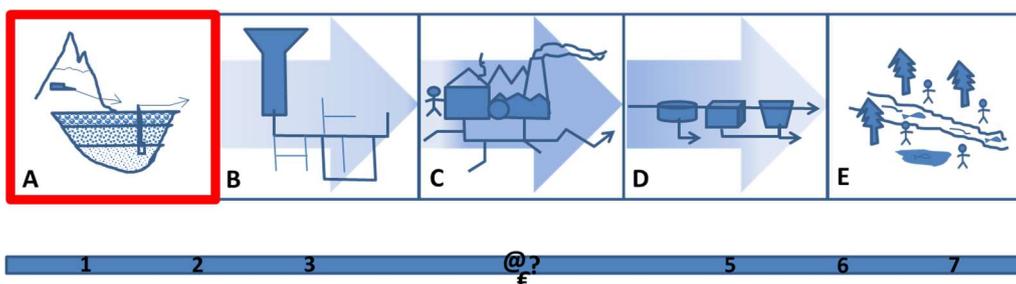


## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Ricostruzione del campo di flusso in acquiferi freatici e confinati mediante applicazione di metodologie geostatistiche e del codice MODFLOW

#### Premessa:

La base tecnologica della modellistica interattiva bi- e tridimensionale di flusso e trasporto idrico sotterraneo coinvolge metodologie geostatistiche (per la stima di variabili ambientali in punti non campionati mediante tecniche variografiche di correlazione spaziale) e codici numerici di calcolo in grado di convergere iterativamente ad una stima approssimata della soluzione analitica delle equazioni differenziali di flusso e trasporto. Il codice MODFLOW alle differenze finite, largamente testato e riconosciuto a livello internazionale, è supportato da numerose interfacce grafiche (es. GMS *Groundwater Modeling System*, FREEWAT).

#### Obiettivi:

L'applicazione delle metodologie geostatistiche e di simulazione numerica all'ambito idrogeologico consente da un lato di produrre mappe vettoriali ad isovalore relative alla distribuzione spaziale 2D di variabili quali livello freaticometrico, piezometria e pluviometria, dall'altro di ricostruire, sulla base di un opportuno modello solido del sottosuolo, il campo di flusso idrico sotterraneo nel dominio di indagine prescelto. Tali prodotti costituiscono strumenti di importanza primaria per valutare quantitativamente scenari configurativi attuali ed evolutivi futuri dei sistemi idrogeologici, con finalità interpretative e/o di supporto decisionale a varie scale di utilizzo. In tale ottica, le mappe 2D ad isovalore e il modello di flusso 3D si pongono al servizio degli addetti al settore che devono:

- fronteggiare e gestire in modo sostenibile la progressiva riduzione di disponibilità idrica, l'impovertimento della sua qualità e la crescente domanda di acqua potabile;
- pianificare e proporre progetti inerenti la realizzazione delle opere di captazione e distribuzione idrica;
- impostare ed ottimizzare opportune reti di monitoraggio quali-quantitativo.

In tale ottica, il modello di flusso deve costituire il risultato di un processo iterativo di approfondimento conoscitivo, aggiornamento, implementazione, rivalutazione e revisione di dati, informazioni e conoscenze progressivamente disponibili.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- Teoria geostatistica di base per la stima spaziale di dati ambientali.
- Raccolta ed analisi geostatistica di dati ambientali di rilevanza idrogeologica (dati freaticometrici, piezometrici, pluviometrici) disponibili in corrispondenza del dominio di indagine; produzione di variogrammi e di mappe vettoriali ad isolinee attraverso il *software* di *contouring* "Surfer" in ambiente Windows.

- III. Raccolta e trattamento dei dati necessari allo sviluppo del modello concettuale del dominio oggetto d'indagine (griglia, condizioni al contorno, sollecitazioni, parametri idrogeologici) in ambiente GMS; simulazione numerica di flusso idrico sotterraneo.
- IV. Valutazione del modello di flusso ottenuto, sua calibrazione ed implementazione.
- V. Introduzione all'ambiente di simulazione *open source* FREEWAT.

**Tempi di realizzazione**

	Mesi																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
I																																						
II																																						
III																																						
IV																																						
V																																						

**Risultati attesi:**

La realizzazione di mappe ad isovalore, relative alla distribuzione spaziale 2D di variabili a valenza idrogeologica, consentirà di rendere fruibile l'informazione in una forma visiva facilmente comprensibile e di individuare eventuali *trend* spaziali significativi per la comprensione dei processi in atto. La bontà ed il dettaglio delle mappe dipenderanno da quantità, qualità, distribuzione, densità e reciproca distanza dei valori puntuali osservati di *input*, nonché dal settaggio esperto dei parametri di controllo della tecnica utilizzata.

Il modello concettuale formalizzerà la comprensione del sistema indagato. La bontà del risultato della simulazione di flusso sarà un riflesso dell'accuratezza con cui struttura geologica, proprietà idrauliche dei materiali, condizioni al contorno e sollecitazioni a carico del sistema di flusso saranno identificate e rappresentate nella fase di *pre-processing* della simulazione di flusso.

**Bibliografia:**

GRANATI C. (2007). "Ricostruzione degli acquiferi della Bassa Pianura Friulana e simulazione di flusso con approccio stocastico". Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile e Ambientale, XIX ciclo, coordinatore del corso Prof. Alberto Pratelli, tutor del corso Prof. Grazia Martelli, 308 pp.

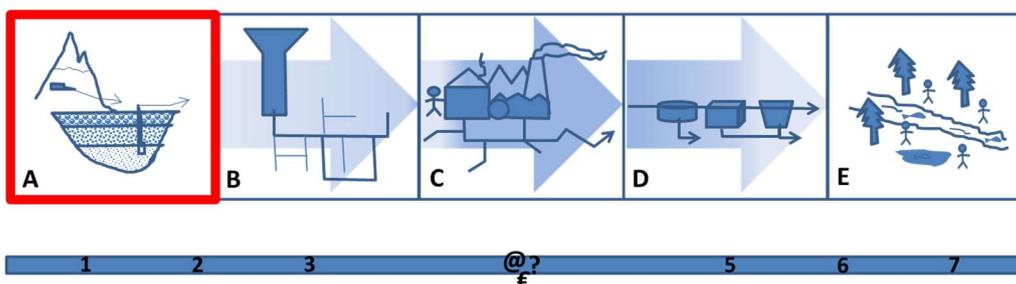
MARTELLI G., GRANATI C. (2007). "Lithostratigraphical and Hydrogeological Characteristics of the Aquifers of the Low Friuli Plain and Sustainability of Groundwater Resources". Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, LXXVI: 241-266.

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE (2011). "Risorse idriche sotterranee del Friuli-Venezia Giulia: sostenibilità dell'attuale utilizzo." Stella Arti Grafiche, Trieste, pp.90.

KITANIDIS P.K. (1997). *Introduction to geostatistics. Applications in hydrogeology.* Cambridge Univesity Press, 249 pp.

HARBAUGH, BANTA, HILL, McDONALD (2000). "MODFLOW 2000, the U.S.Geological Survey Modular Groundwater Model – User guide to modularization concepts and the groundwater flow process." U.S. Geological Survey.

## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Valutazione della ricarica attiva degli acquiferi regionali

#### Premessa:

I sistemi acquiferi alloggiati nel materasso alluvionale della pianura friulana (a carattere indifferenziato o in confinamento multistrato) risultano di valenza strategica in termini di risorsa disponibile, come testimoniano le stime di prelievo su base media annua (oltre 1800 milioni di m<sup>3</sup>/anno, l'88% a carico degli acquiferi confinati della bassa pianura). Il confronto tra ricarica attiva naturale dei sistemi acquiferi e prelievi a carico degli stessi evidenzia un equilibrio estremamente precario, tanto da destare preoccupazione in merito alla conservazione della risorsa.

#### Obiettivi:

La valutazione della ricarica attiva degli acquiferi si inserisce nella schematizzazione del comportamento idrodinamico di ogni sistema idrogeologico. La sua valenza è fondamentale nella pianificazione di uno sfruttamento sostenibile delle risorse idriche sotterranee, nell'analisi del rischio d'inquinamento, nella bonifica di situazioni vulnerate e negli studi degli ambiti in cui la risorsa sia a rischio di degrado quantitativo.

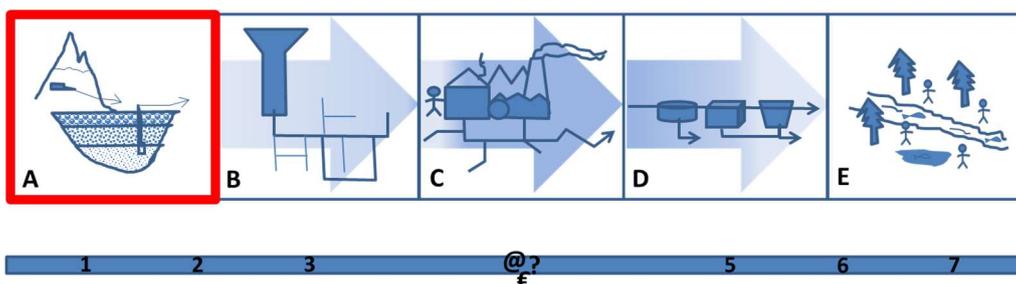
La quantificazione diretta della ricarica attiva di un acquifero non può prescindere dalla complessità e dalla massa di dati necessari per effettuare un bilancio idrogeologico globale (afflussi ed efflussi naturali, scambi con corpi idrici superficiali, ricariche artificiali, prelievi), di regola di problematica reperibilità. Le tecniche di valutazione indiretta permettono di stimare più agevolmente la ricarica attiva media annua di un dominio (es. alta e bassa pianura friulana) a partire da piezometria, precipitazioni efficaci, dispersioni dei corsi d'acqua superficiali e caratteristiche idrauliche del suolo.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Raccolta, omogeneizzazione ed elaborazione di dati termo-pluviometrici (su arco temporale significativo) e litostratigrafici nel dominio di indagine (alta pianura friulana).
- II. Ricostruzione su base geostatistica della distribuzione spaziale di precipitazioni, ETP (stima della precipitazione efficace) e livello freatico nel dominio di indagine.
- III. Quantificazione del volume d'acqua in uscita dall'acquifero freatico dell'alta pianura friulana in corrispondenza della linea delle risorgive (metodo dei settori), stima delle portate delle risorgive e valutazione del volume idrico in ingresso al sistema acquifero multistrato della bassa pianura friulana.
- IV. Stima del volume dei prelievi idrici nel settore della bassa pianura friulana e valutazione della sua sostenibilità mediante confronto con il volume della ricarica.
- V. Confronto tra tendenze manifestate sul lungo periodo da precipitazioni e livelli freatici in opportuni punti della rete di monitoraggio regionale.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Caratterizzazione degli acquiferi regionali su base geochemica ed isotopica

#### Premessa:

Il chimismo delle acque è il risultato della loro storia, della quale portano memoria. L'estrema variabilità dei fattori da cui dipende (composizione della roccia serbatoio, condizioni di alimentazione, temperatura, pressione, tempi di residenza, lunghezza e profondità dei percorsi idrici) e i frequenti mescolamenti tra corpi idrici diversi (sotterranei e/o superficiali) ne complicano le possibilità di interpretazione. Quest'ultima non può essere considerata in senso statico né assumere carattere univoco di regola generale.

#### Obiettivi:

I metodi di prospezione idrogeologica utilizzano i dati geochemici per approfondire le conoscenze relative alla caratterizzazione delle acque sotterranee (facies idrochimica) e alle modalità di circolazione e ricarica degli acquiferi (sviluppo dei circuiti idrici sotterranei, individuazione e caratterizzazione dei bacini di alimentazione). Tali informazioni sono basilari per la validazione dei modelli di flusso e trasporto e per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi.

Le tecniche investigative della geochemica isotopica, complementari alle indagini idrochimiche, offrono a loro volta un importante contributo conoscitivo grazie alla capacità di sfruttare le modificazioni dei rapporti di abbondanza naturale di specifici isotopi ambientali quali marcatori per investigare peculiarità degli acquiferi e delle acque in essi contenute. Mentre gli isotopi stabili della molecola d'acqua fungono da traccianti naturali per la determinazione dell'origine delle acque sotterranee e la localizzazione del bacino di alimentazione (quota media di infiltrazione), la principale applicazione idrogeologica degli isotopi instabili è la datazione delle acque sotterranee, associata alla stima del relativo tempo di transito o di residenza nel sottosuolo. La definizione dell'età (rispetto al momento dell'infiltrazione nel sottosuolo) è fondamentale nella gestione delle risorse idriche sotterranee, in quanto consente di valutare la componente della risorsa connessa alla ricarica attiva.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Richiami di geochemica delle acque: principali parametri chimico-fisici, sostanze e gas in soluzione, rapporti caratteristici, facies idrochimiche, diagrammi classificativi.
- II. Elaborazione ed analisi di dati geochemici relativi ad acque meteoriche, superficiali e sotterranee in ambito regionale (serie storiche, campionamenti); produzione di grafici, diagrammi, mappe ad isovalore, carte tematiche; interpretazione dei risultati ottenuti.
- III. Richiami di geochemica isotopica: isotopi costitutivi della molecola d'acqua ( $^{18}\text{O}$ , deuterio, tritio),  $^{14}\text{C}$ ; rapporto di abbondanza relativa, frazionamento, Global e Local Meteoric Water Line (GMWL, LMWL), relazione contenuto isotopico delle precipitazioni/temperatura di condensazione; decadimento radioattivo.





## **Risultati attesi:**

Avere un modello unico calibrato che consenta di ottimizzare le reti esistenti e, in caso di emergenza, individuarne immediatamente il livello di gravità, l'estensione dell'area coinvolta e la soluzione ideale da intraprendere per minimizzare i disagi alle utenze finali.

## **Bibliografia:**

NICOLINI M. (2018). "*Leakage identification in water distribution systems with a complex networks approach*". Proceedings of the 1<sup>st</sup> IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII 2018), South Korea, July 2018, 58-61.

NICOLINI M. et al. (2014). "*Numerical modeling and leakage reduction in the water distribution system of Udine*". Procedia Engineering, 1241-1250.

GIACOMELLO C., KAPELAN Z., NICOLINI M. (2013). "*Fast hybrid optimization method for effective pump scheduling*". Journal of Water Resources, Planning and Management, ASCE, 139(2), 175-183.

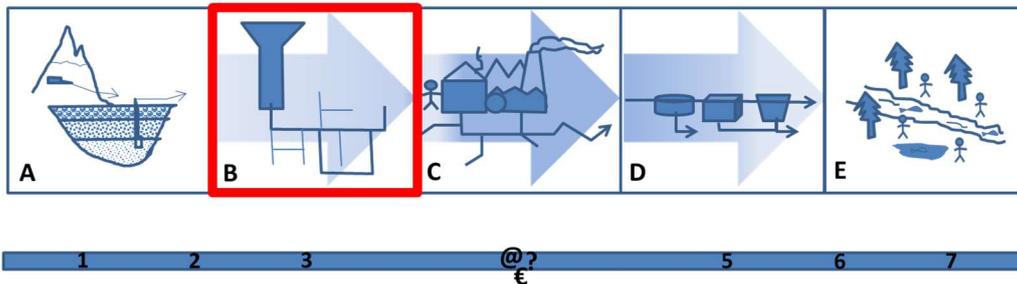
NICOLINI M. (2012). "*Pareto genetic algorithms for multi-objective design of water distribution systems*". Applied Mechanics and Materials: Advances in Hydrology and Hydraulic Engineering, 212-213, 664-670.

NICOLINI M. (2012). "*Algoritmi evolutivi per l'ottimizzazione energetica di sistemi acquedottistici e irrigui*". L'Acqua -All, suppl. n. 4, pp. 321-328.

NICOLINI M., GIACOMELLO C., DEB K. (2011). "*Case study: calibration and optimal leakage management for a real water distribution network*". Journal of Water Resources, Planning and Management, ASCE, 137(1), 134-142.

NICOLINI M., ZOVATTO L. (2009). "*Optimal location and control of pressure reducing valves in water networks*". Journal of Water Resources, Planning and Management, ASCE, 135(3), 178-187.

## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Una metodologia sperimentale-analitica per lo studio diagnostico e la valutazione di sicurezza strutturale di serbatoi

#### Premessa:

L'età media delle costruzioni strategiche in Italia è prossima ai cinquanta anni e pertanto la necessità di controllo, manutenzione o riabilitazione strutturale dell'esistente è un problema di grande attualità. L'analisi strutturale di una costruzione esistente è un problema decisamente più complesso della progettazione *ex novo* della stessa opera. In questo caso, infatti, grandezze quali le proprietà meccaniche dei materiali, che possono aver subito processi di degrado durante la vita dell'opera, o i dettagli costruttivi, di cui la documentazione tecnica disponibile può serbare una descrizione incompleta, risultano incognite, o note con un margine di accuratezza piuttosto basso.

#### Obiettivi:

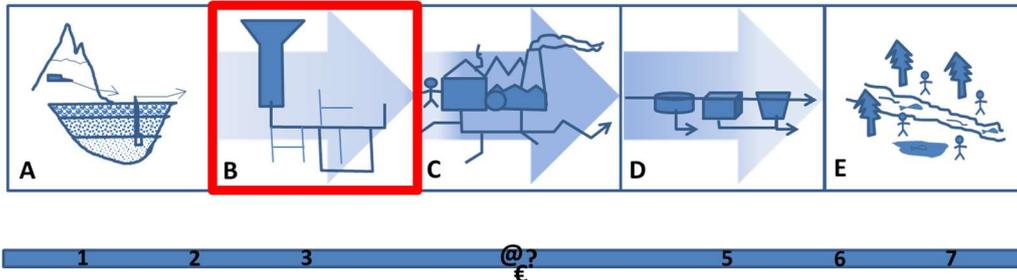
La finalità ultima è quella di determinare, attraverso un articolato processo di monitoraggio e di analisi critica del comportamento dell'opera, un modello numerico di calcolo in grado di rappresentare correttamente la risposta dell'opera sotto l'effetto di azioni assegnate (statiche o dinamiche). Solo a questo punto può essere impostata la fase di verifica delle prestazioni strutturali e, sulla base delle eventuali criticità emerse, possono essere suggeriti interventi di miglioramento o adeguamento sismico. Infatti, la sottovalutazione dell'importanza dell'affidabilità del modello di calcolo sulla base del quale effettuare le verifiche strutturali può condurre a situazioni estremamente critiche. Da un lato, la rinuncia ad una conoscenza adeguata può costringere il calcolatore a lavorare sotto ipotesi eccessivamente cautelative. Questo atteggiamento può comportare come caso estremo la previsione di interventi di adeguamento strutturale/sismico sovradimensionati o non ottimizzati rispetto a quelli effettivamente necessari, con costi rilevanti per la collettività. D'altro lato, la sottovalutazione di certe criticità presenti nell'opera – o non rilevate oppure non interpretate in giusti termini quantitativi – potrebbe condurre al pericolo opposto, e cioè ad un calcolo non cautelativo con conseguente esposizione al rischio di collasso strutturale.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Analisi dello stato di fatto dei serbatoi
- II. Esecuzione di indagini sperimentali ed implementazione dei modelli di calcolo
- III. Valutazione di sicurezza statica e sismica
- IV. Valutazione di eventuali interventi di adeguamento.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



**Tema: La modellazione numerica di tipo quali - quantitativo delle reti di distribuzione idrica come strumento per la valutazione della vulnerabilità per esposizione ai sottoprodotti di disinfezione (DBPs)**

### Premessa:

La clorazione è il metodo più usato in Italia per la disinfezione delle acque potabili nelle reti di distribuzione idrica in virtù dell'efficacia, costi ridotti e capacità di assicurare una concentrazione residua che limita il proliferare di microrganismi patogeni. La reazione del cloro con la materia organica naturalmente presente nell'acqua porta alla formazione di sottoprodotti di disinfezione (DBPs) potenzialmente cancerogeni e dannosi per la salute umana in caso di ingestione/contatto. I trialometani (THMs), sottoprodotti dell'ipoclorito di sodio (NaClO), sono tra i più nocivi e la loro concentrazione nelle reti idriche va monitorata e tenuta al di sotto di valori soglia normati.

### Obiettivi:

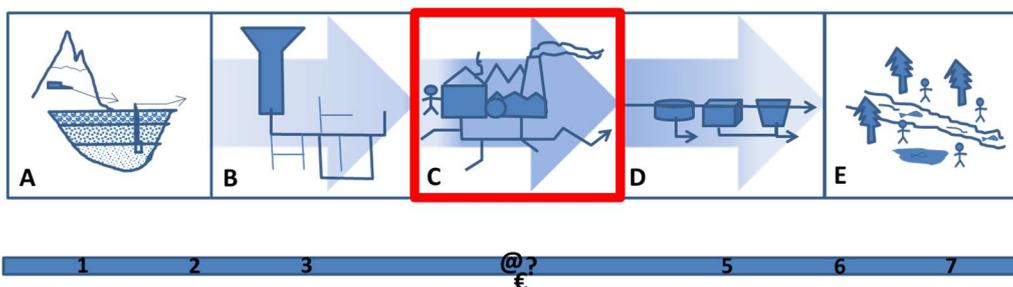
Un valido supporto per realizzare un'efficiente e sostenibile clorazione, che tenga conto anche della formazione dei sottoprodotti di disinfezione (DBPs), è rappresentato dall'individuazione delle aree più critiche di un sistema di distribuzione idrica rispetto all'esposizione dell'utenza ai trialometani (THMs) mediante l'impiego della modellistica numerica. L'obiettivo che si intende perseguire risulta pertanto essere quello di simulare sia il comportamento idraulico delle reti di distribuzione idrica sia le cinetiche di formazione dei sottoprodotti della clorazione ed in particolare dei trialometani (THMs) in modo tale da valutare in ogni nodo idraulico del sistema una serie di parametri (ad esempio concentrazione media, massima e minima giornaliera, ecc.) rappresentativi dell'esposizione ai DBPs delle utenze servite e quindi della popolazione potenzialmente coinvolta. La modellistica numerica risulterà quindi essere un indispensabile strumento sia per effettuare un'analisi di vulnerabilità delle reti idriche esistenti sia per attuare tutte quelle azioni gestionali e progettuali finalizzate alla tutela della salute umana.

### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Raccolta ed analisi degli elaborati progettuali delle reti acquedottistiche che si intendono modellare.
- II. Modellazione numerica delle reti idriche e/o aggiornamento dei modelli già implementati.
- III. Taratura e validazione dei modelli per mezzo di campagne di misure di tipo quali - quantitativo da effettuarsi nei punti della rete idrica considerati come significativi.
- IV. Analisi degli scenari ottenuti per mezzo delle simulazioni numeriche.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



**Tema: La modellazione numerica di tipo idrologico - idraulico a scala di bacino urbano come strumento di supporto alle attività di pianificazione territoriale**

### Premessa:

Al giorno d'oggi l'impiego di computer sempre più performanti, unitamente alla disponibilità di numerosi modelli numerici di tipo idrologico - idraulico che simulano con estremo dettaglio i vari processi di trasformazione afflussi - deflussi che avvengono a scala di distretto urbano, permette di affrontare i problemi progettuali e di gestione dei sistemi di drenaggio urbano in modo tale da svincolarsi dalle tradizionali ipotesi semplificative alle quali i classici metodi di analisi sono soggetti. Lo sviluppo e l'utilizzo di modelli numerici di simulazione permetterà quindi di potersi avvalere di uno strumento operativo valido come supporto decisionale a futuri interventi strutturali e di pianificazione a scala di bacino urbano al fine di garantire il controllo qualitativo - quantitativo dei deflussi in un'ottica di sviluppo sostenibile e di pianificazione territoriale di tipo ottimale.

### Obiettivi:

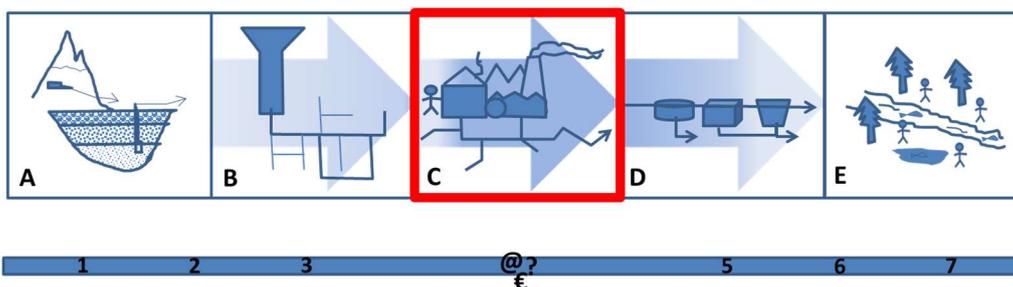
L'obiettivo che si intende perseguire risulta essere quello di fornire ai tirocinanti il necessario supporto tecnico - scientifico finalizzato all'acquisizione di tutte quelle nozioni (sia teoriche ma anche di tipo pratico) necessarie ad un corretto approccio alla modellazione numerica di tipo idrologico - idraulico dei sistemi di drenaggio urbano. L'impiego di codici di calcolo senza la necessaria conoscenza delle teorie, dei modelli matematici e dei metodi numerici che ne stanno alla base risulta infatti essere causa di potenziali errori che vanno ad inficiare la qualità ma soprattutto l'attendibilità dei risultati. L'allievo sarà pertanto guidato attraverso un percorso formativo che coinvolgerà tutte le fasi necessarie sia alla realizzazione di un modello di simulazione numerica dei sistemi di drenaggio urbano sia alla relativa interpretazione dei risultati ottenuti. In particolare, il codice di calcolo impiegato per la modellazione e la simulazione dei processi di tipo idrologico ed idraulico a scala di bacino urbano risulta essere EPA - SWMM (Storm Water Model Management), software di dominio pubblico distribuito dall'Agenzia di Protezione Ambiente (EPA) degli Stati Uniti d'America e che ad oggi rappresenta uno dei codici di calcolo maggiormente utilizzati in ambito internazionale.

### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Raccolta ed analisi degli elaborati progettuali della rete fognaria che si intende modellare.
- II. Rilievo topografico di precisione dell'andamento piano - altimetrico della rete fognaria esistente per individuare eventuali differenze tra lo stato di fatto ed il progetto originario della rete fognaria.
- III. Realizzazione del modello numerico di simulazione per mezzo del codice di calcolo EPA - SWMM.
- IV. Analisi dei risultati ottenuti.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Ottimizzazione quali - quantitativa del sistema fognatura - impianto del ciclo idrico integrato

#### Premessa:

Negli ultimi decenni grazie ai notevoli progressi compiuti nel campo dell'informatica si è potuto assistere ad una costante evoluzione delle potenzialità offerte dalla modellistica numerica nel poter simulare sempre più realisticamente e nel dettaglio sia i processi di trasformazione afflussi - deflussi (finalizzati alla stima delle portate e dei volumi idrici generati da ciascun bacino/sottobacino con il quale è stata discretizzata una determinata area urbana) sia i fenomeni di accumulo e dilavamento delle sostanze inquinanti, e relativa propagazione all'interno dei collettori fognari, così come i processi di tipo chimico, fisico e biologico che stanno alla base della depurazione delle acque reflue.

#### Obiettivi:

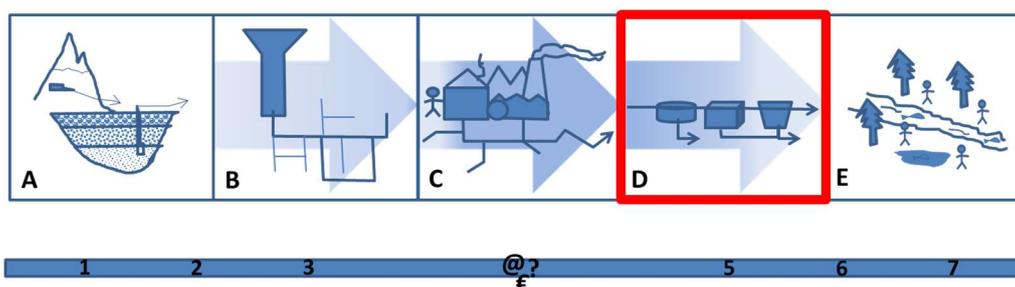
Nonostante gli enormi progressi occorsi negli ultimi decenni nel settore dell'idroinformatica, qualsivoglia modello di simulazione prima di poter essere efficacemente utilizzato per la soluzione di problemi pratici deve essere tuttavia necessariamente tarato (calibrato). Propedeutica alla taratura del modello risulta essere la fase nella quale si identificano e si definiscono i parametri che andranno a costituire effettivamente il modello numerico, ovvero individuando quelli più significativi per la riproduzione dei processi che si intende simulare. I valori più appropriati da attribuire ai parametri costituenti il modello possono essere determinati tramite indagini in situ (ovvero nel caso di parametri direttamente misurabili) anche se nella maggior parte delle situazioni tali parametri sono solo rappresentazioni concettuali di caratteristiche astratte del bacino e pertanto devono essere necessariamente determinati attraverso un processo di tipo "trial and error", ossia modificando di volta in volta il valore dei parametri fino ad ottenere il risultato desiderato. Conseguentemente l'effettiva utilità dei modelli di simulazione dipende sostanzialmente dalla qualità e dall'accuratezza con la quale è stata condotta sia la scelta dei parametri sia la procedura di taratura del modello. Sulla scorta di tali considerazioni appare evidente come sia necessario definire una metodologia operativa standardizzata, finalizzata all'individuazione di tutte quelle fasi necessarie per l'ottimizzazione dei modelli di simulazione del "sistema fognatura - impianto".

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Raccolta ed analisi degli elaborati progettuali della rete fognaria che si intende modellare unitamente alla realizzazione del rilievo topografico di precisione relativo all'andamento piano - altimetrico della rete fognaria esistente per individuare eventuali differenze tra lo stato di fatto ed il progetto originario della rete fognaria.
- II. Installazione di misuratori di portata del tipo area - velocity nei segmenti della rete fognaria al fine di ottenere una acquisizione continua dei dati di portata transitanti all'interno delle tratte fognarie considerate significative per la calibrazione e la validazione del modello numerico di simulazione dei fenomeni di trasformazione afflussi - deflussi.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



**Tema: Analisi e caratterizzazione delle matrici fangose alla luce delle recenti normative e tecnologie.**

### Premessa:

La disciplina dell'utilizzo in agricoltura dei fanghi di depurazione risulta obsoleta e assai variegata in Italia, in quanto pur essendo in vigore il D.Lgs. 99/92, integrato da definizioni ed indicazioni di utilizzo fornite dal D.Lgs. 152/06 art. 127, alcune Regioni hanno legiferato per conto proprio (vedasi Emilia Romagna, Lombardia e Veneto, etc.) introducendo altri parametri di indagine e procedure. Negli ultimi due anni sono state avanzate delle concrete proposte di revisione alla disciplina e infine, sono stati apportati degli aggiornamenti normativi e di giurisprudenza con la Legge 16 novembre 2018 n. 130. Viste le numerose lacune e i continui rimandi della disciplina alla normativa del 1992, si è in attesa di un provvedimento che riorganizzi in maniera completa e definitiva la materia.

### Obiettivi:

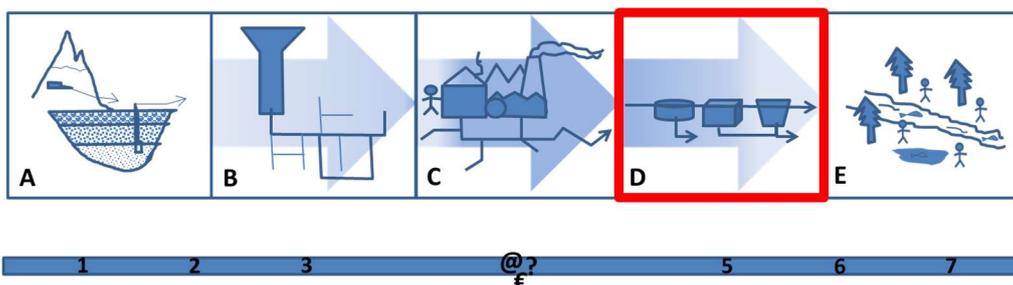
Il progetto intende, pertanto, analizzare e caratterizzare i fanghi di depurazione alla luce delle più recenti normative seguendo indicazioni e approfondimenti suggeriti a livello europeo. Partendo da quanto già approfondito in uno studio triennale, si intende aggiornare il quadro normativo e scientifico, individuando nuovi eventuali parametri e metodiche d'indagine. Si prevede di coinvolgere diversi Enti e/o Istituti di ricerca per quanto riguarda le analisi dei composti organici, che richiedono una particolare specificità analitica e tecnologica. Sarà richiesta la collaborazione con Enti quali Agenzie ambientali, uffici provinciali e regionali di competenza, laboratori d'indagine pubblici e privati nella fase di definizione di una metodica standardizzata di analisi e nella creazione di un database condiviso. Tale azione consentirà di pervenire a dati confrontabili tra loro e consultabili da tutti gli stakeholders, nonché utilizzabili quale base conoscitiva per scelte gestionali, indicazioni tecniche e proposte normative.

### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Studio delle recenti modifiche e aggiornamenti inerenti la normativa europea e italiana in materia di qualità e trattamento dei fanghi di depurazione;
- II. Definizione dei parametri analitici e ricerca di metodiche standardizzate e delle tecnologie più avanzate per la loro analisi;
- III. Organizzazione laboratorio integrato di analisi dei fanghi di depurazione mediante creazione partnership con altri Enti e/o Università e/o Istituti di ricerca e allestimento delle prove;
- IV. Screening delle principali tipologie di fango di depurazione a livello provinciale e/o regionale e programmazione di un set d'indagine nel medio – lungo periodo;
- V. Creazione di un database con funzione di monitoraggio della qualità dei fanghi prodotti, integrabile con dati relativi alla qualità delle acque superficiali e dei suoli interessati dall'applicazione dei fanghi di depurazione.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Recupero delle matrici prodotte durante il processo di depurazione delle acque reflue mediante compostaggio

#### Premessa:

La limitazione al conferimento in discarica delle matrici organiche, tra cui rientrano i fanghi di depurazione, gli scarti verdi da attività di sfalcio e giardinaggio e pure la frazione organica dei rifiuti, ha stimolato la ricerca e la sperimentazione di nuove tecnologie o l'applicazione di tecniche già conosciute, ma non ancora perseguite. Le evidenze scientifiche ottenute con uno studio di durata pluriennale sulla qualità dei fanghi di depurazione da piccoli e medi impianti e sulla possibilità di compostarli giustificano la necessità di un'indagine più approfondita e dell'applicazione su larga scala dei risultati già ottenuti dalla sperimentazione mediante impianto pilota.

#### Obiettivi:

Il progetto di ricerca prevede di effettuare il trattamento di fanghi selezionati e idonei al trattamento in miscela con la frazione organica dei rifiuti (forsu) e con scarti vegetali provenienti dalla manutenzione del verde pubblico e privato allo scopo di produrre ammendante compostato con fanghi. Tale materiale presenta un discreto mercato ed è utilizzabile in sostituzione del letame nelle colture cerealicole - foraggere, in orticoltura, in frutticoltura, ma anche in ambito florovivaistico o nelle opere di risanamento ambientale. Partendo dai risultati ottenuti dalla sperimentazione con impianto pilota, si identificheranno interventi migliorativi relativi alla qualità delle matrici di partenza e alla tecnologia di compostaggio. L'obiettivo finale di tale progetto consiste nella realizzazione di una filiera che partendo dal trattamento e recupero di matrici organiche di qualità consenta la produzione di un ammendante utilizzabile in loco nel settore agricolo.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Studio di fattibilità inerente la realizzazione di impianti suscettibili di trasformazione o il conferimento delle matrici in un unico impianto di trasformazione; studio e definizione dei volumi di matrici coinvolte nel processo di compostaggio trattabili e reperibili in ambito provinciale;
- II. Studio e analisi delle necessità delle aziende agricole a livello provinciale – regionale e delle potenzialità di utilizzo dell'ammendante compostato con fanghi prodotto;
- III. Sperimentazione inerente l'affinamento della produzione di ammendante compostato con fanghi partendo dall'attività dell'impianto pilota e approfondimento delle caratteristiche di qualità del prodotto mediante esecuzione di test di tossicità;
- IV. Sperimentazione attinente il miglioramento della proposta progettuale per la realizzazione dell'impianto di compostaggio in loco;
- V. Realizzazione impianti e produzione a regime di ammendante compostato con fanghi.





## Risultati attesi:

Acquisire gli strumenti alla comprensione del processo di digestione anaerobica e alla sua ottimizzazione all'interno degli impianti di depurazione mediante codigestione dei fanghi con altri substrati organici già presenti sul territorio al fine di una valorizzazione energetica locale.

## Bibliografia

CAFFAZ S., BETTAZZI E., SCAGLIONE D., LUBELLO C., (2008). "An integrated approach in a municipal WWTP: anaerobic codigestion of sludge with organic waste and nutrient removal from supernatant". *Water Sci. Technol.*, 58, 669-676.

FRISON N., DI FABIO S., CAVINATO C., PAVAN P., FATONE F., (2013). "Best available carbon sources to enhance the via-nitrite biological nutrients removal from supernatants of anaerobic co-digestion". *Chem.Eng.J.*, 215-216, 15-22.

MATA-ALVAREZ J., DOSTA J., MACÉ S., ASTALS S., (2011). "Codigestion of solid wastes: A review of its uses and perspectives including modelling". *Crit. Rev. Biotechnol.*, 31, 99-111.

ZUPANČIĆ G.D., URANJEK-ŽEVART N., ROŠ M., (2008). "Full-scale anaerobic co-digestion of organic waste and municipal sludge". *Biomass Bioenerg.*, 32, 162-167.

Cabbai V., Ballico M., Aneggi E., Goi D., (2013). "BMP tests of source selected OFMSW to evaluate anaerobic codigestion with sewage sludge". *Waste Management*, 33, 1626-1632.

Borsetta M., Cabbai V., Goi D., (2015). "Implants in codigestion anaerobiche: un câs di studi te Province di Udine; Anaerobic co-digestion plants: a case study in the Province of Udine", *Gjornâl Furlan des Siencis (Friulian Journal of Science)*, 18, 31-39.



## Risultati attesi:

La ricerca in oggetto mira a sviluppare delle tecniche di ossidazione avanzata, per il trattamento di reflui liquidi, idonee ad abbattere gli inquinanti recalcitranti, ad abbassarne la tossicità residua e a rendere tali matrici trattabili in impianti biologici tradizionali. Uno dei risultati attesi è di individuare la migliore tecnica di abbattimento per diverse tipologie di reflui liquidi. Inoltre si vuole mettere in evidenza la necessità di valutare, non solo il grado di abbattimento ottenuto, ma anche la tossicità residua del refluo. La migliore tecnica di trattamento è quella che permette di ottenere il maggiore abbattimento con riduzione della tossicità residua.

## Bibliografia

ANEGGI E., TROVARELLI A., GOI D., (2017). "Degradation of phenol in wastewaters via heterogeneous Fenton-like Ag/CeO<sub>2</sub> catalyst", Journal of Environmental Chemical Engineering, 5, 1159.

ANEGGI E., CABBAI V., TROVARELLI A., GOI D., (2016). "Potential of Ceria-Based Catalysts for the Oxidation of Landfill Leachate by Heterogeneous Fenton Process" in M. Ragazzi, Sewage and Landfill Leachate. Assessment and Remediation of Environmental Hazards, Apple Academic Press, Waretown, USA, pp. 173-193.

ANEGGI E., CABBAI V., TROVARELLI A., GOI D., (2012). "Potential of Ceria-Based Catalysts for the Oxidation of Landfill Leachate by Heterogeneous Fenton Process", International Journal of Photoenergy, n. 694721.

CAPODAGLIO, A.G., BOJANOWSKA-CZAJKA, A., TROJANOWICZ, M., (2018). "Comparison of different advanced degradation processes for the removal of the pharmaceutical compounds diclofenac and carbamazepine from liquid solutions". Environmental Science and Pollution Research, 25 (28), 27704-27723.

MARQUEZ, J. J. R., LEVCHUK I., SILLANPAA, M., (2018). "Application of Catalytic Wet Peroxide Oxidation for Industrial and Urban Wastewater Treatment: A Review." Catalysts 8(12).

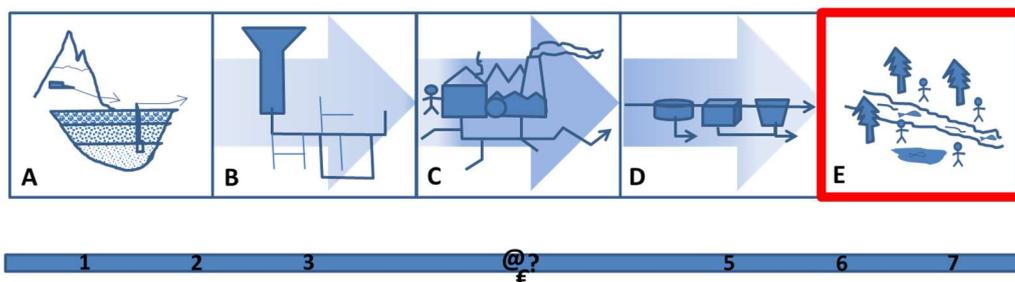
BETHI, B., SONAWANE S. H., BHANVASE, B. A., GUMFEKAR, S. P., (2016). "Nanomaterials-based advanced oxidation processes for wastewater treatment: A review." Chemical Engineering and Processing 109: 178-189.

KIM, K. H., IHM S. K. (2011). "Heterogeneous catalytic wet air oxidation of refractory organic pollutants in industrial wastewaters: A review." Journal of Hazardous Materials 186(1): 16-34.

OLLER, I., S. MALATO, SANCHEZ-PEREZ, J. A., (2011). "Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination-A review." Science of the Total Environment 409(20): 4141-4166.

MIKLOS, D. B., REMY C., JEKEL, M., LINDEN, K. G., DREWES, J. E., HUBNER, U., (2018). "Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment - A critical review." Water Research 139: 118-131

## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Analisi, concentrazione e stima del rischio di farmaci neoplastici e loro metaboliti nelle acque

#### Premessa:

Gli antineoplastici sono carcinogeni, mutageni, teratogeni, embriotossici e fetotossici; non vengono degradati dai depuratori e la loro presenza nell'acqua potabile rappresenta un potenziale grave rischio per la salute (assunzione di quantitativi bassi ma prolungati nel tempo, con effetto cumulativo). I pazienti sono la fonte principale (farmaci e loro metaboliti sono riscontrabili nei reflui ospedalieri e cittadini). La concentrazione di farmaci genotossici tollerabile è di 10 ng/L (Germany Drinking Water Commission; Environmental Federal Agency); se superiore occorre approfondire la stima del rischio ambientale (EMA 2006). Tuttavia ad oggi manca una vera normativa che stabilisca dei limiti di legge.

#### Obiettivi:

Lo scopo dello studio è predisporre un modello di distribuzione ambientale dei farmaci chemioterapici più utilizzati partendo dal momento della loro preparazione e somministrazione per arrivare al punto di immissione nella rete pubblica dei composti escreti dai pazienti. Lo studio verrà condotto presso il presidio ospedaliero Santa Maria della Misericordia di Udine a partire dall'analisi dei campioni raccolti in uno studio analogo effettuato nel 2014 ed implementandoli sulla base dello stesso protocollo di raccolta ed analisi. Tale studio ha utilizzato come punto di campionamento l'uscita del bacino di raccolta dei reflui ospedalieri del padiglione 15 (reparti di ematologia e oncologia). 24 campioni/die raccolti per una settimana (frequenza 1 campionamento/ora) sono stati analizzati per determinarne la quantità di soluti, la conducibilità, la temperatura ed il pH e predisposti alla liofilizzazione per le analisi successive finalizzate ad identificare e quantificare i principali antineoplastici ed i loro metaboliti. I risultati dello studio contribuiranno alla raccolta di evidenze su questo importante tematica ambientale attraverso il confronto con i dati provenienti dal monitoraggio dell'impianto di depurazione a cui la rete dell'ospedale afferisce e permetteranno di effettuare valutazioni di opportunità relativamente all'installazione di dispositivi di filtrazione specifici.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Stima del quantitativo di farmaci antineoplastici attesi nei campioni e rispettivi metaboliti (PEC) attraverso un'analisi farmacocinetica e del modello di distribuzione nella rete. Il gruppo di lavoro elaborerà un modello matematico per descrivere il flusso di scarico del liquido contenuto nella cisterna di raccolta dei reflui della struttura coinvolta (padiglione 15) e sulla base di questo stabilirà la frequenza di campionamento del liquido e la finestra temporale ottimale.
- II. CAMPIONAMENTO: si effettuerà presso la cisterna unica di raccolta e prima dell'immissione nella rete pubblica. Il campionamento verrà effettuato una settimana al mese, per 4 mesi consecutivi, con una frequenza di 3 volte/die. I campioni verranno conservati a +4°C e trasportati al laboratorio analisi alla fine della settimana di raccolta, dove verranno stoccati a -20°C.

- III. **SCELTA DEL FARMACO:** in accordo con le informazioni fornite dalla SOC Farmacia Ospedaliera dell'Ospedale Santa Maria della Misericordia di Udine relative alla fornitura di farmaci antitumorali ai reparti di Oncologia ed Ematologia, Day Hospital e Degenze, e Centro Trapianti, è stato creato un database che ha permesso di individuare i chemioterapici più frequentemente usati nell' anno 2016. La previsione della concentrazione attesa per ogni farmaco analizzato (PEC) verrà calcolata sulla base della dose annua e secondo la farmacocinetica specifica di ogni farmaco.
- IV. **ANALISI FARMACOLOGICA:** le analisi saranno proposte ai laboratori di Microinquinanti Organici di ARPA-FVG e di Ingegneria Ambientale dell'Università degli studi di Udine. Verrà così stimata la MEC (concentrazione ambientale) ed il RQ, rischio stimato su dati di tossicità su organismi acquatici.

### Tempi di realizzazione

	Mesi																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
I																																						
II																																						
III																																						
IV																																						
V																																						

### Risultati attesi:

E' prevista la stesura di una relazione al termine della fase intraospedaliera del progetto. I risultati della raccolta dati saranno valutati in funzione di:

- Considerazioni rispetto ai valori soglia (<10 ng/L)
- Valutazione preliminare dell'impatto biologico

Comparazione della quota rilevata rispetto al dato

### Bibliografia:

AGGAZZOTTI G., RIGHI E., FANTUZZI G., BIASOTTI B., RAVERA G., KANITZ S., BARBONE F., et al.; (2004). "Chlorination by-products (CBPs) in drinking water and adverse pregnancy outcomes in Italy". J Water Health, ;2, 233-47.

AGODI A., AUXILIA F., BARCHITTA M., BRUSAFERRO S., et al.; (2015). "Antibiotic consumption project of the GISIO and resistance: results of the SPIN-UTI -Siti". Epidemiol Prev., 39, 94-8.

BARBONE F., et al., (2002) "Assessing the exposure of pregnant women to drinking water disinfection byproducts". Epidemiology, 13, 540-4.

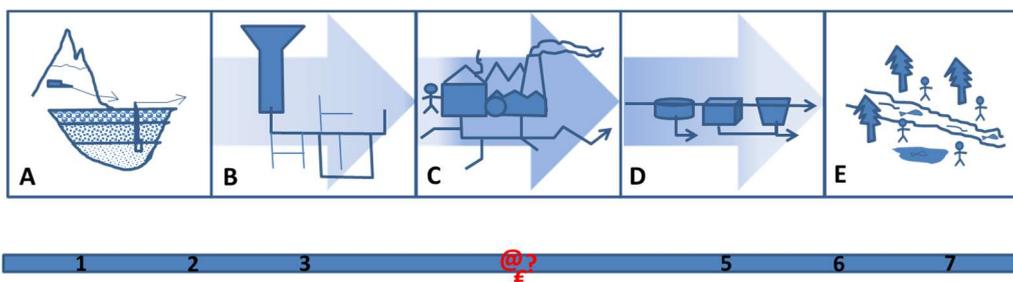
BERT F., GUALANO M.R., GILI R., SCAIOLI G., LOVATO E., ANGELILLO I.F., BRUSAFERRO S., et al., (2017). "Knowledge and attitudes towards the use of antibiotics in the paediatric age group: a multicenter survey in Italy". Eur J Public Health., 1, 506-512.

DI MASO M., BOSETTI C., TABORELLI M., MONTELLA M., LIBRA M., ZUCCHETTO A., TURATI F., PAPPALÀ M., et al., (2016). "Dietary water intake and bladder cancer risk: An Italian case-control study". Cancer Epidemiol, 45, 151-156.

DEROMA L., PAPPALÀ M., TOGNIN V., CHANNOUFI L., TRATNIK J., HORVAT M., VALENT F., BARBONE F., (2013). "Neuropsychological assessment at school-age and prenatal low-level exposure to mercury through fish consumption in an Italian birth cohort living near a contaminated site". Int J Hyg Environ Health., 216, 486-93.

RAITANO G., GOI, D., et.al., (2018). "(Eco)toxicological maps: A new risk assessment method integrating traditional and in silico tools and its application in the Ledra River (Italy)". Environm. Intern., 119, 275.

## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Schemi comunicativi e utilizzo consapevole della risorsa idrica

#### Premessa:

Il Friuli Venezia Giulia è un territorio attraversato dall'acqua, risorsa presente su tutto il territorio, caratterizzandolo e modellandolo. In una zona in cui l'acqua è così abbondante è difficile far emergere a livello di cittadinanza una consapevolezza sull'uso di un 'bene' che mai come ora è da considerarsi in pericolo. In un contesto di monitoraggio continuo e sviluppo tecnologico riteniamo che la divulgazione di queste tematiche alla cittadinanza non si sia sviluppata di pari passo, in particolare gli approcci e le strategie di comunicazione non siano stati sufficientemente curati e approfonditi, rischiando a volte di essere banali e poco incisivi.

#### Obiettivi:

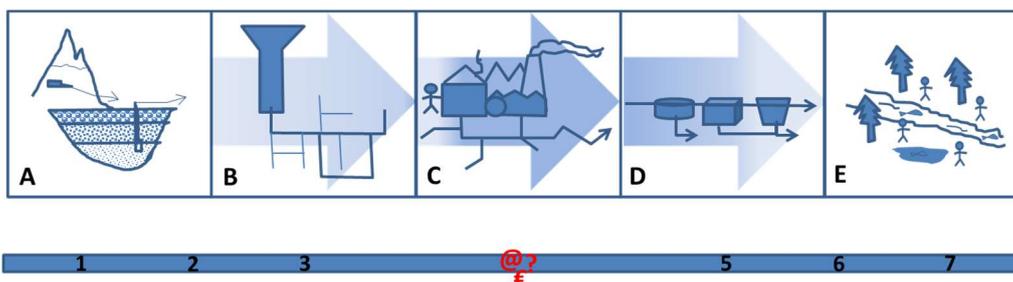
L'obiettivo principale è creare una cultura consapevole sulla risorsa acqua. Gli obiettivi specifici sono 1) creare una mentalità di collaborazione tra stakeholder, 2) seminare collegamenti tra realtà che operano nel settore acqua sul territorio a diversi livelli e 3) coordinare una rete culturale sull'argomento, al fine di migliorare gli schemi di comunicazione e di raggiungere con più efficacia la cittadinanza su temi di sostenibilità e gestione della risorsa, in linea con gli obiettivi dell'Agenda 2030. Sviluppare tale progetto, nelle fasi prospettate, consentirebbe di svolgere un'attività di educazione e formazione della cittadinanza (a partire anche dalle scuole che insistono sul territorio) con lo scopo di trasmettere una più profonda consapevolezza del tesoro costituito dalla risorsa idrica, oltre che rafforzare una maggiore consapevolezza riguardo le emergenze ambientali, creare un rapporto di maggior fiducia e conoscenza la gestione del ciclo idrico integrato sul territorio ed educare ai comportamenti virtuosi, grazie ai quali ogni cittadino/a può contribuire alla tutela di un bene prezioso. L'aspetto innovativo dell'approccio metodologico sta nell'interdisciplinarietà, ovvero nel coniugare l'approfondimento tecnico scientifico del tema prescelto con azioni di forte impatto linguistico-comunicativo.

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

- I. Analisi dei fattori sociolinguistici e antropologici che hanno regolato e modificato nel tempo il rapporto dell'uomo con la 'risorsa acqua' e delle principali esperienze di comunicazione sul tema in campo accademico e aziendale, nazionale e internazionale.
- II. Istituzione di un tavolo di lavoro tecnico con gli stakeholder e creazione di un piano di comunicazione condiviso.
- III. Realizzazione azioni comunicative rivolte alla cittadinanza, alle scuole, ai docenti.
- IV. Analisi dei risultati ottenuti dalle iniziative di sensibilizzazione.



## Sostenibilità e innovazione del Ciclo Idrico Integrato



### Tema: Regolazione incentivante e valutazione economica del servizio idrico integrato (SII)

#### Premessa:

Dal 2012, anno in cui le competenze regolatorie sul SII sono state trasferite all'ARERA, il settore è entrato in una nuova fase dinamica, caratterizzata da una marcata ripresa degli investimenti e dal consolidarsi di un trend diretto al miglioramento delle diverse componenti qualitative (qualità commerciale, tecnica, ambientale). Ne costituisce premessa un'evoluzione organizzativa e regolatoria.

#### Obiettivi:

Valutare da un punto di vista economico in una prospettiva di social welfare e di sostenibilità (ambientale, sociale, economica) l'evoluzione dell'assetto organizzativo del sistema di gestione del servizio idrico integrato e le opzioni di miglioramento qualitativo.

Costruire e implementare un sistema di indicatori per valutare, in una prospettiva di lungo periodo, la sostenibilità ecologica, sociale ed economica della gestione dei servizi idrici

Analizzare in una prospettiva di lungo termine l'equilibrio economico-finanziario delle gestioni.

Formulare proposte finalizzate alla costruzione di un quadro coerente di strumenti economici finalizzati al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità, considerando sia quelli di natura prettamente tariffaria, sia la fiscalità di scopo (canoni di derivazione)

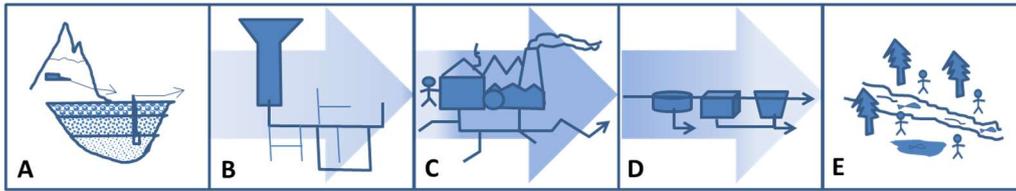
Analisi della disponibilità da parte degli utenti a sopportare incrementi tariffari in vista di miglioramenti qualitativi del servizio

#### Fasi di sviluppo del lavoro:

Costruzione di un database alimentato dai dati che i gestori forniscono ai regolatori per l'elaborazione delle proposte tariffarie (in corso)

- I. Costruzione di un modello econometrico funzionale all'elaborazione di funzioni di costo e indicatori di benchmarking (in corso)
- II. Predisposizione di questionari funzionali ad analisi di tipo "choice-experiment" funzionali all'apprezzamento della disponibilità degli utenti a pagare per i diversi attributi qualitativi del servizio idrico, nonché all'individuazione delle priorità di intervento, anche al fine dell'impiego di indicatori output-based (premi e penalità)
- III. Analisi dei diversi possibili strumenti per garantire l'equilibrio economico-finanziario dei gestori e in particolare (i) del FoNI; (ii) dei contributi pubblici a fondo perduto; (iii) della messa a disposizione di finanziamenti a tasso ridotto e/o tempi di restituzione coerenti con la vita utile degli impianti





et Al.