounding environment that are also interested by the pollutants under study in the project..... | 54 |
| 4.2 Example Initiative for secondary high schools on the issue of water resources..... | 55 |
| 5. EXAMPLES..... | 57 |
| 5.1 How to act in an emergency: example of data extraction and operations..... | 57 |
| 5.2 Integration of DWH within the Water Safety Plans (PSA)..... | 59 |

Versione in lingua italiana

1. Governance e strumenti operativi

1.1 Obiettivo della governance

L'obiettivo principale di LIFE PHOENIX è l'implementazione di un modello di *governance* delle emergenze dovute a contaminazioni ambientali con potenziale effetto sulla salute umana; ciò presuppone l'istituzione a livello di governo "regionale" di una Commissione o cabina di regia in grado di raccogliere tutte le strutture con competenza in tema di ambiente e salute, che possa governare temi trasversali, come si configurano i temi ambientali con un impatto sulla salute dei cittadini e quindi sulla salute umana.

La necessità di una rete integrata Ambiente e Salute, che si traduce in una modalità di lavoro basata su un approccio inter-istituzionale, che costituisce la base fondante del modello di *governance*, appare quanto mai urgente. Infatti molti dei più importanti documenti di programmazione comunitari e nazionali spingono per la creazione della rete Ambiente e Salute; tra questi si pensi alla recente Direttiva sulle acque destinate al consumo umano 2184/2020 ma anche al Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025 (approvato con intesa Stato-Regioni il 6 agosto 2020).

Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025

approvato con intesa Stato-Regioni il 6 agosto 2020

- Istituzione di una rete regionale integrata Ambiente e Salute, comprendente rappresentanti del SSN e del SNPA
- Elaborazione di programmi di attività intra e inter-istituzionali e di progetti multi ed inter-disciplinari, intersettoriali e integrati su ambiente e salute
- Sviluppo di un sistema informativo nazionale integrato ambiente e salute
- Sviluppo dei sistemi informativi a livello territoriale per consentire lo scambio delle informazioni tra le autorità e gli enti coinvolti nella materia delle acque destinate al consumo umano

Questi documenti di programmazione individuano come livello ottimale di e quello regionale, al fine di organizzare un sistema di controllo e analisi del rischio con approccio preventivo. Quindi creare rete e mettere in condivisione esperienze e soprattutto dati, attraverso strumenti tecnologici a supporto della *governance*.

Il progetto Phoenix, anticipando queste esigenze, ha implementato un modello di *governance* regionale delle emergenze dovute a contaminazioni ambientali con potenziale effetto sulla salute umana. Per poter verificare se il modello avrebbe risposto con la dovuta efficacia nell'analisi, valutazione e gestione del rischio connesso a questo tipo di fenomeni, si è proceduto ad incentrare il modello sulla *governance* di eventi di contaminazione dovuti a particolari composti, persistenti e mobili (Persistent and Mobile Organic Compounds, PMOC), e di questi in particolare la famiglia dei PFAS a catena corta. Si tratta di sostanze persistenti e mobili nell'ambiente, cioè in grado di raggiungere ed accumularsi in comparti come le riserve idriche per l'acqua destinata al consumo umano e i vegetali anche edibili, i profili eco-tossicologici dei quali non sono ancora molto conosciuti e che non trovano ancora una disciplina normativa che detti dei valori di riferimento. Queste sostanze, come del resto tutti i contaminanti emergenti, pongono un grande problema per i *policy makers* sulle azioni e decisioni da intraprendere per poter tutelare l'ambiente e quindi la salute della collettività.

1.2 Istituzione di Commissioni e Comitati tecnici

Il modello di *governance* regionale implementato con Phoenix, come sistema organizzato di controllo e analisi del rischio con approccio preventivo, ha previsto la creazione di alcuni tasselli fondamentali sui quali poggia il modello stesso.

Innanzitutto, è stata prevista l'istituzione di una Commissione Permanente Regionale/Commissione Ambiente e Salute a carattere multidisciplinare composta da tutti i dirigenti delle strutture ed agenzie deputate ai temi ambiente e salute dell'ente regionale/territoriale delegato al governo del territorio in esame. Si tratta di una **Commissione**, il cui ruolo consiste nel coordinare e proporre le possibili soluzioni ai decisori politici sui temi che necessariamente devono prevedere sia le considerazioni di natura ambientale, sia quelle relative alla tutela della salute umana. Caratteristiche di questa struttura tecnica trasversale Ambiente e Salute, sono state individuate nel seguente elenco:

- Presenza del tavolo di coordinamento: la Commissione deve essere individuata con un provvedimento che preveda la composizione e le precise competenze (mandato chiaro);
- Definizione di un protocollo di comunicazione all'interno della Commissione.
- a livello regionale: l'ambito di intervento ottimale è il territorio regionale, anche in considerazione del fatto che non esistono confini amministrativi per le matrici ambientali quali l'aria, l'acqua e i suoli;
- Un assetto inter-istituzionale ma prima ancora intra-istituzionale. La creazione di una rete Ambiente e Salute è necessaria anche a livello di Ente Regione; si tratta di comprendere che tematiche come quelle relative ad Ambiente e Salute devono necessariamente prevedere un lavoro di scambio, di condivisione al fine di analizzare e poter valutare tutti gli aspetti della tematica e consentire l'individuazione delle possibili soluzioni e/o strumenti di mitigazione del rischio;

- Un approccio interdisciplinare: i fenomeni di contaminazione ambientale con impatto sulla salute umana rappresentano problemi complessi che per essere affrontati non possono prescindere dalla partecipazione al tavolo di lavoro, di persone con competenze diverse, specialistiche sui vari fattori ambientali e sanitari da indagare;
- Coinvolgimento della Comunità Scientifica: quali Centri di Ricerche e studi, Accademie. Si tratta di persone altamente specializzate e competenti che possono dare dei contributi indispensabili per le valutazioni e la gestione del rischio derivante dall'evento.
- Utilizzo di sistemi innovativi a supporto. Il tema della condivisione dei dati e quindi della creazione di strumenti informativi, come il datawarehouse (DWH) di Phoenix, che raccolgono dati di tipo ambientale e sanitario in grado di fornire elaborazioni a precise interrogazioni, risultano essere strumenti imprescindibili. Tali strumenti dovranno essere affiancati da modelli numerici previsionali di dispersione nello spazio e nel tempo, della contaminazione (analisi e previsione andamento spazio-temporale del *plume*)
- Adeguati strumenti di mitigazione. Fondamentale, per mitigare il rischio di esposizione, è l'utilizzo di strumenti di mitigazione del rischio efficaci e innovativi ma soprattutto sostenibili a livello ambientale (ad esempio la fitodepurazione su scala reale per depurare le acque irrigue da PFAS).
- Predisposizione di un Piano di Comunicazione alla Cittadinanza in caso di evento di contaminazione, con particolare riferimento all'esposizione all'acqua potabile e agli alimenti.

Composizione della Commissione Ambiente e Salute della Regione del Veneto, istituita con deliberazione della Giunta regionale 862 in data 13.06.2017 e successive modificazioni.

Direttore Generale Area Sanità e Sociale o suo delegato
Direttore Generale Area Tutela e Sviluppo del Territorio o un suo delegato (coordinatore)
Avvocato Coordinatore dell'Avvocatura Regionale o suo delegato
Direttore della Direzione Ambiente o suo delegato
Direttore della Direzione Difesa del Suolo o suo delegato
Direttore della Direzione Agroambiente, Caccia e Pesca o suo delegato
Direttore della Direzione Prevenzione, Sicurezza Alimentare, Veterinaria o un suo delegato
Direttore Generale di ARPAV o un suo delegato
Direttore U.O. Assetto Idrico Integrato e Tutela delle Acque
Direttore U.O. Tutela dell'Atmosfera
Direttore U.O. Bonifica e irrigazione
Direttore U.O. Bonifiche ambientali e progetto Venezia
Responsabile Sistema Epidemiologico Regionale o suo delegato
Il Referente ARPAV per la tematica PFAS.

Nel modello di *governance* di Phoenix, la Commissione Permanente Regionale relativamente alla complessità della gestione di sostanze non regolamentate e in molti casi poco conosciute per i potenziali effetti sulla salute umana, è supportata da un gruppo di lavoro (**Comitato/Board Scientifico**), composto dalle principali accademie, centri di ricerca, istituti scientifici di carattere locale ma anche nazionale ed internazionale.

Composizione del Comitato tecnico scientifico di supporto alla Commissione Ambiente e Salute della Regione del Veneto, istituito con deliberazione della Giunta regionale n. 380 in data 26.03.2018

Coordinatore della Commissione Ambiente e Salute, con funzioni di presidente;
Dipartimento di Biotecnologie dell'Università degli Studi di Verona;
Direttore della Scuola di Valutazione e Gestione del Rischio Chimico dell'Università degli Studi di Padova;
Un referente del Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università degli Studi di Padova;
Un referente del Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova;
Un referente del CRIEP - Centro di Ricerca Interdipartimentale sull'Economia Pubblica;
Un referente del CNR-IDPA (Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali)
Un referente del CNR-IRSA (Istituto di Ricerca sulle Acque)
Un referente del Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica dell'Università Cà Foscari di Venezia;
Un rappresentante dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità);
Un referente del Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova;
Un referente della Scuola di Ingegneria dell'Università di Padova.

Tale gruppo scientifico di lavoro supporta tramite i propri referenti, individuati di volta in volta in relazione al tema trattato, la Commissione Regionale Permanente/Ambiente e Salute, contribuendo alle attività di questa attraverso le conoscenze e competenze scientifiche. Per poter procedere con una valutazione del rischio, la Commissione e il Comitato dovranno poter disporre di alcuni strumenti utili in questa valutazione.

Il progetto LIFE PHOENIX ha individuati due pilastri di prioritaria importanza, che sono stati implementati *ex-novo* con le attività progettuali:

- **Datawarehouse (DWH):** un sistema informativo statistico centralizzato, alimentato da dati provenienti dagli Enti che detengono le informazioni di carattere ambientale e sanitario del territorio regionale. Tale sistema, produrrà su opportuna richiesta, da parte delle persone autorizzate con profili di accesso diversificati in relazione al ruolo ricoperto

(in base ad un protocollo di accesso codificato), delle reportistiche e/o estrazioni di dati e informazioni in grado di supportare l'analisi di rischio (vedasi paragrafo 1.4).

- **Modello numerico previsionale:** un modello matematico previsionale di flusso e trasporto dell'inquinante in grado, attraverso alimentazione sistematica con dati di monitoraggio ambientale, di prevedere il propagarsi del *plume* di contaminazione nello spazio e nel tempo e quindi di prevedere la diffusione dell'inquinante (vedasi paragrafo 3.1).

La Commissione Regionale Permanente/Ambiente e Salute supportata dal Comitato Scientifico avrà il compito di gestire l'eventuale contaminazione di una o più matrici ambientali da sostanze emergenti utilizzando gli strumenti necessari a produrre una corretta valutazione del rischio. La gestione della contaminazione dovrà essere supportata dall'utilizzo di strumenti in grado di restituire dati utili alla ricostruzione della dimensione del fenomeno: fonte/i di origine, territorio interessato, le matrici ambientali impattate, numerosità della popolazione esposta, attività agricole coinvolte, caratteristiche geografiche e orografiche dell'area, etc. Un approccio tempestivo consentirà alla Commissione Regionale Permanente/Ambiente e Salute, sempre supportata dal Comitato Scientifico, di adottare delle misure di mitigazione e contenimento del rischio che mettano in sicurezza ambiente e cittadini, provvedendo nel contempo ad analizzare più approfonditamente l'evento. Inoltre, attraverso il modello previsionale integrato dai sistemi di *early warning*, sarà possibile procedere a esaminare la diffusione del *plume* di contaminazione nelle varie matrici in termini spazio-temporali.



1.3 Self-analysis check-list per individuare capacità e lacune del sistema di gestione

Con la “**Self-analysis check-list**” (ACTION B₁, DELIVERABLE 1) si identifica un primo strumento utile alle Istituzioni coinvolte nel valutare la propria capacità di implementare il modello di *governance* proposto ed eventualmente le risorse necessarie per colmare alcune lacune. La *self-analysis check-list* riassume, per ogni specifica azione operativa, di monitoraggio e di disseminazione, quali sono le condizioni minime per poter agire seguendo il modello proposto da LIFE PHOENIX e quali siano i passaggi fondamentali per garantire il buon esito dell’implementazione a livello locale/regionale.

Il documento è strutturato come una lista di controllo che guida l’utente istituzionale nell’autovalutazione delle proprie competenze e del proprio assetto organizzativo in rapporto al modello di *governance* proposto, mettendo in evidenza quali siano i requisiti preliminari necessari per essere pronti in caso di inquinamento della risorsa idrica da un contaminante emergente. Tali requisiti vengono declinati secondo le diverse linee sviluppate dal progetto LIFE PHOENIX (sistema istituzionale di *governance*, sistema informativo, innovazione e sviluppo tecnologico, modelli previsionali, monitoraggio ambientale, valutazione dell’impatto socio-economico, comunicazione e disseminazione), delineando i ruoli e i rapporti tra i diversi attori istituzionali coinvolti (Commissione, Comitato Tecnico-Scientifico, referenti per la comunicazione) ed esplicitando le funzioni svolte dagli strumenti progettuali a supporto dell’analisi di rischio, dalle strategie di mitigazione e dalla comunicazione.

1.4 Sistema informativo e statistico di dati

Uno dei requisiti fondamentali per la conduzione di valutazioni del rischio ambientale e sanitario è la disponibilità di basi dati il più possibile aggiornate e integrate. Per rispondere a questa esigenza, è necessario creare un sistema informativo e statistico che raccolga in un unico *repository* basi dati possedute da Enti diversi e tra loro eterogenee (DataWareHouse - DWH), mettendole in relazione tra loro con lo scopo di restituire un valore informativo superiore.

Tale sistema informativo attraverso la sua implementazione può rispondere ad una serie di quesiti relativi alla natura, pericolosità e provenienza dei contaminanti, alle loro modalità di diffusione nell’ambiente, all’estensione dell’area di impatto, al possibile interessamento della filiera idro-potabile e agro-alimentare. A tal fine, all’interno del progetto LIFE PHOENIX è stato costituito un gruppo di lavoro interdisciplinare che ha definito gli obiettivi e i contenuti del sistema informativo, individuando le informazioni necessarie riguardanti l’orografia e la geomorfologia del territorio, la distribuzione dei bacini idrografici, dei distretti irrigui e delle reti idro-potabili, la localizzazione delle fonti di pressione, le possibili produzioni agricole interessate, i dati di monitoraggio ambientale e di tipo sanitario. Il sistema informativo sviluppato in base a queste indicazioni è in grado di produrre vari tipi di reportistica, sia di tipo

preconfigurato sia su interrogazione libera da parte degli utenti istituzionali. I dati sono riportati su un sistema cartografico, in modo da permettere la visualizzazione su mappa e l'effettuazione di analisi geo-spaziali, relativamente all'utilizzo di modelli previsionali di diffusione dei contaminanti si è proceduto ad una prima analisi del desiderato. Un sistema informativo così concepito potrà diventare, quindi, lo strumento istituzionale di riferimento per le attività di *risk analysis* e successivamente di *risk management*, risultando utile sia in fase preventiva, sia in risposta ad eventuali emergenze ambientali. Il modello si è rivelato quanto mai replicabile in tutte le fasi di processo che ne ha visto la realizzazione, dall'analisi delle fonti dati, alla messa a punto di informazioni e di interventi atti a migliorare la bontà del dato, ad una elaborazione e normalizzazione dei dati raccolti, ad una pianificazione della periodicità dell'aggiornamento del flusso dei dati fino alla definizione delle modalità di rappresentazione secondo le indicazioni del gruppo di lavoro.

Il sistema informativo e statistico è stato concepito e realizzato come uno strumento avanzato di *business intelligence* destinato all'utilizzo da parte di utenti esperti appartenenti agli Enti con competenze in materia Ambiente e Salute. Allo scopo di garantire un utilizzo appropriato e un'adeguata protezione dei dati contenuti, l'accesso è consentito previa abilitazione. È in corso l'elaborazione di una procedura scritta per definire i ruoli e profili di accesso e le relative responsabilità.

La struttura del DWH e la sua implementazione passo dopo passo fino all'ottenimento di un *web portal* che agevola la sua interrogazione è stata sviluppata e descritta nei vari *deliverables* sviluppati con l'azione B2. I documenti "**Acts to rule data access and timeline to update databanks**" (ACTION B2, DELIVERABLE 1) e "**Model of Data**" (ACTION B2, DELIVERABLE 2) individuano i quesiti a cui il DWH è in grado di rispondere, le informazioni necessarie per fornire risposte significative e gli Enti detentori delle stesse, la periodicità di aggiornamento del DWH, gli attributi dei diversi *dataset* e le loro possibili interrelazioni. Con il documento "**Procedures to feed data bank**" and "**ETL procedures**" (ACTION B2, DELIVERABLES 3 and 4) sono stati descritti nel dettaglio i dati che popolano il DWH in base alla loro disponibilità in formato digitale e strutturato, le procedure ETL utilizzate per alimentarlo, nonché la struttura e i requisiti funzionali che consentono al DWH di essere uno strumento che facilita la collezione, la consultazione e l'analisi dei dati raccolti. Per la realizzazione del Sistema informativo e statistico è stata individuata una piattaforma basata su un'architettura ad alte prestazioni unificata, aperta e flessibile che supporta l'elaborazione dati in *cloud*. La piattaforma integra un Data Warehouse e strumenti per l'elaborazione di modelli predittivi e di reportistica multi-layer. Il documento "**Data warehouse Solution design**" (ACTION B2, DELIVERABLE 5) descrive la soluzione tecnologico/applicativa utilizzata fornendo dettagli in merito alle componenti di Infrastruttura tecnologica, ai software applicativi, al modello dati e alle politiche di gestione del dato che hanno consentito lo sviluppo e la configurazione dello strumento. A completamento dello sviluppo del portale web di accesso al DWH e del "**Business intelligence software**"

(ACTION B2, DELIVERABLE 6) è stato predisposto un **Manuale d'uso** che guida gli utenti abilitati nelle varie funzionalità di reportistica del sistema informativo.

Il modello di Sistema informativo sviluppato nell'ambito dell'azione B2, al pari del metodo di lavoro interdisciplinare utilizzato per svilupparlo, è replicabile e trasferibile ad altri contesti. Elemento fondamentale per garantire la sostenibilità dell'azione è un forte *commitment* da parte delle strutture competenti e il coinvolgimento attivo degli Enti conferitori dei dati, soprattutto nelle fasi di elaborazione, di analisi e di fruizione di quanto prodotto. Considerata la buona riuscita dell'azione, nel prossimo futuro la Regione del Veneto intende consolidare e far evolvere il Sistema informativo attraverso l'integrazione di ulteriori flussi dati, lo sviluppo di nuove funzionalità e di nuovi report, al fine di farlo diventare lo strumento istituzionale principe per l'analisi di rischio in particolare nell'ambito della sicurezza delle filiere idro-potabili.

1.5 Monitoraggio della contaminazione chimica

Per lo sviluppo del modello di *governance* una delle condizioni essenziali è quella di conoscere quanto più dettagliatamente possibile le proprietà dei contaminanti chimici direttamente coinvolti, in particolare: le loro proprietà chimico-fisiche intrinseche, il loro comportamento e destino ambientale, le proprietà eco-tossicologiche verso gli ecosistemi e quelle tossicologiche sulla salute umana. Questi dati devono essere ricercati nella letteratura scientifica di riferimento e successivamente devono essere inseriti come dati di Progetto nel sistema informativo e statistico, alimentando a loro volta il DWH.

Contemporaneamente è necessario individuare uno o più Enti che possano mettere a disposizione le proprie strutture laboratoristiche per la messa punto delle procedure di analisi degli specifici contaminanti emergenti nei diversi comparti individuati e per lo svolgimento di tali analisi, come specificato nella *self-analysis check-list*.

Si fornisce quindi un primo documento dettagliato che illustra le procedure di prova (PdP) che si adotteranno per l'analisi chimica dei contaminanti emergenti nelle principali matrici: acqua, suolo, matrice vegetale e matrice animale (ACTION C1, DELIVERABLE "Analytical validated procedures (SOPs) for the determination and quantification of PFAS and precursors in environmental monitoring"). La determinazione dei contaminanti emergenti nelle matrici ha il duplice scopo sia di testare l'efficienza degli strumenti di mitigazione adottati, che di valutare la distribuzione dei contaminanti nei siti di monitoraggio individuati in supporto ai sistemi previsionali. Infatti, l'analisi simultanea degli inquinanti in esame in diverse matrici raccolte in un preciso momento e determinato luogo, secondo un piano di monitoraggio studiato *ad-hoc* nella zona interessata dall'inquinamento, non solo fornisce una fotografia dello stato dell'inquinamento in un preciso momento, ma aiuta anche a comprendere la ripartizione degli inquinanti nei diversi comparti ambientali, agevolando i decisori nel definire le priorità degli interventi da attuare. Il documento dovrà essere aggiornato ogni qual volta vengono ridefinite le

procedure analitiche (per esempio con il miglioramento della sensibilità analitica, se è necessaria l'introduzione di nuovi contaminanti riscontrati durante la contaminazione in atto, con l'adozione delle migliori tecniche disponibili).

Altra risorsa fondamentale è la documentazione riguardante il **piano di monitoraggio ambientale** (*ACTION C1, DELIVERABLEs "First general report on the status of the environmental monitoring", "Second general report on the status of the environmental monitoring"*). I reports illustrano innanzitutto la progettazione del piano di monitoraggio chimico fornendo indicazioni su: il criterio di scelta delle stazioni di campionamento, la localizzazione geografica delle stazioni di campionamento, la tipologia di compartimenti da analizzare con le specifiche matrici da monitorare identificate per le analisi (es: acqua sotterranea/superficiale, terreno, specie vegetale, specie animale), la frequenza temporale dei vari prelievi. Inoltre viene riportato lo *status* dei campionamenti a metà del piano di monitoraggio e al termine della campagna di indagine. I risultati delle analisi, oltre a essere forniti come allegato ai documenti, alimentano il DWH come dati di progetto e sono a immediata disposizione dei fruitori individuati del sistema informativo-statistico.

I risultati generali ottenuti nel corso del monitoraggio possono essere così riassunti:

- L'elevata mobilità dei PFAS nelle matrici acqua e aria ne favorisce la diffusione in tutti i comparti ambientali
- Una sorgente puntuale significativa può impattare un'area molto vasta
- Il suolo costituisce un sistema tampone efficace per i PFAS a catena lunga ma non per quelli a catena corta che vengono captati dalle piante

Quali approfondimenti sono ancora necessari?

- Studi sulla diffusione dei PFAS attraverso la rete trofica terrestre, dagli invertebrati come i lombrichi fino agli uccelli e ai mammiferi
- Determinazione delle concentrazioni di fondo nel suolo e nei prodotti agricoli
- Migliore comprensione e caratterizzazione della dispersione atmosferica
- Valutazione del ruolo del ciclo dei rifiuti e dei siti industriali dismessi
- Necessità di stabilire esposizione di fondo attraverso le diverse vie espositive

1.6 Valutazione degli impatti economici

La valutazione degli impatti economici direttamente e indirettamente connessi a un fenomeno di inquinamento idrico e alle strategie di mitigazione connesse necessita un'analisi orientata su più fronti.

Da un punto di vista prettamente economico-ambientale, è fondamentale individuare in maniera precisa la risorsa ambientale il cui valore è dinamico nel tempo a causa della perdita di qualità/quantità disponibile nell'ambiente, identificandone i valori e i metodi d'uso da parte del tessuto sociale e industriale dell'area di impatto (l'acqua potabile è, in termini economico-ambientali, una risorsa ecosistemica differente rispetto all'acqua ad uso irriguo, vista la chiara differenza degli scopi di utilizzo sottostanti). È poi necessario sviluppare una corretta metodologia (es. meta-analisi, questionari, *value transfer*) volta al calcolo della disponibilità a pagare (*willingness to pay*, WTP) degli individui esposti alla contaminazione per potenziali variazioni nella quantità/qualità della risorsa idrica in oggetto, fondamentale vista l'inesistenza per le risorse idriche in senso stretto (come la qualità dell'acqua potabile) di un mercato che ne regolamenti il prezzo. Valutare questi aspetti è la chiave di studio idonea al calcolo dei benefici sociali derivanti da progetti di ri-valorizzazione e/o mitigazione ambientale come il LIFE-PHOENIX.

Inoltre, gli impatti sul tessuto sociale e industriale che caratterizza l'area contaminata richiedono la definizione e la raccolta della giusta mole di dati necessaria a individuare gli effetti dell'evento inquinante oggetto di analisi sulle singole percezioni individuali (gli individui risponderanno al fenomeno sempre in relazione a quello che "pensano" essere corretto), comportamenti di acquisto di prodotti commerciali legati direttamente o indirettamente alla risorsa colpita, performance delle imprese che operano in settori connessi alla stessa (come appare intuitivo questi ultimi due aspetti sono strettamente correlati). Su questo fronte, le metodologie corrette non possono astenersi dal valutare gli effetti differenziali della contaminazione sugli agenti economici operanti nelle aree contaminate rispetto alla totalità di individui e di imprese operanti in regimi regolari sul resto (almeno) del territorio regionale.

In particolare, dall'analisi sul tessuto industriale nei settori potenzialmente a rischio nell'area inquinata, è emerso come le aziende agricole e di allevamento medio grandi non abbiano risentito di un'influenza negativa significativa del fenomeno sulle performance di ordinaria amministrazione. Gli impatti, lì dove presenti, sarebbero da individuare nel settore delle micro-aziende (es. rivenditori agricoli), su cui però le difficoltà di reperimento dati sono evidenti. Da qui perciò, l'esigenza, in contesti analoghi, di effettuare una raccolta dati ed un monitoraggio costante sulle performance di questi piccoli player in maniera preventiva, così da poter quantificare gli eventuali danni al settore in caso di eventi di contaminazione di portata simile e predisporre piani di recovery ad hoc.

La corretta definizione dei piani di monitoraggio e sorveglianza della popolazione esposta ai contaminanti è inoltre necessaria per rendere queste misure il più efficienti possibili anche in una

situazione di emergenza. Metodologie come le valutazioni costo-minimizzazione e costo-efficacia effettuate in via preventiva garantiscono la realizzazione dei risultati di monitoraggio desiderabili con la più conveniente gestione delle risorse di input. Le diverse analisi economiche sanitarie si differenziano per i diversi approcci e metodologie di calcolo dei benefici e di valutazione delle strategie alternative, ma condividono la necessità di un'analisi dei costi. Monitorare i costi sanitari legati all'emergenza parallelamente alle azioni effettuate per fronteggiarla, creando una sovrastruttura preposta a tal scopo, è stato l'obiettivo di questa sottoazione.

La realizzazione di studi epidemiologici su larga scala di popolazioni non esposte è richiesta per confrontare e analizzare l'eventuale aumento di alcune patologie e poterne quantificare l'eventuale impatto nella popolazione esposta.

L'attivazione di attività di monitoraggio sanitario della popolazione esposta ha portato ad un numero elevato di diagnosi di patologie che sono state identificate prima del previsto rispetto alla normale attività di monitoraggio degli individui, permettendo di intervenire e prevenire il peggioramento in alcuni episodi. Di conseguenza, ci sono potenziali benefici di questa attività di monitoraggio che devono essere presi in considerazione come potenziali costi evitati per la collettività.

Un elemento che è emerso come rilevante indicazione di miglioramento per programmi analoghi riguarda la necessità di un approccio multidisciplinare non solo nella gestione e fase di valutazione ex-post, ma anche nella programmazione iniziale e nelle attività di ricerca annesse. Il primo ciclo di monitoraggio ha prodotto una grande quantità di dati raccolti e questa attività di raccolta può essere maggiormente coordinata fra le diverse discipline, fornendo dettagli e riferimenti dei progetti esistenti collegati alle istituzioni coinvolte, come il progetto Life Phoenix stesso.

I livelli di adesione effettivi al programma hanno confermato quanto era stato inizialmente previsto e al fine di valutare il potenziale impatto complessivo è importante definire quanti cicli di attività di monitoraggio vengono svolti e considerare se i livelli di adesione al programma rimangono costanti o variano nel corso del tempo e come includere le persone che non hanno aderito inizialmente.

La varietà di esami specialistici sostenuti nel piano di sorveglianza richiede particolare attenzione perché può essere facilmente soggetta a implementazioni come è successo per alcuni filoni di approfondimento specifici e possono essere considerati come un livello aggiuntivo di analisi che può costituire un ulteriore costo da contemplare.

La fase preliminare e di coordinamento delle attività fra le istituzioni rappresenta una delle spese più consistenti dovute al tempo dedicato dal personale per adattare tipologie di screening, già esistenti, a questo contesto che presenta pochi studi comparabili a livello internazionale. Se questo programma venisse considerato come un modello, potrebbero essere ridotti

significativamente questi costi dedicando le risorse all'adattamento al proprio contesto specifico.

Un altro elemento di potenziale riduzione dei costi riguarda l'implementazione dei servizi di convocazione e comunicazione tramite strumenti digitali, processo che è già stato accelerato dalle necessità e restrizioni imposte dal Covid19.

La valutazione degli impatti economici direttamente e indirettamente connessi a un fenomeno di inquinamento idrico e alle strategie di mitigazione connesse necessita un'analisi di valutazione economica orientata su più fronti.

I due deliverables (*ACTION C2, DELIVERABLEs "Meta Analysis Report", "Dataset of health costs description"*), sviluppati all'interno della rispettiva azione di monitoraggio permettono di guidare la conduzione e successiva valutazione dell'impatto socio-economico.

2 Strumenti di mitigazione del rischio

Il sistema di *governance* sviluppato con LIFE PHOENIX si propone di fornire linee guida per le misure di mitigazione da mettere in atto in fase emergenziale. Le strategie di contenimento, messe in "campo" per contenere e/o cercare di ridurre la portata dell'inquinamento della risorsa acqua presente in un'area, devono riguardare sia la risorsa idrica per uso consumo umano, quindi tutta la filiera idropotabile, sia l'acqua utilizzata in agricoltura per usi irrigui e/o per l'abbeveraggio.

2.1 Contaminazione della risorsa idropotabile

In caso di contaminazione della risorsa idropotabile, devono tempestivamente essere messi in atto, in modo mirato ed efficace visto il possibile diretto rischio per la salute umana, gli interventi necessari a ripristinare la qualità dell'acqua. Le resine a scambio ionico, quale sistema più efficace per il trattenimento delle sostanze più polari e mobili, come i PFAS a catena corta, potrebbero essere adottate a integrazione dei tradizionali filtri a carboni attivi molto efficaci, anche in condizioni emergenziali, per trattenere inquinanti organici idrofobici. Il coinvolgimento dei distributori in rete di acqua potabile (es. Servizi Idrici Integrati o Consorzi di distribuzione dell'acqua per uso potabile, ove presenti) è di fondamentale importanza e, nel sistema di *Governance* proposta da Life Phoenix, è per questo già prevista l'integrazione delle loro *key information* all'interno del DWH. LIFE PHOENIX ha realizzato e testato un sistema a livello di impianto pilota per verificare la validità dell'impiego di resine a scambio ionico (non era realizzabile l'obiettivo di trasporto su scala reale).

È chiaro che l'implementazione di nuovi sistemi di purificazione dell'acqua potabile deve essere prima testata in impianti pilota per poi essere applicata su scala reale; per questo sono necessarie la valutazione e la condivisione degli stakeholder direttamente coinvolti. In ogni caso, il percorso di riqualificazione della risorsa idrica prevede che, a partire dal pozzo di attingimento,

l'acqua destinata alla rete idropotabile debba essere trattata con sistemi di filtrazione per eliminare tutto il particolato presente in sospensione, che altrimenti potrebbe sovraccaricare qualunque sistema filtrante in pochissimo tempo, rendendo il processo di mitigazione completamente inutilizzabile. Dopo questa prima filtrazione è necessario procedere al passaggio su sistemi di adsorbimento delle molecole inquinanti, collegati a valle delle pompe di attingimento dei pozzi e utilizzati fino ad esaurimento del loro potere adsorbente, per poi essere rigenerati o sostituiti.

Attualmente i carboni attivi, per quanto presentino elevato potere di saturazione, comportano alti costi di smaltimento. Un incremento notevole dell'utilizzo dei carboni attivi si traduce in un aumento dei costi per la collettività in termini di aumenti di tariffe di usufrutto e di maggior produzione di scarto non rigenerabile. L'applicazione in un sistema pilota delle resine a scambio ionico è risultata una possibile valida alternativa per la rimozione di sostanze mobili e persistenti e richiede adeguati approfondimenti per essere estesa su scala reale, soprattutto per la rigenerazione *in situ*, che si presuppone più economica ed ecosostenibile rispetto al destino dei carboni attivi esausti.

Il report di efficacia dell'impianto pilota di resine a scambio ionico (*ACTION B₃ – DELIVERABLE* "Efficiency report on ion resin pilot plant") permette al gestore del servizio idrico di valutare una possibile implementazione su scala reale di un impianto *ad hoc* per trattare la filiera coinvolta.

2.2 Contaminazione della risorsa acqua ad uso irriguo

Per le acque utilizzate in agricoltura per scopo irriguo e/o di abbeveraggio, LIFE PHOENIX ha verificato il vantaggio di proporre soluzioni di tipo naturale, come l'utilizzo della capacità fitodepurativa di alcune piante che si trovano comunemente negli ambienti acquatici e nelle zone umide (*ACTION B₃ – DELIVERABLE* "Constructed wetlands"). Lo studio della fitodepurazione su scala pilota (*ACTION B₃ – DELIVERABLE* "Efficiency report on phytodepuration pilot plant") ha dimostrato una rilevante efficacia per i PFAS e quindi viene proposta su scala reale con l'utilizzo delle *constructed wetlands* e a seguire con il possibile trattamento secondario delle piante.

Le aree umide naturali e quelle artificiali sono luoghi utilizzati per la capacità di assorbimento delle macrofite acquatiche (come *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, ecc.) per ridurre i carichi di azoto, fosforo, solidi sospesi e ottimizzare gli effetti della depurazione sulle acque reflue. Questa loro capacità può essere utilizzata, come anche documentato in letteratura scientifica, per assorbire dall'acqua inquinanti di tipo organico, come sostanze mobili e persistenti (PMOC). Nei test eseguiti in tre aree umide si sono verificate le capacità, da parte delle piante, all'assorbimento e al trattenimento dei PFAS. L'impiego di aree umide può essere una metodologia efficace per ridurre nel tempo la quantità di inquinante presente, dal momento che le aree umide sono sistemi che non necessitano di interventi esterni né di una rigenerazione, in quanto le piante si mantengono sotto forme diverse durante tutto l'anno (pianta in primavera-

estate, rizoma in autunno-inverno) (*ACTION B3 - DELIVERABLE* "Efficiency report on constructed wetland systems").

L'esperienza di LIFE PHOENIX porta a proporre una strategia di utilizzo di piante dal potere depurativo (come *Phragmites australis*, ecc.) negli ambienti acquatici, umidi e lacustri dei bacini idrici regionali. Una pianificazione preventiva di innesto/piantumazione di queste piante, ove possibile, in ambiente idoneo, può portare a una azione di mitigazione utile in caso di eventuali eventi di contaminazione da sostanze chimiche con le caratteristiche già descritte. Un secondo aspetto di grande importanza, che va organizzato, riguarda il conferimento delle piante di fragmite sfalciate a siti di smaltimento preposti. La proposta LIFE PHOENIX è il conferimento degli sfalci verso siti di smaltimento *ad hoc*, in grado di poter incenerire lo sfalcio senza che ci sia l'emissione di prodotti tossici, generando calore con la trasformazione del rifiuto in una possibile fonte di energia. Questo surplus energetico potrebbe essere utilizzato come fonte economica per coprire i costi di sfalcio e trasporto, in modo da poter innescare un circolo virtuoso (economia circolare) in grado di autoalimentarsi, permettendo una mitigazione delle sostanze inquinanti a costi ridotti e, in ogni caso, a beneficio dell'ambiente.

3 Strumenti previsionali

3.1 Modello numerico previsionale di dispersione

La modellizzazione numerica delle acque sotterranee è un potente strumento per studiare l'evoluzione spazio-temporale degli inquinanti, fornendo un pieno supporto alle decisioni con informazioni scientifiche e tecniche.

Il progetto LIFE PHOENIX si è proposto di agire a livello preventivo sulla possibile diffusione della contaminazione, cercando di rispondere alla domanda: "In che direzione si sta diffondendo l'inquinamento, e in quanto tempo?". Gli strumenti previsionali innovativi che sono proposti con il progetto vogliono essere riproducibili e adattabili alle diverse situazioni e contesti geografici in modo che possano essere adottati nel modo più diretto possibile.

Negli scenari di contaminazione delle acque sotterranee la disponibilità di un modello idrogeologico numerico di flusso e di trasporto permette di individuarne la potenziale origine e, attraverso la simulazione dell'evoluzione spazio temporale dell'inquinamento, individuare i possibili bersagli che determinano una esposizione della popolazione (es. opere di captazione idropotabili) attraverso la perimetrazione del territorio interessato dalla contaminazione.

Lo strumento modellistico risulta inoltre fondamentale per definire quantitativamente la dinamica e la massa del contaminante idrodisperso, introducendo analisi predittive (scenari di rischio) e conferendo un pieno e completo supporto scientifico alle decisioni per la mitigazione del rischio.

I reports per l'implementazione del **modello numerico di flusso in stato stazionario**, con relativa **calibrazione del modello** (*ACTION B4.1, DELIVERABLEs* "Calibrated and validated

numerical model", "Report of the implemented numerical model for the transient states") e della validazione del modello numerico (ACTION B4.1, DELIVERABLE "Calibrated and validated numerical model") vengono proposti come documenti facilmente e direttamente consultabili. La specifica applicazione nell'inquinamento da PFAS della zona considerata nel caso studio Veneto è illustrata attraverso scenari nel documento "Forecast scenario output from the numerical model" (ACTION B4.1, DELIVERABLE 6). Questo documento presenta diverse simulazioni di trasporto effettuate per PFAS di nuova (cC6O4 e HPFO-DA) e vecchia generazione (PFOA).

3.1.1 Implementazione del modello

Una lunga e complessa analisi geologica, geomorfologica e idrogeologica è stata sviluppata per definire il corretto modello concettuale tridimensionale (Figura 1). Molti dati geologici, strutturali, geomorfologici e geofisici hanno supportato lo sviluppo di questa fase di implementazione del modello. Al fine di fornire un modello geologico a scala di bacino, l'acquifero alluvionale è stato semplificato in due strati distinti. Il primo rappresenta la copertura superficiale che diventa più spessa nella media pianura; il secondo rappresenta l'acquifero formato da depositi alluvionali permeabili (ghiaie, sabbie e limi). L'analisi della distribuzione e delle caratteristiche dei materiali alluvionali ha permesso l'individuazione di zone a diversa conducibilità idraulica.

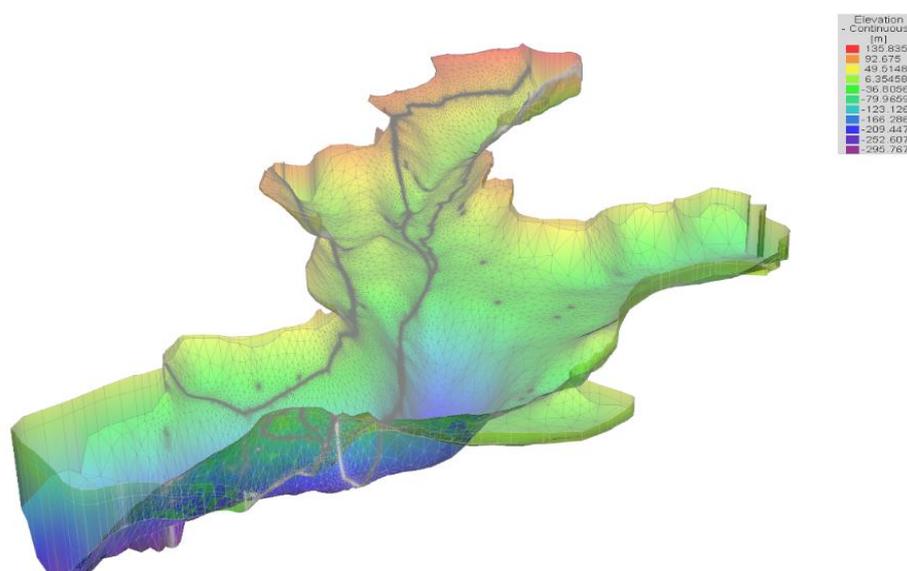


Figura 1 Rappresentazione del substrato roccioso ricostruita per la realizzazione del modello idrogeologico

Tra le varie condizioni al contorno implementate nel modello, l'infiltrazione efficace, determinata secondo il metodo di Kennesey, è stata integrata assieme l'infiltrazione dovuta all'irrigazione. Sono stati inoltre inseriti i valori della dispersione dei corsi d'acqua ottenuti da studi bibliografici specifici. I prelievi delle derivazioni sotterranee sono stati suddivisi in tre

gruppi principali: pozzi acquedottistici, pozzi industriali e agricoli con portata >10 l/s; prelievi generalizzati con portata inferiore a <10 l/s.

Le indagini geofisiche e idrogeologiche condotte in campo nel corso del progetto hanno inoltre permesso di migliorare la conoscenza di alcuni aspetti idrogeologici non sufficientemente conosciuti. Infine una importante attività di indagine ha riguardato la determinazione sperimentale dei coefficienti di adsorbimento sito specifici, effettuando prove di adsorbimento e desorbimento di sostanze pure, secondo la metodica OECD 106/2000, su terreni e suoli reali prelevati nelle aree di interesse.

3.1.2 Calibrazione e Validazione

Una importante fase dell'implementazione ha riguardato la taratura e la validazione del modello di flusso. I processi di taratura e la validazione garantiscono infatti che un modello realizzato fornisca delle simulazioni aderenti alla realtà. In altre parole, queste fasi sono decisive per definire la qualità e la precisione. Nel caso del flusso, l'obiettivo principale della calibrazione è quello di limitare, il più possibile, le differenze tra i livelli delle acque sotterranee misurati e i livelli prodotti della simulazione in un adeguato numero di punti di controllo

3.1.3 Risultati del modello numerico: Il campo di flusso sotterraneo e il Bilancio idrogeologico

Il primo risultato ottenuto del modello numerico è la simulazione del flusso delle sotterranee nell'area studiata che ha permesso di studiare e simulare il campo di moto sotterraneo dell'area oggetto di studio, e l'effetto della variazione dei gradienti idraulici su questo parametro.

Nel caso specifico dell'area, è stato possibile comprendere come il deflusso freatico diverga verso due direzioni: una verso NE, entrando nella valle del torrente Retrone, e un'altra verso sud seguendo il lato nord occidentale dei monti Berici verso Lonigo.

Uno dei controlli più importanti eseguiti durante le varie simulazioni ha riguardato l'analisi del bilancio idrogeologico. Il modello numerico infatti, attraverso la continua quantificazione degli afflussi e dei deflussi, fornisce i termini quantitativi dei volumi di acqua in entrata e in uscita del sistema acquifero modellizzato. Questo permette di ottenere importanti informazioni sia sui fattori di ricarica che di drenaggio del sistema e della loro importanza relativa. I singoli termini del bilancio idrologico espressi in metri cubi al secondo sono riportati nella figura 2 seguente:

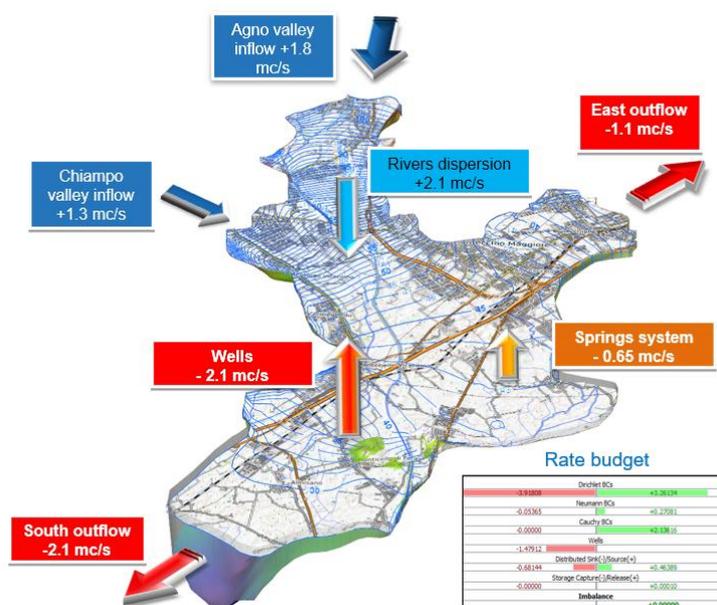
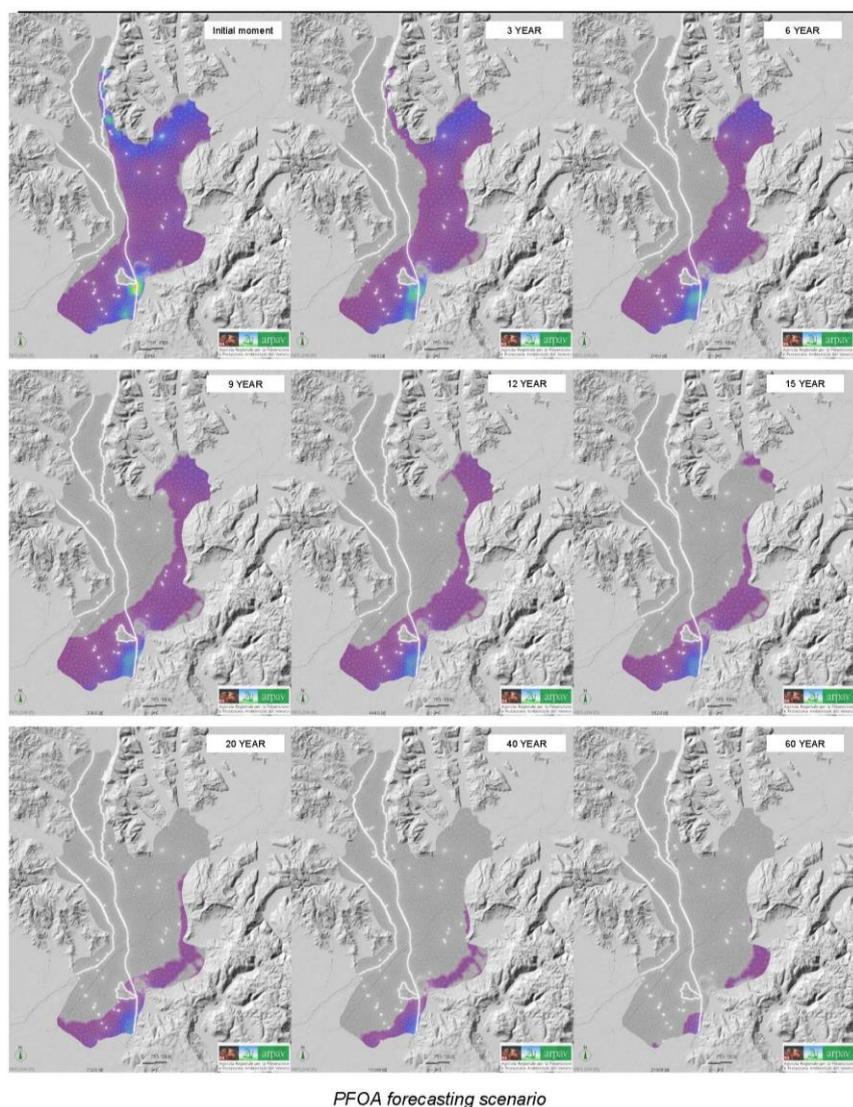


Figura 2 : Bilancio idrogeologico del modello numerico implementato

3.1.4 Simulazioni di flusso e trasporto

Il modello numerico di flusso e trasporto degli inquinanti ad elementi finiti (FEM) a scopo predittivo è stato positivamente implementato e testato nell'area di alta e media pianura interessata dall'inquinamento da PFAS. Sono stati simulati i processi di advezione, diffusione, dispersione idrodinamica e l'adsorbimento di diverse sostanze inquinanti, quali i PFAS di vecchia e nuova generazione (PFOA, cC6O₄ e HFPO-DA). L'ultima e più importante fase dell'azione B_{4.1} del Progetto è stata l'implementazione del **modello di trasporto degli inquinanti** in grado di prevedere l'evoluzione spaziale e temporale di un inquinamento con attraverso lo sviluppo di scenari previsionali. Questo potenziale, implicito nella modellizzazione numerica, è stato utilizzato nell'ultima fase delle attività introducendo vari scenari di trasporto riguardanti in particolare il cC6O₄, HFPO-DA e, infine, PFOA (usato come tracciante dell'inquinamento storico da PFAS).

B.4.1 - PRODUCTION AND VALIDATION OF THE FLOW AND TRANSPORT NUMERICAL MODE



PFOA forecasting scenario

Figura 3: Simulazione predittiva dell'evoluzione della contaminazione riguardante il PFOA nello scenario di una completa rimozione della sorgente d'inquinamento.

Tutte le simulazioni prodotte si basano sulla ricostruzione del modello concettuale del termine sorgente e sui dati di concentrazione degli inquinanti nelle acque sotterranee attualmente disponibili. Gli scenari riguardano sia simulazioni di trasporto predittive partendo dalle concentrazioni osservate nelle acque sotterranee che lo sviluppo, a scopo esemplificativo, di scenari ricostruiti per simulare il trasporto di alcune delle sostanze rappresentative appartenenti alla famiglia dei PFAS quali il PFOA (Figura 3), il cC6O₄ e il HFPO-DA (catena corta). Quest'ultimo approccio "per scenari", si è reso necessario per due ordini di motivi:

Il *plume* di contaminazione risultati dalle simulazioni hanno forma, dimensione e velocità determinate dalle caratteristiche chimico-fisiche del contaminante (solubilità, densità, adsorbimento, ecc...) e dal flusso delle acque sotterranee. L'advezione è il processo di trasporto dominante nei casi di inquinamento qui studiati e, conseguentemente, la velocità del

flusso idrico sotterraneo è il fattore principale per definire la velocità dei pennacchi di inquinamento.

Un ulteriore elemento da considerare nelle simulazioni è il limite di quantificazione (LOQ) ovvero la risoluzione con cui si riesce a quantificare l'inquinante. Variando il limite di quantificazione, la capacità di risoluzione cambia e, a sua volta, le distribuzioni rilevate possono essere significativamente diverse.

3.2 Metodologie di early warning

Lo sviluppo del modello di *governance*, accanto alla conoscenza dettagliata delle proprietà dei contaminanti chimici coinvolti e del loro destino ambientale, richiede un esame delle ricadute sulle popolazioni esposte alla presenza di dette sostanze contaminanti e dello stato degli ecosistemi interessati. Negli ultimi decenni i biomarcatori si sono sviluppati come un elemento importante nell'ambito delle indagini eco-tossicologiche, rispondendo in maniera rapida e precisa a quesiti basilari. Attraverso i biomarcatori si possono, infatti, definire gli effetti che i contaminanti provocano a livello molecolare, biochimico, cellulare o di tessuto su popolazioni e/o comunità naturali. La corretta valutazione di questi effetti può rappresentare un segnale precoce dello stress provocato dalla contaminazione ambientale, e prevenire sia le alterazioni degli ecosistemi sia i danni alla salute umana.

Le attività di indagine e conoscitive su questi aspetti devono avvalersi degli studi a monte del Progetto e dell'aggiornamento tempestivo con quanto sviluppato sia al di fuori del progetto sia nel corso delle attività.

Tutte queste conoscenze vanno necessariamente inserite nel DWH come supporto continuo alla *governance* nei diversi stadi di analisi e delle proposte mirate ad affrontare e possibilmente risolvere i rischi derivanti da situazioni di inquinamento.

Le situazioni di allarme richiedono di poter fare riferimento su punti di informazione attendibili. Per quanto attiene agli effetti sugli ecosistemi diventa utile potersi avvalere di metodologie di "early warning" ambientale, basate su bioindicatori, ossia su organismi o sistemi biologici usati per valutare modificazioni degenerative o comunque di alterazione delle popolazioni esposte. Queste popolazioni devono essere indicative dello stato di qualità dell'ambiente con tempi di risposta rapidi.

Nello specifico, a valle della progettazione del piano di monitoraggio chimico, della condivisione dei criteri di scelta delle stazioni di campionamento, tenendo presenti le attività di monitoraggio svolte sul territorio, per le acque, per i terreni e per i vegetali, è importante la scelta degli organismi bioindicatori. Si era ipotizzato di scegliere due organismi che si possono definire stanziali: i lombrichi, organismi terricoli, e il gasteropode di acqua dolce *Limnea* sp. normalmente molto presente ovunque nei fiumi, canali e fossati. Quest'ultimo organismo, certamente adatto per attività di biomonitoraggio, non si è potuto utilizzare in quanto "letteralmente" sparito dalle acque dell'area in esame.

Si è scelto di utilizzare come bioindicatori i lombrichi, organismi detritivori, molto diffusi. Si tratta di animali poco mobili, strettamente legati al suolo, molto numerosi, facili da campionare. I lombrichi sono considerati indicatori di biodiversità e sostenibilità negli agroecosistemi. Sono esposti ai composti di origine antropogenica presenti nei terreni sia mediante ingestione, per la loro incessante attività detritivora, sia per l'assunzione per contatto attraverso il tegumento. Per queste loro caratteristiche sono da tempo considerati organismi modello dei suoli, come indicato da OECD a più riprese.

Inoltre, è accertato che i lombrichi sono bioaccumulatori di numerosi PFAS, sia a catena lunga come PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA sia a catena corta, come ad es. il PFBS (Perfluorobutansolfonato) e PFBA (Acido Perfluorobutanoico), molecole entrambi a 4 atomi di carbonio. Questa capacità di bioaccumulo è stata confermata anche nel corso del Life PHOENIX (ACTION C1 – Final report on the status of the environmental monitoring and ACTION B4.2 – Final report with the overall assessment of the eco-toxicological data). Resta pertanto necessario procedere al campionamento di questi organismi negli stessi siti in cui si procede al recupero di acqua, terreno e vegetali, in modo da conoscere i livelli di distribuzione e/o assunzione dei PFAS nei differenti comparti ambientali e poter studiare eventuali correlazioni tra i livelli di inquinante assunto/adsorbito e le risposte di biomarcatori.

Numerosi studi hanno messo in evidenza che l'esposizione ai PFAS in questi organismi può portare ad alterazioni al DNA (DNA breaks), incremento della produzione delle Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS), alterazione nella Capacità Antiossidante Totale (TAC) e nella stabilità delle membrane lisosomiali. Questi parametri, indicatori precoci dell'alterazione dello stato di salute di un organismo, sono stati pertanto presi in esame come possibili biomarcatori. Ovvero, si è messo in evidenza che nei lombrichi l'assunzione dei diversi PFAS può incidere su meccanismi e molecole fondamentali per l'equilibrio cellulare e, quindi, sul benessere, sulla fitness e anche sulla sopravvivenza di questi organismi.

Tenendo presente che i parametri biologici risentono della variabilità individuale, definita dalla struttura genetica e dalla storia (età, nutrizione, esposizione, ecc.) dei singoli individui, è chiaro che è necessario poter lavorare su numeri significativi di campioni. Le valutazioni epidemiologiche degli effetti da inquinanti richiedono numeri robusti sia in termini di numero di organismi esaminati, sia in termini di tempi di esposizione. Pertanto, è necessario, e si raccomanda, esaminare numeri consistenti di individui. Per questo motivo, con l'obiettivo di aumentare l'efficacia di una valutazione di *early warning*, attuata in organismi raccolti "in campo", si è lavorato sui protocolli dei biomarcatori sopra indicati, in modo da poter eseguire test su numeri elevati di campioni (**ACTION B4.2 – Evaluation of the smart methodology for levels of environmental stress**).

Questo potrà rendere più facile realizzare estese campagne di biomonitoraggio, mirate a ottenere risultati significativi in tempi adeguati a fornire indicazioni puntuali sulla situazione eco-tossicologica in aree coinvolte da eventi paragonabili a quelli oggetto del Life PHOENIX e a velocizzare quindi gli opportuni interventi istituzionali. Le Istituzioni responsabili della

governance dovranno certamente avvalersi della collaborazione di Enti specializzati nell'applicazione di questa *smart methodology*, e pertanto dotati di strumentazioni adeguate e di personale esperto.

Obiettivo ultimo dell'utilizzo di bioindicatori e biomarcatori è, infatti, stimare, prevedere e, di conseguenza, intraprendere azioni tempestive per evitare eventi dannosi a livello ecologico e sulla salute umana.

4. Piano di Comunicazione

Le attività di comunicazione e disseminazione sono parte integrante della gestione del rischio sia in fase preventiva che in emergenza. Il coinvolgimento dei cittadini, la loro partecipazione attiva e consapevole è strumento indispensabile alla applicazione di misure all'interno di un piano di prevenzione e emergenza.

È di fondamentale importanza il coinvolgimento sia di target tecnico-scientifici che di quelli non tecnici (cittadini, scuole, ecc..) nonché delle Amministrazioni comunali al fine di sensibilizzare la popolazione sull'importanza della sostenibilità ambientale, con particolare attenzione alle problematiche riguardanti gli inquinanti emergenti persistenti presenti nell'ecosistema, contribuendo così al successo generale del piano.

Il piano di comunicazione è lo strumento che può aiutare a standardizzare gli sforzi di comunicazione, coordinandoli nel modo più efficace per conseguire gli obiettivi stabiliti.

Nel Piano di comunicazione vengono indicate le risorse umane, le attività e le tempistiche necessarie e come impiegarle per raggiungere e comunicare con i destinatari di riferimento individuati come portatori di interesse.

I principali obiettivi di un piano di comunicazione sono:

- Accrescere la consapevolezza sui temi della sostenibilità ambientale e degli inquinanti emergenti
- Informare sulle azioni e sui risultati del progetto
- Promuovere l'impiego della risorsa ambientale interessata dall'inquinante come bene prezioso
- Rafforzare la condivisione di informazioni per l'implementazione di policy e misure di intervento concrete
- Favorire un uso congiunto e allargato delle conoscenze e del know-how progettuale

I messaggi che devono essere trasmessi sono:

- Gli enti pubblici responsabili della realizzazione del progetto stanno intraprendendo delle azioni mirate, anche attraverso un nuovo sistema di , per prevenire possibili rischi;

- L'utilizzo di nuovi strumenti integrati consentono di stimare più accuratamente la diffusione degli inquinanti emergenti;
- L'attenzione alle nuove sostanze chimiche è fondamentale per conservare un'adeguata qualità ambientale e proteggere la salute dei cittadini;
- Scegliere uno stile di vita sostenibile significa salvaguardare il nostro futuro;
- L'Unione Europea sta finanziando progetti che migliorano la qualità di vita dei cittadini;

I possibili strumenti di comunicazione che possono essere messi in atto sono:

- Materiale informativo (ad esempio: brochure, roll-up, poster e noticeboard);
- Strumenti di comunicazione digitali (sito web, newsletter, canali social es: Youtube);
- Eventi di disseminazione (seminari e workshop);
- Networking con istituzioni nazionali e internazionali che affrontano problemi analoghi anche attraverso l'uso di social media dedicati come ad es: researchgate;
- Attività educative con le scuole per sensibilizzare gli studenti sull'uso consapevole della risorsa ambientale interessata dagli inquinanti studiati nel progetto;
- Pubblicazioni divulgative (es: layman's report, pubblicazioni scientifiche su riviste scientifiche).

4.1 Attività educative con le scuole per sensibilizzare gli studenti sull'uso consapevole della risorsa ambientale interessata dagli inquinanti studiati nel progetto;

Data la definizione dell'OMS secondo la quale il setting è "il luogo o il contesto sociale in cui le persone si impegnano in attività quotidiane in cui i fattori ambientali, organizzativi e personali interagiscono tra loro per influenzare la salute e il benessere", la **scuola** sicuramente è uno degli ambienti di vita delle giovani generazioni e degli adulti a loro dedicati, fondamentale per la crescita e la maturazione dei bambini e dei giovani e per la promozione del loro benessere, un'opportunità per investire sulla salute fin dalla giovane età.

Da tale premessa, si evince l'importanza di creare, mantenere e sviluppare nel tempo una forte sinergia, integrazione e partenariato fattivo tra Scuola e Regione, attori e istituzioni profondamente unite all'interno di una comune cornice culturale e scientifica di riferimento rappresentata dalla promozione della salute in senso globale.

Pertanto, è fondamentale che i temi affrontati dal progetto diventino patrimonio degli studenti, che devono riuscire a comprenderne il significato e il valore, diventando veicolo conoscitivo verso i coetanei e gli adulti.

In questa ottica il progetto deve prevedere, tra le strategie comunicative, anche il coinvolgimento dei ragazzi, sviluppando un approfondimento dei contenuti specifico per l'età di riferimento.

Si propone una modalità di coinvolgimento delle scuole attraverso la partecipazione a un'iniziativa concorsuale, di seguito descritta.

4.2 Esempio Iniziativa per le scuole secondarie di secondo grado sulla tematica della risorsa acqua

OBIETTIVO: l'iniziativa, presentata sotto forma di concorso, si rivolge alle Scuole secondarie di secondo grado del territorio, con l'obiettivo di sensibilizzare le giovani generazioni sul valore dell'acqua, sul suo uso consapevole e sui problemi collegati all'inquinamento.

DESCRIZIONE: Le classi che partecipano all'iniziativa dovranno produrre un canovaccio per la realizzazione di uno o più cortometraggi che traducano i temi del progetto e li trasmettano ai coetanei con un linguaggio fresco e adatto al target di età.

Ad esempio nel caso si voglia affrontare il tema dell'inquinamento dell'acqua sotto i diversi aspetti, è possibile rivolgere l'iniziativa ad Istituti di istruzione secondaria con diversi indirizzi: a fine esemplificativo è possibile indirizzare gli studenti dei Licei Artistici a produrre il soggetto per un breve video che analizzi il valore assoluto dell'acqua, offrendo una riflessione sul rapporto dell'uomo con questo elemento, in rapporto all'ambiente di vita e al periodo storico, senza dimenticare di analizzarne anche l'aspetto artistico e poetico.

Gli studenti degli Istituti Tecnici Industriali e dei Licei Scientifici potranno invece scrivere il canovaccio di base per la realizzazione di una videointervista con uno o più esperti del team scientifico, per

CRONOPROGRAMMA PER LA DIFFUSIONE DELL'INIZIATIVA ALLE SCUOLE

Maggio/giugno: invio dell'informativa alle scuole perché programmino la partecipazione nell'A.S. successivo. Creazione di una pagina web/sito web dedicato all'iniziativa con una pagina dedicata al mondo della scuola.

Settembre: invio del bando di concorso con la tempistica da rispettare.

Ottobre/novembre: organizzazione di uno o più webinar di formazione per docenti e studenti con un panel di esperti (medici, biologi, chimici, esperti di tematiche ambientali ed ecologiche...). I webinar saranno poi resi disponibili sul sito dedicato oppure su Youtube o altri canali social. Grazie alla modalità di formazione da remoto si consentirà la partecipazione ad una platea più ampia, che potrà poi anche rivedere le conferenze successivamente.

Tra novembre e febbraio il Comitato Scientifico da un lato, il regista dall'altro, sono disponibili ad aiutare le classi a sviluppare il loro lavoro di ideazione e scrittura degli elaborati.

Entro febbraio: invio da parte delle scuole dei soggetti o degli storyboard con le idee da sviluppare insieme al regista e agli esperti.

Marzo/maggio: realizzazione dei brevi video o dei cartoon, preferibilmente in presenza, lavorando in stretto contatto con l'équipe di esperti del settore audiovisivo incaricati di questa fase del progetto.

Giugno: restituzione del lavoro fatto e presentazione pubblica. Pubblicazione dei video sul sito web e sul canale Youtube. I video si possono anche mettere a disposizione delle scuole inserendoli in appositi kit didattici.

spiegare in modo chiaro ai propri coetanei e alla popolazione cosa si può fare per salvaguardare le nostre risorse idriche e in che modo si possono modificare i nostri comportamenti.

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE esempio su inquinanti emergenti della risorsa acqua

Gli insegnanti che aderiscono all'iniziativa vengono formati sui temi del progetto attraverso un Kit educativo che contiene approfondimenti su:

- l'acqua come risorsa e il ciclo dell'acqua;
- il problema della tutela dell'acqua e i contaminanti emergenti, con particolare riferimento al "caso sottoposto a studio.

Viene poi organizzato un momento formativo per le scuole: tale formazione, in presenza o nella modalità online, vede la partecipazione di esperti della materia ed esperti in tecniche della comunicazione. Alla formazione partecipano studenti e insegnanti. Una volta affrontati in classe i temi del progetto, questi vengono rielaborati dai ragazzi e vengono prodotte le storie che diventeranno dei video.

Tra gli elaborati pervenuti saranno scelti uno o più per ogni approccio informativo, che verranno trasformati in prodotti multimediali insieme agli studenti con il supporto di una troupe di professionisti del settore cinematografico (sceneggiatori, tecnici di ripresa audio e video, regista e tecnici di postproduzione). Gli interpreti dei video saranno i ragazzi stessi.

Il materiale prodotto nell'ambito delle iniziative con le scuole (webinar scientifici, kit didattico, i video) potrà diventare parte di un kit didattico che l'insegnante potrà utilizzare per affrontare l'argomento all'interno dei curricula scolastici al fine di approfondire il tema dell'inquinamento delle acque.

I deliverables a supporto di questa attività sono :

- Kit didattico per insegnanti
- Video

5. Esempi

In questo capitolo proponiamo alcuni esempi operativi di intervento su scenari prefissati utilizzando le linee guida e gli strumenti sviluppati in LIFE PHOENIX.

5.1 Come agire in caso di emergenza: esempio di estrazione dei dati e operazioni

Scenario 1: incidente con rilascio di PMOC nell'ambiente

Nell'eventualità di rilascio accidentale di PMOC nell'ambiente da parte di una fonte di pressione nota, la Commissione Ambiente e Salute, coadiuvata dal Comitato Tecnico-Scientifico, potrà utilizzare il Sistema informativo e statistico come strumento per supportare le seguenti fasi dell'analisi di rischio:

1. Identificazione dei pericoli: interrogazione della banca dati sulle proprietà tossicologiche ed ecotossicologiche dei PMOC rilasciati. In caso di mancanza di informazioni è utile ricorrere alla modellazione predittive con tecniche QSAR.
2. Identificazione delle matrici ambientali e delle aree geografiche potenzialmente impattate: partendo dall'analisi delle informazioni sulla mobilità del contaminante nelle diverse matrici ambientali e dai dati cartografici relativi alla localizzazione della fonte di pressione e alla struttura del territorio circostante, si individueranno gli elementi potenzialmente interessati dalla contaminazione (es. corpi idrici sotterranei, corpi idrici superficiali, terreni agricoli attraverso rete irrigua, punti di captazione idro-potabile); successivamente, attraverso l'alimentazione del modello di flusso e trasporto, sarà possibile pervenire ad una stima quantitativa del tempo necessario alla propagazione dell'inquinante e delle concentrazioni dello stesso nelle diverse matrici
3. Identificazione della popolazione potenzialmente esposta: sulla base delle valutazioni di cui al punto 2., verrà individuata e quantificata la popolazione a rischio (es. residenti in determinate aree geografiche, abitanti serviti da reti acquedottistiche potenzialmente impattate) e verrà analizzata la sua composizione per fasce d'età, quantificando la numerosità di sottogruppi particolarmente vulnerabili (bambini, anziani)
4. Ricognizione sullo stato chimico ed ecologico delle matrici e dei recettori ambientali potenzialmente impattati: sarà possibile effettuare una ricognizione sullo stato chimico ed ecologico attuale e pregresso, ai fini di una più approfondita valutazione sul possibile impatto ambientale del contaminante
5. Definizione di un sistema di monitoraggio della diffusione del contaminante: sulla base delle valutazioni di cui al punto 2, sarà possibile individuare le modalità più efficienti e appropriate per monitorare la propagazione del contaminante e per valutare l'efficacia delle misure di contenimento e mitigazione adottate, definendo la dislocazione dei punti di campionamento e la periodicità del campionamento stesso; in particolare, si valuterà

se eventuali reti di monitoraggio già esistenti sono sufficienti o devono essere integrate con ulteriori punti di campionamento al fine di rappresentare più fedelmente le dinamiche di diffusione del contaminante in questione.

Scenario 2: rilevazione della presenza di PMOC in matrici ambientali

Nell'eventualità di rilevazione della presenza di PMOC in matrici ambientali, la Commissione Ambiente e Salute, coadiuvata dal Comitato Tecnico-Scientifico, potrà utilizzare il Sistema informativo e statistico come strumento per supportare le seguenti fasi dell'analisi di rischio:

1. Identificazione dei pericoli: interrogazione della banca dati sulle proprietà tossicologiche ed ecotossicologiche dei PMOC rilevati. In caso di mancanza di informazioni è utile ricorrere alla modellazione predittive con tecniche QSAR.
2. Identificazione della/e possibile/i fonti di pressione: mediante interrogazione del sistema informativo si individueranno le fonti di pressioni compatibili con la contaminazione rilevata per tipologia di attività (es. attività che effettuano processi produttivi associati all'utilizzo o all'emissione dei PMOC in questione) e per localizzazione territoriale (es. fonti di pressione situate nell'area di ricarica di un acquifero oppure nel bacino afferente di un corso d'acqua)
3. Identificazione delle matrici ambientali e delle aree geografiche potenzialmente impattate: una volta identificata la fonte di pressione si individueranno gli elementi potenzialmente interessati dalla contaminazione (es. corpi idrici sotterranei, corpi idrici superficiali, terreni agricoli attraverso rete irrigua, punti di captazione idro-potabile); successivamente, attraverso l'alimentazione del modello di flusso e trasporto, sarà possibile pervenire ad una stima quantitativa della durata della contaminazione pregressa, del tempo necessario all'ulteriore propagazione dell'inquinante e delle concentrazioni dello stesso nelle diverse matrici
4. Identificazione della popolazione potenzialmente esposta: sulla base delle valutazioni di cui al punto 3., verrà individuata e quantificata la popolazione a rischio (es. residenti in determinate aree geografiche, abitanti serviti da reti acquedottistiche potenzialmente impattate) e verrà analizzata la sua composizione per fasce d'età, quantificando la numerosità di sottogruppi particolarmente vulnerabili (bambini, anziani)
5. Definizione di un sistema di monitoraggio della diffusione del contaminante: sulla base delle valutazioni di cui al punto 3., sarà possibile individuare le modalità più efficienti e appropriate per monitorare la propagazione del contaminante e per valutare l'efficacia delle misure di contenimento e mitigazione adottate, definendo la dislocazione dei punti di campionamento e la periodicità del campionamento stesso; in particolare, si valuterà se eventuali reti di monitoraggio già esistenti sono sufficienti o devono essere integrate con ulteriori punti di campionamento al fine di rappresentare più fedelmente le dinamiche di diffusione del contaminante in questione.

5.2 Integrazione del DWH nei Piani di Sicurezza sulle Acque (PSA) e il Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025

Durante le attività progettuali, è stata colta, da parte della Regione del Veneto, l'ambiziosa opportunità di inquadrare il Data Warehouse del progetto Life Phoenix, quale strumento cardine per l'analisi di rischio di eventi ambientali con impatto sulla salute umana. Il DWH risponde infatti, come sistema statistico informativo, ad una serie di requisiti previsti anche da documenti programmatori comunitari e nazionali, di cui ciascuna Regione è stimolata ad adottare per poter affrontare le tematiche afferenti all'ambito Ambiente e Salute.

Da un lato quindi il DWH di Life Phoenix costituirà lo strumento della Regione del Veneto nei Piani di Sicurezza delle Acque (PSA), che dovranno essere predisposti dai gestori dei servizi idrici integrati entro il 2025, così come previsti dalla Direttiva sulle acque destinate al consumo umano 2184/2020. Pertanto gli Enti Gestori del Servizio Idrico Integrato, da un lato si identificano quali fornitori di dati inerenti le acque destinate al consumo umano, dall'altro, nell'attività di implementazione del loro PSA, potranno accedere al DWH, per estrarre i dati utili all'implementazione del PSA.

Alla base di questo approccio è la promozione di una metodologia dell'analisi del rischio *olistica*, che sposta l'attenzione dal controllo retrospettivo sulle acque distribuite, alla prevenzione e gestione dei rischi nella filiera idropotabile, estesa dalla captazione al rubinetto, su modello dei *Water Safety Plans* (WSP), elaborati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. L'implementazione dei principi di WSP sono promossi dal Ministero della Salute Italiano per potenziare le strategie di controllo sulla qualità delle acque, soprattutto aggiornando le conoscenze sull'analisi dei rischi.

L'esigenza di un database integrato con dati sanitari e ambientali è anche previsto nel Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025, come strumento indifferibile per le attività volte al conseguimento degli obiettivi relativi al macro obiettivo 5 Ambiente, Clima e Salute. L'indicazione data alle Regioni, che dovranno dotarsi del proprio Piano regionale della Prevenzione, è quella di operare verso una *governance* regionale nell'ambito delle tematiche Ambiente e Salute, sostenuta dalla creazione di una rete di operatori afferenti alle due aree, che sempre più lavorino in sinergia su questi temi, utilizzando strumenti informativi di condivisione dei dati ambientali e sanitari. Life Phoenix, in linea con questa visione, può mettere a disposizione della Regione del Veneto e dei suoi partner, una metodologia di *governance* rispondente a quanto indicato dal PNP, offrendo alcuni dei suoi out-put quali il modello stesso di *governance* sui temi Ambiente e Salute e il DWH, come strumenti già pronti per l'utilizzo anche nell'ambito della prevenzione sanitaria.

Prossimi passi

- Creazione di un gruppo di lavoro stabile e multidisciplinare sul sistema informativo
- Coinvolgimento attivo degli Enti conferitori dei dati
- Ampliamento dei flussi alimentanti e delle funzionalità del sistema informativo
- Messa a disposizione del sistema informativo per gli Enti conferitori dei dati (ad esempio i Gestori dei Servizi idrici integrati, per lo sviluppo dei Piani di Sicurezza dell'Acqua)
- Utilizzo del sistema informativo per l'analisi di rischio



Piani di Sicurezza
dell'Acqua

Version in English language

1. Governance and operational tools

1.1 Goals of governance

The main objective of LIFE PHOENIX is the implementation of a governance model for emergencies due to environmental contamination with a potential effect on human health; this presupposes the establishment at "regional" government level of a Commission or control room capable of gathering all the structures with competence in the field of environment and health, which can govern transversal issues, such as environmental issues with a possible impact on the health of citizens and therefore on human health.

The need for an integrated Environment and Health network, which translates into a way of working based on an inter-institutional approach, which forms the founding basis of the governance model, appears very urgent. In fact, many of the most important community and national planning documents push for the creation of the Environment and Health network; these include the recent Directive on water intended for human consumption 2184/2020 but also the National Prevention Plan 2020-2025, the key planning act in the field of health prevention which has been adopted with agreement between the Italian State and Regions in August 2020.

National Prevention Plan 2020-2025

approved with agreement between the Italian State and the Regions on 6 August 2020

- Establishment of a regional integrated network for Environment and Health, including representatives of the National Health Service and the National System for environmental protection
- Development of intra- and interinstitutional programs and interdisciplinary, intersectorial and integrated projects on Environment and Health
- Development of an integrated national information system for Environment and Health
- Development of territorial information systems to allow data sharing between Entities involved on the issues of drinking water safety

These planning documents identify the regional level as the optimal level of governance, in order to organize a control and risk analysis system with a preventive approach. Then it is necessary to create a network and share experiences and above all data, through technological tools to support governance.

The Phoenix project, anticipating these needs, implemented a regional governance model for emergencies due to environmental contamination with a potential effect on human health. In order to verify whether the model would have responded with due effectiveness in the analysis, assessment and management of the risk associated with this type of phenomena, the model was focused on the governance of contamination events due to particular persistent and mobile compounds (Persistent and Mobile Organic Compounds, PMOC), and of these in particular the family of short-chain PFAS. These are persistent and mobile substances in the environment, i.e. able to reach and accumulate in compartments such as water sources intended for human consumption and vegetables, including edible ones. The ecotoxicological profiles of PMOC are often not yet well known and a regulatory framework that dictates reference values is often lacking. These substances, like all emerging contaminants, pose a great problem for policy makers on the actions and decisions to be taken in order to protect the environment and therefore the health of the community.

1.2 Establishment of Commissions and Technical Committees

The regional model implemented with Phoenix, as an organized risk control and analysis system with a preventive approach, envisaged the creation of some fundamental elements on which the model is based.

First of all, the establishment of a Permanent Regional Commission / Environment and Health Commission of a multidisciplinary nature was envisaged, composed of all the managers of the structures and agencies responsible for environmental and health issues of the regional / territorial body delegated to the government of the territory in question. It is a Commission, whose role consists in coordinating and proposing possible solutions to political decision-makers on issues that must necessarily include both environmental considerations and those relating to the protection of human health. Characteristics of this transversal technical structure for the Environment and Health have been identified in the following list:

- Presence of the coordination table: the Commission must be identified with a provision that provides for the composition and precise responsibilities (clear mandate);
- Definition of a communication protocol within the Commission.
- Governance at the regional level: the optimal target of intervention is the regional territory, also in consideration of the fact that there are no administrative boundaries for environmental matrices such as air, water and soils;
- An inter-institutional framework, but above all intra-institutional. The creation of an Environment and Health network is also necessary at the level of the Regional Authority; it is a question of understanding that issues such as those relating to the Environment and Health must necessarily provide for an exchange and sharing work in order to analyze and be able to

evaluate all aspects of the issue and allow the identification of possible solutions and / or tools to mitigate risk;

- An interdisciplinary approach: the phenomena of environmental contamination with an impact on human health represent complex problems that, in order to be addressed, cannot ignore the participation in the work table, of people with different skills, specialized in the various environmental and health factors to be investigated;
- Involvement of the Scientific Community: such as Research and Study Centers, Academies. These are highly specialized and competent people who can make indispensable contributions for the assessments and management of the risk arising from the event.
- Use of innovative support systems. The issue of data sharing and therefore the creation of information tools, such as the Phoenix data warehouse (DWH), which collect environmental and health data capable of providing answers to precise queries, are essential tools. These tools must be supported by predictive numerical models of dispersion of the contaminants in space and time (analysis and forecast of the space-time trend of the plume)
- Adequate mitigation tools. Fundamental, to mitigate the risk of exposure, is the use of effective and innovative but above all sustainable risk mitigation tools at an environmental level (for example, full-scale phytoremediation to purify irrigation water from PFAS).
- Preparation of a Communication Plan to citizens in the event of a contamination event, with particular reference to exposure to drinking water and food.

In the Phoenix model, the Regional Permanent Commission, due to the complexity of the management of unregulated substances that in many cases are little known for their potential effects on human health, is supported by a working group (Scientific Committee / Board), composed of the main academies, research centers, scientific institutes of a local but also national and international character.



This scientific working group supports the Permanent Regional Commission / Environment and Health through its referents, identified from time to time in relation to the topic, contributing to its activities through scientific knowledge and skills. In order to be able to proceed with a risk assessment, the Commission and the Committee will need to have some useful tools in this assessment.

The LIFE PHOENIX project has identified two pillars of priority importance, which have been built within the project activities:

- **Datawarehouse (DWH):** a centralized statistical information system, fed by data from the Bodies that hold the environmental and health information of the regional territory. This system will produce, upon appropriate request, by authorized persons with different access profiles in relation to the role covered (based on a coded access protocol), reports and / or data and information extractions capable of supporting the risk analysis (see section 1.4).

- **Predictive numerical model:** a predictive mathematical model of the flow and transport of the pollutant capable, through systematic feeding with environmental monitoring data, to predict the spread of the contamination plume in space and time and therefore to predict the spread of the pollutant (*see section 3.1*).

The Permanent Regional Commission / Environment and Health supported by the Scientific Committee will have the task of managing the possible contamination of one or more environmental matrices by emerging substances using the tools necessary to produce a correct risk assessment.

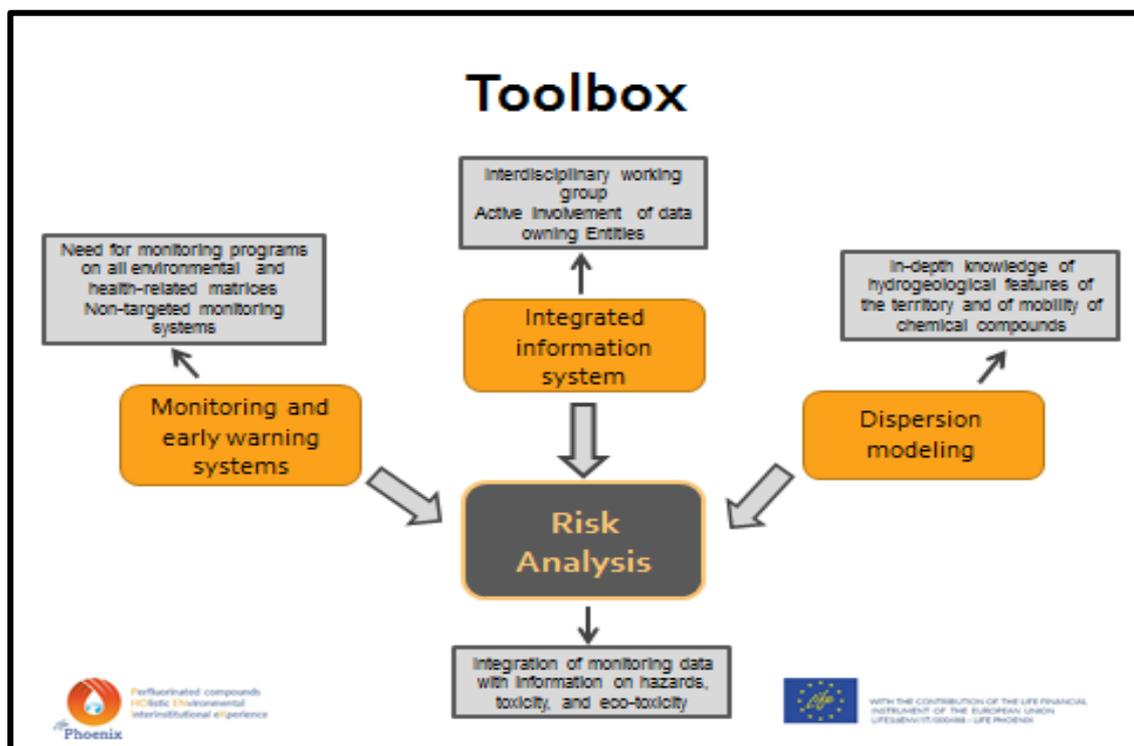
The management of contamination must be supported by the use of tools capable of returning useful data for the reconstruction of the dimension of the phenomenon: source (s) of origin, territory concerned, environmental matrices impacted, number of the exposed population, agricultural activities involved, geographical and orographic characteristics of the area, etc. A timely approach will allow the Permanent Regional Commission / Environment and Health, always supported by the Scientific Committee, to adopt risk mitigation and containment measures that make the environment and citizens safe, while at the same time analyzing the event more in depth. Furthermore, through the forecasting model integrated by early warning systems, it will be possible to examine the diffusion of the contamination plume in the various matrices in space-time terms.

The Pillars of the LIFE PHOENIX governance model

The Pillars of the LIFE PHOENIX governance model are the establishment of a **Structured inter-institutional governance system** based on a permanent **Regional Commission for Environment & Health** supported by **inter-disciplinary expert groups**.

The experts and the policy makers should rely on the availability of an **Integrated information system** designed to facilitate and support the risk analysis process regarding environmental risks with a possible impact on human health.

Acquired data will feed also **Predictive mathematical models** fed to forecast the spread of the pollutants' contamination plume in space and time



1.3 Self-analysis check-list to identify management system skills and gaps

The "**Self-analysis check-list**" (ACTION B1, DELIVERABLE 1) identifies a first useful tool for the institutions involved in assessing their ability to implement the proposed model and possibly the resources needed to fill some gaps. The self-analysis check-list summarizes, for each specific operational, monitoring and dissemination action, what are the minimum conditions to be able to act following the model proposed by LIFE PHOENIX and what are the fundamental steps to ensure the successful outcome of the implementation at local / regional level.

The document is structured as a checklist that guides the institutional user in the self-assessment of his / her skills and organizational structure in relation to the proposed model, highlighting what are the preliminary requirements necessary to answer to the pollution event of water resources from an emerging contaminant. These requirements are declined according to the different lines developed by the LIFE PHOENIX project (institutional system, information system, innovation and technological development, forecast models, environmental monitoring, socio-economic impact assessment, communication and dissemination), outlining the roles and relations between the various institutional actors involved (Commission, Technical-Scientific Committee, communication referents) and explaining the functions performed by the project tools in support of risk analysis, mitigation strategies and communication.

1.4 Information and statistical data system

One of the fundamental prerequisites for conducting environmental and health risk assessments is the availability of databases that are as updated and integrated as possible. To meet this need, it is necessary to create an information and statistical system that collects databases owned by different and heterogeneous bodies (DataWareHouse - DWH) in a single repository, putting them in relation to each other with the aim of returning a higher information value.

This information system, through its implementation, can answer a series of questions relating to the nature, danger and origin of the contaminants, their ways of diffusion in the environment, the size of the impact area, the possible involvement of the drinking water and food supply chains. To this aim, an interdisciplinary working group was set up within the LIFE PHOENIX project that defined the objectives and contents of the information system, identifying the necessary information regarding the orography and geomorphology of the territory, the distribution of the hydrographic basins, of the irrigation districts and of the drinking water networks, the location of the sources of pollution, the possible agricultural productions involved, the environmental and health monitoring data. The information system developed on the basis of these indications is able to produce various types of reports, both pre-configured and on free interrogation by institutional users. The data are reported on a cartographic system, in order to allow viewing data on a map and carrying out geo-spatial analyses. An initial analysis of needs was carried out in relation to the use of predictive models of the spread of contaminants. An information system conceived in this way can therefore become the institutional reference instrument for risk analysis and subsequently risk management activities, being useful both in the preventive phase and in response to any environmental emergencies. The model proved to be extremely replicable in all phases of the process of implementation, from the analysis of data sources, to the development of information and interventions aimed at improving the quality of the data, to processing and normalization of the collected data, to a planning of the periodicity of the updating of the data flow up to the definition of the representation methods according to the indications of the working group.

The information and statistical system was conceived and implemented as an advanced business intelligence tool intended for use by expert users belonging to Bodies with expertise in the Environment and Health. In order to ensure appropriate use and adequate protection of the data contained, access is allowed after authorization. A written procedure is being developed to define the roles and access profiles and related responsibilities.

The structure of the DWH and its implementation step by step up to obtaining a web portal that facilitates its query was developed and described in the various deliverables developed with action B2. The documents **"Acts to rule data access and timeline to update databanks"** (ACTION B2, DELIVERABLE 1) and **"Model of Data"** (ACTION B2, DELIVERABLE 2) identify the questions to which the DWH is able to answer, the necessary information to provide meaningful responses and the Entities holding them, the frequency of updating the DWH, the attributes of

the various datasets and their possible interrelations. The document **"Procedures to feed data bank"** and **"ETL procedures"** (ACTION B₂, DELIVERABLEs 3 and 4) describes in detail the data that populate the DWH based on their availability in digital and structured format, the ETL procedures used to feed it, as well as the structure and functional requirements that allow the DWH to be a tool that facilitates the collection, consultation and analysis of the collected data. For the creation of the information and statistical system, a platform based on a unified, open and flexible high-performance architecture was identified that supports cloud data processing. The platform integrates a Data Warehouse and tools for the development of predictive models and multi-layer reporting. The document **"Data warehouse Solution design"** (ACTION B₂, DELIVERABLE 5) describes the technological solution used, providing details regarding the components of the technological infrastructure, the application software, the data model and the data management policies that have allowed the development and configuration of the instrument.

To complete the development of the web portal for accessing the DWH and of the **"Business intelligence software"** (ACTION B₂, DELIVERABLE 6), a **User Manual** has been prepared that guides authorized users in the various reporting functions of the information system.

The information system model developed as part of action B₂, like the interdisciplinary working method used to develop it, is replicable and transferable to other contexts. A fundamental element to ensure the sustainability of the action is a strong commitment from the competent institutions and the active involvement of the data owning Bodies, especially in the processing, analysis and use of the product. Considering the success of the action, in the near future the Veneto Region intends to consolidate and evolve the information system through the integration of further data flows, the development of new functions and new reports, in order to make it the main institutional tool for risk analysis in particular in the field of safety of the drinking water supply chains.

1.5 Monitoring of chemical contamination

For the development of the model one of the essential conditions is to know as much in detail as possible the properties of the chemical contaminants directly involved, in particular: their intrinsic chemical-physical properties, their behavior and environmental fate, the ecotoxicological properties towards ecosystems and toxicological ones on human health. These data must be sought in the reference scientific literature and subsequently must be entered as Project data in the information and statistical system, in turn feeding the DWH.

At the same time, it is necessary to identify one or more institutions that can make their laboratory facilities available for the development of the analysis procedures of the specific emerging contaminants in the various compartments identified and for carrying out these analyzes, as specified in the self-analysis check-list.

A first detailed document is therefore provided which illustrates the **standard operating procedures (SOPs)** that will be adopted for the chemical analysis of the emerging contaminants in the main matrices: water, soil, plant matrix and animal matrix (*ACTION C₁, DELIVERABLE "Analytical validated procedures (SOPs) for the determination and quantification of PFAS and precursors in environmental monitoring"*). The determination of emerging contaminants in the matrices has the dual purpose of both testing the efficiency of the mitigation tools adopted and assessing the distribution of contaminants in the monitoring sites identified in support of the forecast systems. In fact, the simultaneous analysis of the pollutants in question in different matrices collected at a specific time and place, according to a monitoring plan studied specifically in the area affected by the pollution, not only provides a snapshot of the state of pollution in a precise moment, but it also helps to understand the present and future distribution of pollutants in the various environmental sectors, facilitating decision-makers in defining the priorities of the interventions to be implemented. The document must be updated every time the analytical procedures are redefined (for example with the improvement of the analytical sensitivity, if the introduction of new contaminants found during the ongoing contamination is required, with the adoption of the best available techniques).

Another fundamental resource is the documentation concerning the **environmental monitoring plan** (*ACTION C₁, DELIVERABLEs "First general report on the status of the environmental monitoring", "Second general report on the status of the environmental monitoring"*). The reports first illustrate the design of the chemical monitoring plan by providing indications on: the selection criteria for the sampling stations, the geographical location of the sampling stations, the type of compartments to be analyzed with the specific matrices to be monitored identified for the analyses (e.g. ground / surface water, soil, plants, animals), the temporal frequency of the various samples. In addition, the status of the samples is reported in the middle of the monitoring plan and at the end of the investigation campaign. The results of the analyses, in addition to being supplied as an attachment to the documents, feed the DWH as project data and are immediately available to the identified users of the information-statistical system.

The general results obtained during the monitoring can be summarized as follows:

- Water and air mobility of PFAS improves their diffusion in all environmental compartments
- A significant point source can impact large areas
- Plants can uptake PFAS even if the soil an effective buffer for more accumulable substances (long chain PFAS)

What insights are still needed?

- Studies on the spread of PFAS through the terrestrial food web, from invertebrates such as earthworms to birds and mammals

- Determination of background concentrations in soil and agricultural products
- Better understanding and characterization of atmospheric dispersion
- Evaluation of the role of the waste cycle and brownfield sites
- Need to establish background exposure through the different exposure routes

1.6 Socio-economic impact analysis

The analysis of the socio-economic impacts which are directly and indirectly connected to a water contamination event and to all the potential mitigation strategies developed must be conducted on multiple fronts.

From an environmental economics perspective, it is key to deeply identify the natural resource whose value is dynamically changed over time due to the loss in quality/quantity caused by the contamination together with its use-values relative to the social and industrial fabric of the impact area (i.e., tap water is a different environmental resource with respect to irrigation water since there is clear difference in the scope of use). Afterwards, it is fundamental to develop the most efficient methodology (e.g., meta-analysis, original surveys, value transfer) aimed at computing the willingness to pay (WTP) of individuals exposed to water contamination for potential increases in the level of quality thanks to mitigation strategies. The latter procedure is crucial, since water quality represents a non-market commodity whose price is not defined in a real market and needs to be monetize. Evaluate these aspects is the ideal approach in order to compute social benefits associated to projects whose goals is the revaluation of an environmental resource, as the LIFE-PHOENIX.

Moreover, the definition of the impacts occurred on the social and industrial fabric of the contaminated area requires the right data collection able to disentangle the effects of the emergency on: individual perception and beliefs (households always behave accordingly to what they think to be right and polite); individuals' purchasing behavior of agricultural product directly or indirectly connected to the contaminated resource; economic performance of the firms operating in the sectors potentially hit by the contamination event. To this regard, the best methodologies must statistically evaluate the differential effects of the contamination on economic agents operating in the impact area with respect to all other individuals/firms who did not face the emergency (i.e., controls).

Specifically, from our analysis of the industrial fabric of the PFAS area emerged that agricultural and livestock firms of medium-big size did not face any significant impacts in terms of performances and volumes of affair due to PFAS water contamination. Negative impacts, if present, have to be found in the micro-enterprises operating in the territory (e.g., single-member firms, small retailers) which have no regularly data-monitoring process yet.

As a consequence, in analogous context would be strongly suggested to make an ultra-effort in order to constantly monitor small and medium enterprise (S&ME) performance and volumes already before a potential contamination kicks in, whenever firms' core activities are directly related to certain quality standard levels of a given natural resource. This is fundament in order to quantitatively measure the negative impacts on key sectors and draw up specific recovery plans.

The right definition of monitoring and surveillance program of the population exposed is necessary to make these mitigation measures more efficient even in these emergency cases. Methodologies as the cost-minimization and cost-efficacy could lead to the expected output with the most convenient utilization of the input. The different health economic analyses differ for the estimation of benefits and evaluation of different strategies, but they share the need of estimation of the costs. The focus on the analysis of health costs was the aim of this part of the socio-economic evaluation action.

Epidemiological studies on analogous non-exposed populations have to be carried out in order to compare and analyze the potential increase of certain diseases in the population exposed compared to analogous populations not exposed.

The activation of Health care services with the specific purpose of monitoring the population for the PFAS provided a conspicuous number of diagnoses of disorders which were diagnosed before than expected in the normal life individual monitoring activity, allowing to intervene in prevention of more serious or worsening diseases. Consequently, there are potential benefits of this monitoring activity that must be taken in account as saved costs for the anticipation of specific analyses for a large part of the population that would have been otherwise carried out much later.

One element that has emerged as a crucial suggestion for further similar programs, is that a multidisciplinary approach is required not only in the management and post-evaluation phase, but also in the formulation of the program and research connected activity. For instance, the first cycle of monitoring activity provided an almost unprecedented answer to the need of a better comprehension on the health impact on the population, but for the following cycle it could be of great interest to collect data in a more coordinated way for different disciplines, giving details or references of existent projects linked to the institution, as the Life Phoenix project itself.

The expected adhesion to the surveillance program has been precisely confirmed by real-world data. In order to evaluate the overall potential impact of the following cycles of monitoring activity, it is necessary to define how many times is repeated the surveillance, to estimate which is the adherence to the second and following cycle and if it is possible to include people who have not adhered at first call.

The variety of specialist examination of the surveillance plan requires particular attention because it could be easily subjected to implementations, as it happened for certain diseases and categories of people, and they could be considered as a sort of additional level of analysis that could require more additional effort than expected.

The preliminary phase and the coordination of activities between institutions is dominated by the expense related to the amount of time spent by the personnel in order to adapt existing screening programs to this context, which could count only few similar studies at international level. If this program will be considered as a model for further application, this part must be addressed to find some reductions in cost, balancing the time spent to adapt the model to the specific new situation with the benefit to not create a new protocol from the beginning.

Another element of potential reduction of costs or implementation of the procedure is the mailing and messaging service of convocation, which could benefit from digital services implemented in recent years. This process has been accelerated to answer the needs and restrictions required for Covid19.

The evaluation of the economic impacts directly and indirectly connected to a phenomenon of water pollution and the associated mitigation strategies requires an analysis of economic evaluation oriented on several fronts.

The two deliverables (*ACTION C2, DELIVERABLEs "Meta Analysis Report", "Dataset of health costs description"*) developed within the respective monitoring action allow to guide the conduct and subsequent assessment of the socio-economic impact.

2 Risk mitigation tools

The governance system developed with LIFE PHOENIX aims to provide lines for mitigation measures to be implemented in the emergency phase. The containment strategies, put in place to contain and / or try to reduce the extent of pollution of the water resource present in an area, must concern both the water resource for human consumption, therefore the entire drinking water supply chain, and the water used in agriculture for irrigation and / or for animal watering.

2.1 Contamination of the drinking water resource

In the event of contamination of the drinking water resource, the necessary interventions to restore water quality must be promptly implemented, in a targeted and effective manner given the possible direct risk to human health. Ion exchange resins, as the most effective system for the retention of the more polar and mobile substances, such as short-chain PFAS, could be adopted to integrate traditional activated carbon filters which are very effective, even in emergency conditions, to retain organic pollutants hydrophobic. The involvement of

distributors in the drinking water network (e.g. Integrated Water Services or Consortia for the distribution of water for drinking use, where present) is of fundamental importance and, in the Governance system proposed by Life Phoenix, the 'integration of their key information within the DWH. LIFE PHOENIX has created and tested a system at the pilot plant level to verify the validity of the use of ion exchange resins (the goal of test the action at full-scale was not achievable).

It is clear, that the implementation of new drinking water purification systems must first be tested gradually and then be applied on a real scale; precisely for this reason, it is necessary to evaluate and share with the stakeholders directly involved. In any case, the redevelopment process of the water resource provides that starting from the draw well the water destined for the drinking water network must be treated with filtration systems to eliminate all the particulate present in suspension, which otherwise could overload any filtering system in very little time, rendering the mitigation process completely unusable. After this first filtration, it is necessary to proceed with the passage on the adsorption systems of the polluting molecules, connected downstream of the well pumping pumps and used until their adsorbing power is exhausted, to then be regenerated or replaced. Currently activated carbons, although they have a high saturation limit, involve high disposal costs. A significant increase in the use of activated carbon generates an increase in costs for the community in terms of increases in usufruct rates and greater production of non-regenerable wastes. The application of ion exchange resins in a pilot system has proved to be a possible valid alternative for the removal of mobile and persistent substances and requires adequate in-depth analysis to be extended on a real scale, especially for *in situ* regeneration, which is assumed to be more economical and environmentally sustainable with respect to the fate of spent activated carbon. The effectiveness report of the pilot ion exchange resin plant (*ACTION B₃ – DELIVERABLE "Efficiency report on ion resin pilot plant"*) allows the water service manager to evaluate a possible full-scale implementation of an ad hoc plant to treat the supply chain involved.

2.2 Contamination of the water resource for irrigation

For the waters used in agriculture for irrigation and / or animal watering purposes, LIFE PHOENIX has verified the advantage of proposing natural solutions, such as the use of the phytodepuration capacity of some plants that are commonly found in aquatic environments and wetlands (*ACTION B₃ – DELIVERABLE "Constructed wetlands"*). The study of phytoremediation on a pilot scale (*ACTION B₃ – DELIVERABLE "Efficiency report on phytodepuration pilot plant"*) has shown a significant effectiveness for PFAS mitigation and therefore is proposed on a full scale by the use of constructed wetlands and after wards with the possible secondary treatment of plants. Natural and artificial wetlands are places used for the absorption capacity of aquatic macrophytes (such as *Phragmites australis*, *Typha latifolia*,

etc.) to reduce nitrogen, phosphorus, suspended solids loads and optimize the effects of purification on waste water. This ability can be used, as also documented in scientific literature, to absorb organic pollutants from water, such as mobile and persistent substances. In the tests carried out in three wet areas, the ability of the plants to absorb and retain PFAS was verified. The use of wet areas can be an effective method to reduce over time the amount of pollutant present over time, since wet areas are systems that do not require external interventions or regeneration, as the plants survive in different forms all year round (plant in spring-summer, rhizome in autumn-winter) (ACTION B3- DELIVERABLE "Efficiency report on constructed wetland systems"). The LIFE PHOENIX experience leads to propose a strategy for using plants with purifying power (such as *Phragmite australis*, etc.) in the aquatic, wetland and lake environments of regional water basins. A preventive grafting / planting planning of these plants, where possible, in a suitable environment can lead to a useful mitigation action in the event of any event of contamination by chemical substances with the characteristics already described. A second aspect of great importance, which must be organized, concerns the transfer of the cut fragmite plants to the designated disposal sites. The LIFE PHOENIX proposal is the transfer of mowings to ad hoc disposal sites, able to incinerate the mowed material without the emission of toxic products, generating heat with the transformation of waste into a possible source of energy. This energy surplus could be used as an economic source to cover the costs of mowing and transport, so as to be able to trigger a virtuous circle (circular economy) capable of self-feeding, allowing the mitigation of pollutants at reduced costs, and, in any case, for the benefit of the environment.

3 Forecast tools

3.1 Forecast numerical model of dispersion

Numerical modeling of groundwater is a powerful tool to study the space-time evolution of pollutants, providing full decision support with scientific and technical information.

The LIFE PHOENIX project was set out to act at a preventive level on the possible spread of contamination, trying to answer the question: "In what direction is pollution spreading, and in how long?". The innovative forecasting tools that are proposed with the project want to be reproducible and adaptable to different situations and geographical contexts so that they can be adopted in the most direct way possible.

In the scenarios of groundwater contamination, the availability of a numerical hydrogeological model of flow and transport makes it possible to identify the potential origin and, through the simulation of the space-time evolution of the pollution, identify the possible targets that determine an exposure of the population (e.g. drinking water uptake works) through the perimeter of the area affected by the contamination.

The modeling tool is also fundamental for quantitatively defining the dynamics and mass of the hydrodispersed contaminant, introducing predictive analyzes (risk scenarios) and providing full and complete scientific support to decisions for risk mitigation.

The reports for **the implementation of the steady-state numerical flow model**, with the related **calibration of the model** (*ACTION B4.1, DELIVERABLEs "Calibrated and validated numerical model", "Report of the implemented numerical model for the transient states"*) and **the validation of the numerical model** (*ACTION B4.1, DELIVERABLE "Calibrated and validated numerical model"*) are proposed as project deliverable that are easily and directly accessible. The specific application of PFAS pollution in the area considered in the Veneto case study is illustrated through scenarios in the document **"Forecast scenario output from the numerical model"** (*ACTION B4.1, DELIVERABLE 6*).

3.1.1 Implementation of the model

A long and complex geological, geomorphological and hydrogeological analysis was developed to define the correct three-dimensional conceptual model (*Figure 1*). Many geological, structural, geomorphological and geophysical data supported the development of this model implementation phase. In order to provide a basin-scale geological model, the alluvial aquifer has been simplified into two distinct layers. The first represents the surface cover which becomes thicker in the middle plain; the second represents the aquifer formed by permeable alluvial deposits (gravels, sands and silts). The analysis of the distribution and characteristics of alluvial materials has allowed the identification of areas with different hydraulic conductivity.

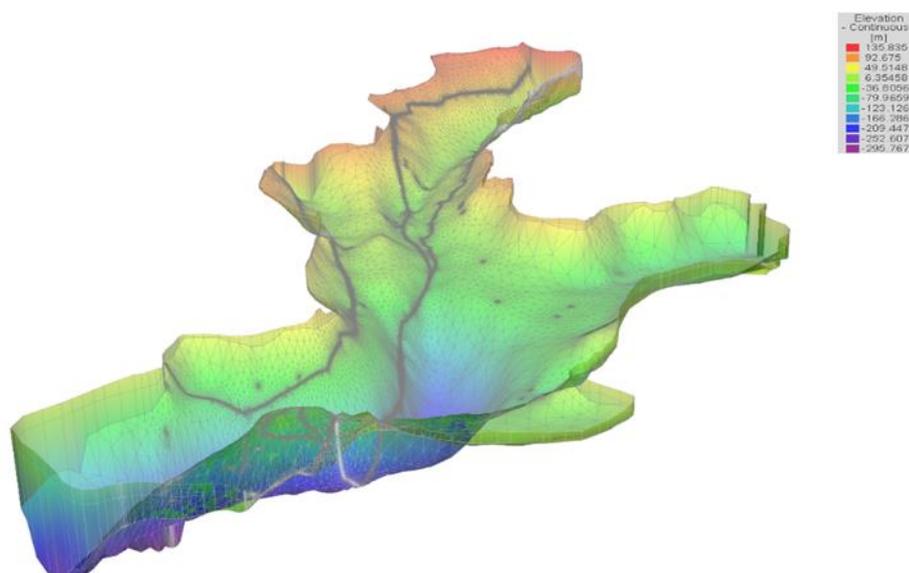


Figure .1 Representation of the reconstructed rock substrate for the realization of the hydrogeological model

Among the various boundary conditions implemented in the model, the effective infiltration, determined according to the Kennesey method, was integrated together with the infiltration due to irrigation. The values of the dispersion of water courses obtained from specific bibliographic studies have also been entered. Withdrawals from underground derivations were divided into three main groups: aqueduct wells, industrial and agricultural wells with flow rates > 10 l/s; generalized withdrawals with flow rates lower than <10 l/s.

The geophysical and hydrogeological investigations carried out in the field during the project have also made it possible to improve the knowledge of some hydrogeological aspects that are not sufficiently known. Finally, an important investigation activity involved the experimental determination of site-specific adsorption coefficients, carrying out adsorption and desorption tests of pure substances, according to the OECD 106/2000 method, on real soils and soils collected in the areas of interest.

3.1.2. Calibration and Validation

An important phase of the implementation concerned the calibration and validation of the flow model. The calibration and validation processes in fact guarantee that a model produced provides simulations that adhere to reality. In other words, these steps are decisive for defining quality and accuracy. In the case of flow, the main objective of the calibration is to limit, as much as possible, the differences between the measured groundwater levels and the levels produced by the simulation at an adequate number of control points.

3.1.3-. Results of the numerical model: The underground flow field and the hydrogeological balance

The first result obtained from the numerical model is the simulation of the underground flow in the studied area which made it possible to study and simulate the underground motion field of the area under study, and the effect of the variation of hydraulic gradients on this parameter.

In the specific case of the area, it was possible to understand how the water table diverges in two directions: one towards the NE, entering the Retrone creek valley, and the other towards the south following the northwestern side of the Berici mountains towards Lonigo.

One of the most important checks carried out during the various simulations concerned the analysis of the hydrogeological balance. In fact, the numerical model, through the continuous quantification of inflows and outflows, provides the quantitative terms of the volumes of water entering and leaving the modeled aquifer system. This allows you to obtain important information on both the charging and drainage factors of the system and their relative importance. The individual terms of the hydrological balance expressed in cubic meters per second are shown in *Figure2*.

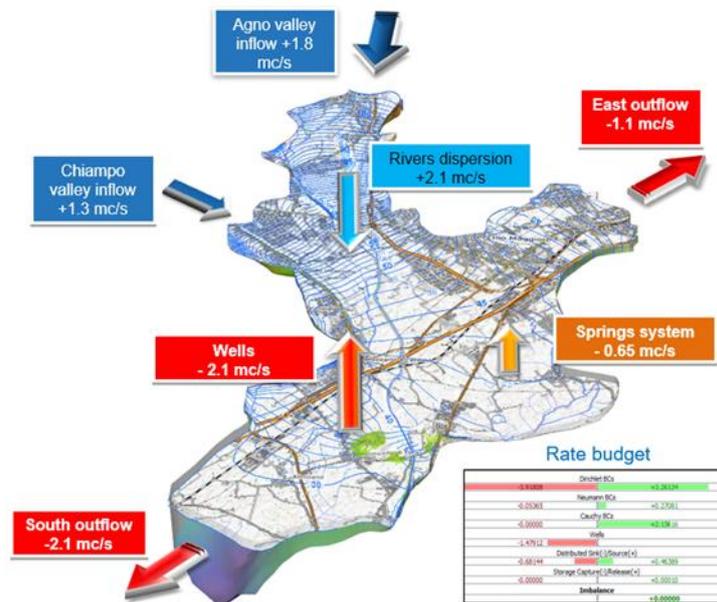
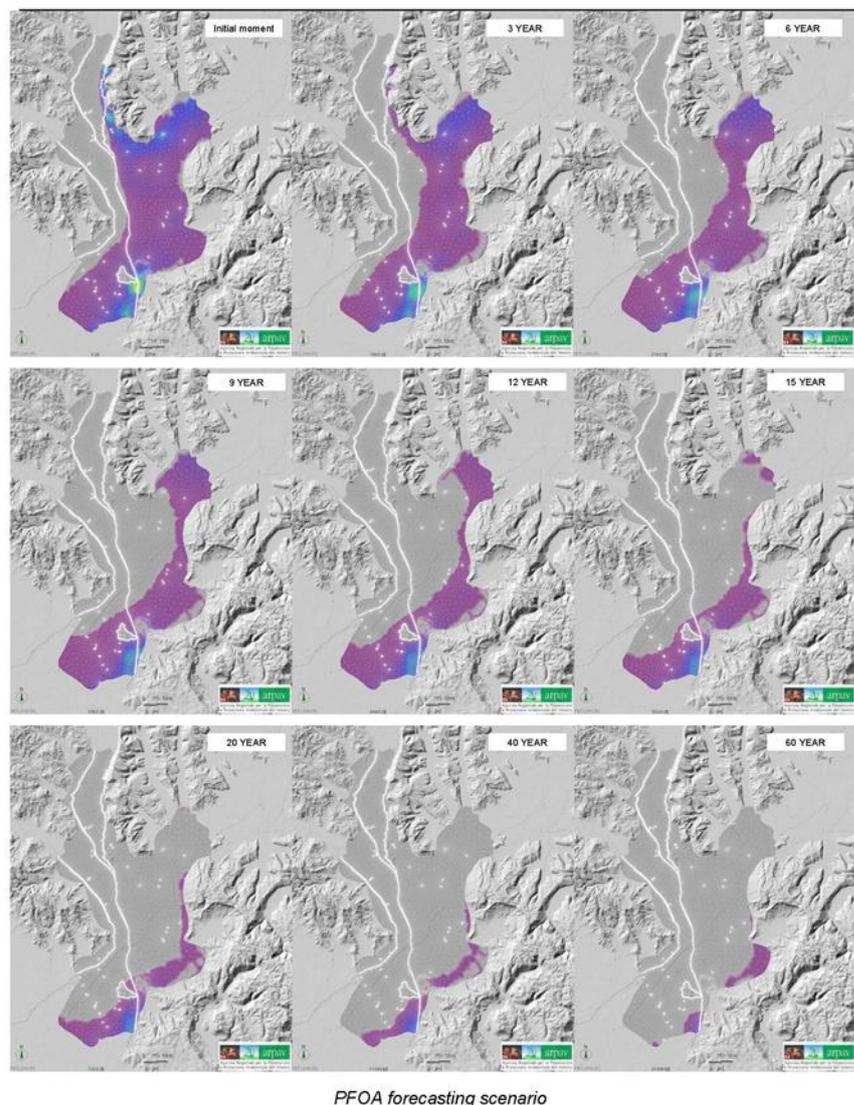


Figura 2: Hydrogeological balance of the numerical model implemented

3.1.5. Flow and transport simulations

the numerical model of flow and transport of polluted finite elements (FEM) for predictive purposes has been successfully implemented and tested in the high and medium plain area affected by PFAS pollution. The processes of adoption, diffusion, hydrodynamic dispersion and adsorption of various pollutants, such as old and new generation PFAS (PFOA, cC6O₄ and HFPO-DA) were simulated. The last and most important phase of action B_{4.1} of the Project was the implementation of the transport model of pollutants capable of predicting the spatial and temporal evolution of a pollution through the development of forecasting scenarios. This potential, implicit in numerical modeling, was used in the last phase of the activities by introducing various transport scenarios concerning in particular cC6O₄, HFPO-DA and, finally, PFOA (used as a tracer of historical pollution by PFAS).

B.4.1 - PRODUCTION AND VALIDATION OF THE FLOW AND TRANSPORT NUMERICAL MODE



PFOA forecasting scenario

Figure 3: Predictive simulation of the evolution of PFOA contamination in the scenario of a complete removal of the source of pollution.

All the simulations produced are based on the reconstruction of the conceptual model of the source term and on the currently available pollutant concentration data in groundwater. The scenarios concern both predictive transport simulations starting from the concentrations observed in groundwater and the development, by way of example, of scenarios reconstructed to simulate the transport of some of the representative substances belonging to the PFAS family such as PFOA (Figure 3), cC_6O_4 and HFPO-DA. This last "scenario-based" approach was necessary for two reasons:

The contamination plumes resulting from the simulations have shape, size and speed determined by the chemical-physical characteristics of the contaminant (solubility, density, adsorption, etc.) and by the flow of groundwater. Advection is the dominant transport process

in the pollution cases studied here and, consequently, the speed of the underground water flow is the main factor in defining the speed of the pollution plumes.

A further element to consider in the simulations is the limit of quantification (LOQ) or the resolution with which the pollutant can be quantified. By varying the limit of quantification, the resolving capacity changes and, in turn, the detected distributions can be significantly different.

3.2 Early warning methodologies

The development of the governance model, together with the detailed knowledge of the properties of the chemical contaminants involved and their environmental fate, requires an examination of the effects on populations exposed to these contaminants and of the state of the ecosystems concerned. In recent decades, biomarkers have developed as an important element in ecotoxicological investigations, responding quickly and accurately to basic questions. Indeed, through biomarkers it is possible to define the effects that contaminants cause at the molecular, biochemical, cellular or tissue level on natural populations and / or communities. The correct evaluation of these effects can represent an early signal of the stress caused by environmental contamination and prevent both alterations of ecosystems and damage to human health.

The investigation and knowledge activities on these aspects must make use of the studies upstream of the Project and timely updating with what has been developed both outside the project and during the activities.

All this knowledge must necessarily be included in the DWH as a continuous support to Governance in the various stages of analysis and of proposals aimed at facing and possibly resolving the risks deriving from pollution situations.

Alarm situations require you to be able to refer to reliable information points. As regards the effects on ecosystems, it becomes useful to be able to make use of environmental "early warning" methodologies, based on bioindicators, that is, on organisms or biological systems used to evaluate degenerative modifications or in any case of alteration of the exposed populations. These populations must be indicative of the quality of the environment with rapid response times.

Downstream of the design of the chemical monitoring plan, of the sharing of the criteria for choosing the sampling stations, and of the monitoring activities on the territory, the waters, the soils and the plants, the choice of the bioindicator organisms is one very important.

It was hypothesized to choose two organisms that can be defined sedentary: earthworms, soil organisms, very widespread, easy to catch, and the freshwater gastropod *Limnea* sp. normally very present everywhere in the banks rivers and ditches. However, *Lymnea* sp., certainly very suitable for biomonitoring activities, could not be used as it "literally" disappeared from the

waters of the area in question. Earthworms are considered indicators of biodiversity and sustainability in agroecosystems. They are exposed to compounds of anthropogenic origin present in soils both by ingestion, due to their incessant detritivorous activity, and by contact through the integument. Due to these characteristics they have long been considered model soil organisms, as indicated by the OECD on several occasions.

Furthermore, it is established that earthworms are bioaccumulators of numerous PFAS, both long-chain such as PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA and short-chain, such as e.g. PFBS (Perfluorobutanesulfonate) and PFBA (Perfluorobutanoic Acid), both molecules with 4 carbon atoms. This bioaccumulation capacity was also confirmed during the Life PHOENIX (*ACTION C1.2 – Final report on the status of the environmental monitoring* and *ACTION B4.2 – Final report with the overall assessment of the eco-toxicological data*). It is therefore necessary to proceed with the sampling of these organisms in the same sites where the recovery of water, soil and plants, in order to know the distribution and / or intake levels of PFAS in the different environmental compartments and to be able to study any correlations between the levels of assumed / adsorbed pollutant and the biomarker responses.

Numerous studies have shown that exposure to PFAS in these organisms can lead to DNA alterations (DNA breaks), increased production of Reactive Oxygen Species (ROS), alteration in Total Antioxidant Capacity (TAC) and stability of lysosomal membranes. These parameters, early indicators of the alteration of the state of health of an organism, were therefore taken into consideration as possible biomarkers. That is, it has been shown that the intake of the various PFAS in earthworms can affect the mechanisms and molecules that are fundamental for cellular balance and, therefore, for the well-being, fitness, and also the survival of these organisms.

Bearing in mind that biological parameters are affected by individual variability, defined by the genetic structure and history (age, nutrition, exposure, etc.) of individuals, it is clear that it is necessary to be able to work on significant numbers of samples. Epidemiological assessments of pollutant effects require big numbers both in terms of organisms examined and in terms of exposure times. Therefore, it is necessary, and recommended, to examine large numbers of individuals. For this reason, with the aim of increase the effectiveness of an early-warning assessment, implemented in organisms collected "in the field", we worked on the biomarker protocols indicated above, in order to be able to perform tests on a large number of specimens (*ACTION B4.2 – DELIVERABLE "Evaluation of the smart methodology for levels of environmental stress"*).

This will make it easier to carry out extensive biomonitoring campaigns, aimed at obtaining significant results to provide timely information on the ecotoxicological situation in areas affected by events comparable to that studied by Life PHOENIX and thus speed up the necessary institutional interventions. Institutions responsible for Governance will certainly have to make use of the collaboration of bodies specialized in the application of this smart methodology, and therefore equipped with adequate equipment and experienced staff.

The ultimate goal of using bioindicators and biomarkers is, in fact, to estimate, predict and, consequently, take timely action to avoid harmful events on an ecological level and on human health.

4 Communication Plan

Communication and dissemination activities are an integral part of risk management both in the preventive and in the emergency phase. Citizen involvement, their active and conscious participation is an indispensable tool for the application of measures within a prevention and emergency plan.

The involvement of both technical-scientific and non-technical targets (citizens, schools, etc) as well as the Municipal Administrations is of fundamental importance in order to raise awareness of the importance of environmental sustainability, with particular attention to issues concerning persistent emerging pollutants present in the ecosystem thus contributing to the overall success of the plan.

The communication plan is the tool that can help to standardize communication efforts, coordinating them in the most effective way to achieve the objectives set.

This document indicates the necessary human resources, activities and timelines and how to use them to reach and communicate with the reference recipients identified as stakeholders.

The main objectives of a communication plan are:

- Raise awareness on issues of environmental sustainability and emerging pollutants
- Inform about the actions and results of the project
- Promote the use of the environmental resource affected by the pollutant as a valuable asset
- Strengthen the sharing of information for the implementation of concrete policies and intervention measures
- Promote a joint and extended use of knowledge and design know-how

The messages that must be sent are:

- The public bodies responsible for carrying out the project are taking targeted actions, also through a new system, to prevent possible risks;
- The use of new integrated tools allows the water managers and policy makers to more accurately estimate the spread of emerging pollutants;
- Attention to new chemicals is essential to maintain adequate environmental quality and protect citizens' health;
- Choosing a sustainable lifestyle means safeguarding our future;
- The European Union is funding projects that improve citizens' quality of life;

The possible communication tools that can be implemented during the project are:

- Information material (brochures, roll-ups, posters and noticeboards);

- Digital communication tools (website, newsletter, social channels);
- Dissemination events (seminars and workshops);
- Networking with national and international projects that face similar problems;
- Educational activities with schools to sensitize students on the conscious use of the environmental resource affected by the pollutants studied in the project;
- Popular publications (layman's report, scientific publications).

4.1 Educational activities in schools to raise awareness among students on informed use of resources found in the surrounding environment that are also interested by the pollutants under study in the project

The World Health Organization (WHO) defines a setting as “the place or social context in which people engage in daily activities in which environmental, organizational, and personal factors interact to affect health and wellbeing”. Schools are surely important settings for the younger generation and adults involved in their upbringing and education. School is a place where children and youth learn and develop life skills to function and thrive and it is fundamental for physical, emotional and intellectual growth and maturity. It is a place for promotion of their wellbeing and an opportunity to invest in their health right from a very young age.

From such a premise, it is clear the importance of creating, maintaining and developing in time a strong synergy, integration and effective partnership between the School and Region. Health promotion in the global sense can become a common cultural and scientific framework of reference uniting profoundly both institutions.

Hence, it is fundamental that the issues addressed by the project becomes a heritage for the students, who must be able to understand its significance and value, becoming conveyers of knowledge towards their peer and adults.

In this perspective the project must envisage in its communicative strategies the involvement of children and youth, developing an in depth analysis of specific contents for that particular age group.

The method proposed to involve schools was through participation in a competition as described below.

4.2 Example Initiative for secondary high schools on the issue of water resources

OBJECTIVE: The initiative presented as a Competition addressing Secondary High schools of Veneto Region with the objective to raise awareness among the younger generations on the value of water, to be fully aware on its use and problems linked to pollution.

DESCRIPTION: Classes participating in the Competition have to produce a plot outline to develop one or more short films which translates the project themes and transmits to their peers in a refreshing way and suitable to their age group.

In order to deal with the subject of water pollution in its diverse aspects, it is possible to propose the initiative to different schools in different ways for example to Arts High schools could produce a subject for a short video which analyses the absolute value of water, offering a reflection on the relationship between man and this element, its relation to the environment of life, the historic period, not forgetting to analyze also the artistic and poetic aspects.

The students of the Technical High schools and Scientific High Schools can instead write a scenario to produce a video interview with one or more experts of the scientific team of the Life Phoenix project, to explain clearly to their peers and to the population what can be done to defend our water resources, how we can change our habits to safeguard it.

METHOD TO REALIZE THE PROJECT Example on emerging contaminants in water

The teachers receive training on the themes of the project. They are provided with educational material, which contains in depth information on:

- Water as a resource and the water cycle;

PROJECT DISSEMINATION CRONOPROGRAM FOR SCHOOLS

May/June: send information to schools so they can program participation in the next scholastic year. Creation of a web site dedicated to the project with a page dedicated to the school world.

September: send call for participation in the Competition and timeline to be respected.

October/November: organization on one or more webinars for teachers and students with a panel of experts (physicians, biologists, chemists, environmental experts, ecologists etc.). The webinars will be made available on the website or on Youtube. Thanks to the remote training system it will be possible for larger turnout who can also see again the events at a later time.

Between November and February the scientific committee and the film director are available to help the classes to come up with ideas and stories to develop their work.

By February: schools send their subject or story board with ideas to develop with the Director and experts.

March/May: Realization of short videos or cartoons preferably in presence, working in close contact with the audio visual team of experts appointed for this phase of the project.

June: restitution of the completed work and presentation to the public. Publication on videos on the web site and on Youtube. The videos can be made available for schools to be inserted in specific didactic kits.

- Problems regarding water safety and emerging contaminants, with a particular reference to a case study.

Training organization for the schools: training in both presence and online courses with the participation of experts on the issues considered as well as in communication skills. Both students and teachers participate in these training courses. After the class receives all information regarding the themes, the students can elaborate stories that can become videos.

From the stories that are produced and sent, one or more stories according to information approaches utilized will be chosen and transformed into multi media products. The students will work with the support of a troupe of cinematographic professionals (screen writers, audio and video operators, film directors, and post production technicians) The actors of the video will be students themselves.

The materials produced during the school initiative (scientific webinars, didactic kits, videos) can become part of the educational materials that teachers can utilize to tackle arguments inside the school curricula to go more in depth on water pollution.

The deliverables supporting this activity are:

- Educational kit for workshop for teachers
- Video.

5. EXAMPLES

In this chapter we propose some operational examples of intervention on predetermined scenarios using the guidelines and tools developed in LIFE PHOENIX.

5.1 How to act in an emergency: example of data extraction and operations

Scenario 1: accident with release of PMOC into the environment

In the event of accidental release of PMOC to the environment by a known source of pollution, the Environment and Health Commission, assisted by the Technical-Scientific Committee, may use the Information and Statistical System as a tool to support the following risk analysis phases:

1. Hazards identification: query of the database on the toxicological and ecotoxicological properties of the released PMOCs. In case information is lacking, it is useful to exploit predictive modeling techniques such as QSAR.
2. Identification of environmental matrices and potentially impacted geographic areas: starting from the analysis of information on the mobility of the contaminant in the various environmental matrices and from the cartographic data relating to the location of the pollution source and the structure of the surrounding territory, the elements potentially affected by contamination will be identified (e.g. groundwater bodies, surface water bodies, agricultural land through irrigation network, drinking water collection points); subsequently, by feeding the flow and transport model, it will be possible to obtain a quantitative estimate of the time required for the propagation of the pollutant and of its concentrations in the various matrices
3. Identification of the potentially exposed population: based on the assessments referred to in point 2., the population at risk will be identified and quantified (e.g. residents in certain geographic areas, inhabitants served by potentially impacted aqueduct networks) and its composition will be analysed by age group, quantifying the number of particularly vulnerable subgroups (children, the elderly)
4. Investigation of the chemical and ecological status of potentially impacted matrices and environmental receptors: it will be possible to carry out an investigation on the current and previous chemical and ecological status, for the purpose of a more in-depth assessment of the possible environmental impact of the contaminant
5. Definition of a monitoring system for the diffusion of the contaminant: on the basis of the assessments referred to in point 2., it will be possible to identify the most efficient and appropriate ways to monitor the propagation of the contaminant and to evaluate the effectiveness of the containment and mitigation measures adopted, defining the location of the sampling points and the periodicity of the sampling itself; in particular, it will be assessed whether any existing monitoring networks are sufficient or need to be integrated with further

sampling points in order to more faithfully represent the dynamics of diffusion of the contaminant in question.

Scenario 2: detection of the presence of PMOC in environmental matrices

In the event of detection of the presence of PMOCs in environmental matrices, the Environment and Health Commission, assisted by the Technical-Scientific Committee, will be able to use the Information and Statistical System as a tool to support the following risk analysis phases:

1. Hazards identification: query of the database on the toxicological and ecotoxicological properties of the detected PMOCs. In case information is lacking, it is useful to exploit predictive modeling techniques such as QSAR.
2. Identification of the possible pollution source (s): by querying the information system, the sources of pollution compatible with the contamination detected according to the type of activity (e.g. activities and production processes associated with the use or emission of the PMOC in question) and by territorial location (e.g. sources located in the recharge area of an aquifer or in the afferent basin of a river) will be identified
3. Identification of potentially impacted environmental matrices and geographic areas: once the source of pollution has been identified, the elements potentially affected by the contamination will be identified (e.g. groundwater bodies, surface water bodies, agricultural land through irrigation network, drinking water collection points); subsequently, by feeding the flow and transport model, it will be possible to obtain a quantitative estimate of the duration of the previous contamination, the time necessary for the further propagation of the pollutant and its concentrations in the various matrices
4. Identification of the potentially exposed population: on the basis of the assessments referred to in point 3., the population at risk will be identified and quantified (e.g. residents in certain geographical areas, inhabitants served by potentially impacted aqueduct networks) and its composition will be analysed by age group, quantifying the number of particularly vulnerable subgroups (children, the elderly)
5. Definition of a contaminant diffusion monitoring system: on the basis of the assessments referred to in point 3., it will be possible to identify the most efficient and appropriate ways to monitor the propagation of the contaminant and to evaluate the effectiveness of the containment and mitigation measures adopted, defining the location of the sampling points and the periodicity of the sampling itself; in particular, it will be assessed whether any existing monitoring networks are sufficient or need to be integrated with further sampling points in order to more faithfully represent the dynamics of diffusion of the contaminant in question.

5.2 Integration of DWH within the Water Safety Plans (PSA)

During the project activities, the Veneto Region took the ambitious opportunity to frame the Data Warehouse of the Life Phoenix project, as a key tool for the risk analysis of environmental events with an impact on human health. In fact, the DWH responds, as a statistical information system, to a series of requirements also provided for by European and national planning documents, which each Region is encouraged to adopt in order to address issues relating to the Environment and Health.

On the one hand, therefore, the DWH of Life Phoenix will constitute the instrument of the Veneto Region for the Water Safety Plans (PSA), which must be prepared by the managers of integrated water services by 2025, as required by the Directive on water intended for human consumption 2184/2020. Therefore, the Integrated Water Service Management Bodies, on the one hand, identify themselves as suppliers of data relating to water intended for human consumption, on the other hand, in the implementation of their PSA, they will be able to access the DWH, to extract the data useful for implementation of the PSA.

The basis of this approach is the promotion of a holistic risk analysis methodology, which shifts the focus from the retrospective control on the distributed water, to the prevention and management of risks in the drinking water supply chain, extended from the collection to the tap, on the basis of the model of Water Safety Plans (WSP), developed by the World Health Organization. The implementation of the WSP principles are promoted by the Italian Ministry of Health to enhance water quality control strategies, especially by updating knowledge on risk analysis.

PHOENIX inspires the development of an integrated approach to manage the problem of drinking water pollution from PFAS. The main supply sources for drinking water is groundwater which is impacted by PFAS emission from industrial and urban discharges. Thereby the protection of drinking water source can be only faced at a catchment scale. Following recommendations by the World Health Organization (WHO), the most effective approach to ensure that water intended for human consumption is safe is the development and the implementation of water safety plans, which have been introduced in the recast of the Drinking Water Directive (Directive 2020/2184/EU). This approach should be experimentally applied in the area impacted by PFAS pollution by implementing a management model at catchment level which is based on the control of the primary discharges and the treatment through innovative methods of the raw source used for drinking water production.

The Way forward

- Create a stable, multidisciplinary group of people working on the information system
- Actively involve data providers
- Expand data sources and features of the information system
- Make the information system available for data providers (such as Water Companies for WSP)
- Use the information system for the risk assessment exercise



Water Safety
Plans