

# Centri urbani tra alluvioni e siccità

ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



venerdì  
**4** aprile  
2025  
Ancona

**Gestione delle acque di deflusso urbano: Casi studio a  
scala di bacino e innovazioni del progetto HEU WATERUN**

- Prof. Massimiliano Sgroi
- Affiliazione: Università Politecnica delle Marche
- Telefono: +390712204272
- E-mail: [m.sgroi@univpm.it](mailto:m.sgroi@univpm.it)



## Directive (EU) 2024/3019 concerning urban wastewater treatment

### Articolo 5

Obbligo di elaborare un **PIANO DI GESTIONE INTEGRATA DELLE ACQUE REFLUE URBANE** per gli agglomerati con **potenzialità uguale o superiore a 100.000 a.e. e laddove il deflusso urbano rappresenta un rischio per l'ambiente o la salute umana.**

#### **Allegato V** (CONTENUTO DEI PIANI INTEGRATI DI GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE URBANE)

- Una descrizione dettagliata della rete di raccolta, delle capacità di stoccaggio e conduzione delle acque reflue urbane e del deflusso urbano e delle capacità di trattamento delle acque reflue urbane anche in caso di pioggia
- Un'analisi dinamica dei flussi di deflusso urbano e delle acque reflue in caso di pioggia
- Obiettivi di riduzione dell'inquinamento dovuto a scolmi causati da piogge molto intense (riduzione L 2 % del carico annuo di acque reflue urbane raccolte determinato in condizioni di tempo asciutto)
- Misure da adottare per conseguire tali obiettivi.

### Articolo 18

Gli Stati membri individuano e **valutano i rischi per l'ambiente e la salute umana** causati dagli scarichi di acque reflue urbane.

### Articolo 21

Gli Stati membri effettuano un **monitoraggio rappresentativo**, nei punti pertinenti, **degli scolmi delle reti fognarie nei corpi idrici e degli scarichi di deflusso urbano da sistemi separati**, al fine di stimare la concentrazione e i carichi dei parametri regolati dalla presente direttiva nonché delle microplastiche e inquinanti rilevanti

# Stormwater and urban runoff management: REUSE OPPORTUNITIES – AUSTRALIAN GUIDELINES

**NATIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT STRATEGY**

AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 1) 21

2006

Natural Resource Management Ministerial Council  
Environment Protection and Heritage Council  
Australian Health Ministers Conference

**NATIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT STRATEGY**

AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2) 23

STORMWATER HARVESTING AND REUSE

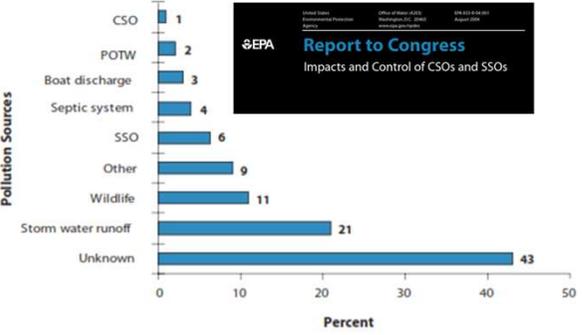
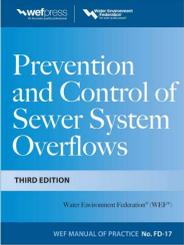
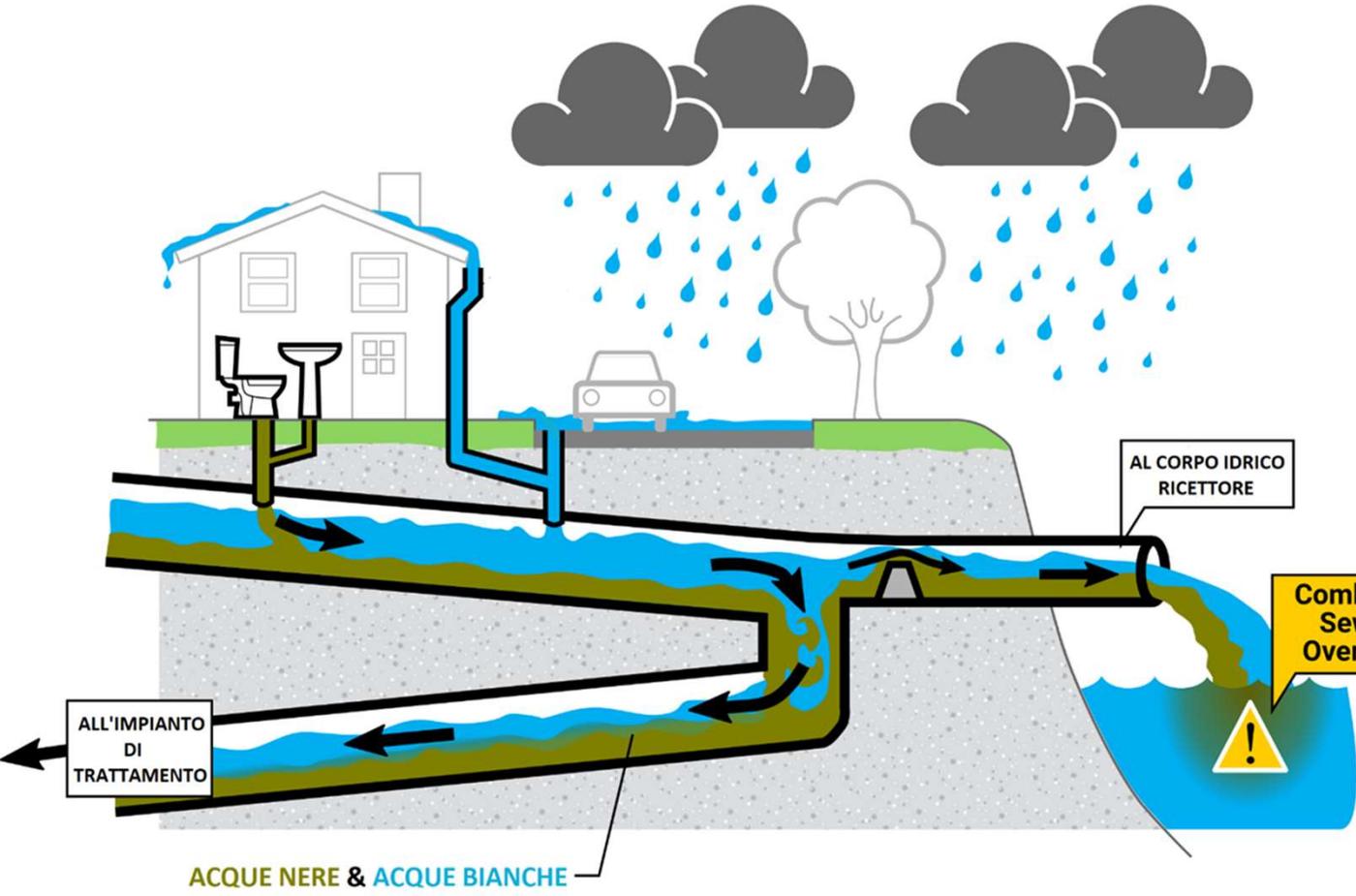
JULY 2009

Natural Resource Management Ministerial Council  
Environment Protection and Heritage Council  
National Health and Medical Research Council

**Centri urbani tra alluvioni e siccità**  
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



# METODOLOGIA PER L'ANALISI DEGLI SCOLMATORI DI PIENA: funzionamento di sistemi di fognatura mista durante importanti eventi di pioggia



Sversamento di portate contaminanti in ambiente:

- PATOGENI
- SOLIDI SOSPESI
- NUTRIENTI
- MATERIA ORGANICA
- METALLI PESANTI
- COMPOSTI ORGANICI PERSISTENTI



Sistemi di gestione e monitoraggio

Centri urbani tra alluvioni e s...  
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



# Centri urbani tra alluvioni e siccità

ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



## METODOLOGIA PER L'ANALISI DEGLI SCOLMATORI DI PIENA

### STEP 1.1: ANALISI NORMATIVA TEMATICA E SITO-SPECIFICA

- PTA Regionali
- Procedure per ottenimento bandiera blu
- Analisi qualità corpi idrici superficiali
- Altro

Livello	Documento	Data e Rif. Del DOC.	ENTE DI RIFERIMENTO
Nazionale	ARERA	Delibera 917/2017/R/ldr	Autorità di vigilanza governativa
Regionale	Piano di Tutela delle Acque	D.R. n°145/2010	Regione Marche
Provinciale/Locale	Modalità tecniche di allacciamento alle reti ed autorizzazioni allo scarico in pubblica fognatura	-	CIIP
Comunale	Regolamento Fognario Comune Fermo e Porto San Giorgio	NO	Comune
Nazionale	D.P.C.M. 4 marzo 1996	1996	Consiglio dei Ministri
Locale	PROPOSTA DI LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELL'ART.41, COMMA 4, E ART.43, COMMI 7, 8 E 9, DELLE NORME TECNICHE DEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE MARCHE (DAALR 145/2010)	21/03/201	ATO 5 MARCHE
Regionale	D.G.R. n. 53/2014 Verifica di compatibilità idraulica e all'invarianza idraulica	D.G.R. n.53/2014	Regione Marche
Regione Emilia	Piano di Tutela delle Acque	D.R. 233 del 2004	Regione Emilia
Regione Lombardia	Piano di Tutela delle Acque	D.R. 699 del 2017	Regione Lombardia

### STEP 1.2: ANALISI TECNICA

- Documentazione CSO: caratteristiche in scenari internazionali, analisi impatti
- Soluzioni applicative: analisi casi studio circa sistemi di monitoraggio, controllo e trattamento

### STRUTTURA DEL METODO DI CONTROLLO/MONITORAGGIO DEL SOVRAFLUSSO DA FOGNATURA MISTA

LIVELLO	N1	N2	N3	N4
	MINIMO	AUSPICABILE	BUONO	OTTIMO
	PROGETTATO SULLA BASE DI PARAMETRI	PROGETTATO SULLA BASE DI MODELLOZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	PROGETTATO SULLA BASE DI MODELLOZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA CON UN'ASSEGNAZIONE CONCENTRAZIONE DEL REFLUO	PROGETTATO SULLA BASE DI MODELLOZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA E DELL'INQUINAMENTO DEL DRENAGGIO URBANO - WWTP - CORPO IDRICO RECIETTORE; - ASSEGNAZIONE DI CONCENTRAZIONI DISCONTINUE SUL CORPO IDRICO RECIETTORE.
AMBITO	SOTTOBACINO			
CRITERI	VOLUME SPECIFICO m3/ha	ASSENZA DI CSO VOLUME DI CSO	INQUINAMENTO DI CSO (N, P, METALLI)	STANDARD DI QUALITÀ AMBIENTALI DISCONTINUI

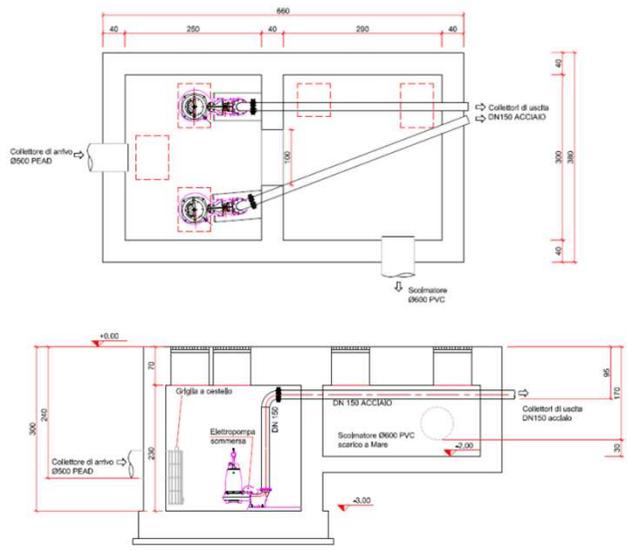
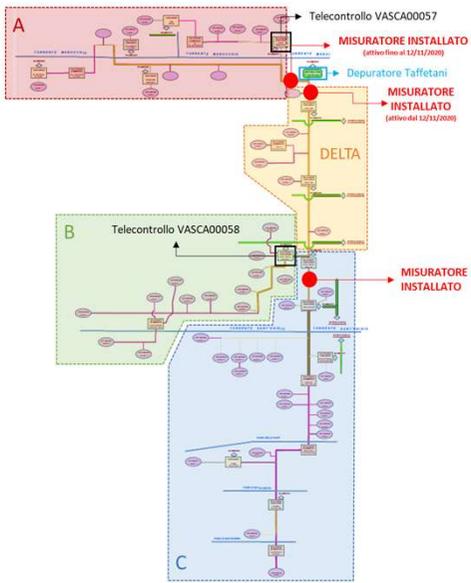
### STEP 2: ACQUISIZIONE INFORMAZIONI

Analisi di tutte le informazioni (indicazione delle fonti):

- schede tipo degli scolmatori presenti lungo le due reti modellate
- georeferenziazione con coordinate al fine di ricostruire il profilo altimetrico della rete
- Cartografia
- dettagli costruttivi dei manufatti
- calcolo degli AE in corrispondenza di ogni manufatto



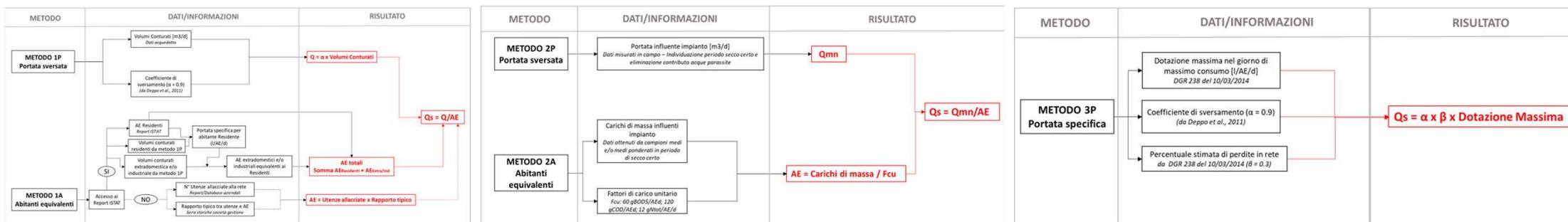
- ✓ **SUDDIVISIONE DELLA RETE FOGNARIA**
- ✓ **IDENTIFICAZIONE PUNTI DI MONITORAGGIO E CAMPIONAMENTO**



# METODOLOGIA PER L'ANALISI DEGLI SCOLMATORI DI PIENA

## STEP 3: DETERMINAZIONE PRELIMINARE DELLA PORTATA SPECIFICA

In accordo con la Metodologia sviluppata da UNIVPM



## STEP 4: CAMPAGNA DI ANALISI QUANTITATIVA E VALIDAZIONE DELLA PORTATA

Installazione di **misuratori di portata e campionamenti** delle acque in rete fognaria, nei punti significativi della rete per un periodo sufficientemente lungo per includere la variabilità stagionale



## STEP 5: CAMPAGNA DI ANALISI QUALITATIVA DEI FLUSSI

Raccolta di dati qualitativi dei flussi (BOD, COD, E. Coli) sia in tempo di secco che di pioggia



# Centri urbani tra alluvioni e siccità

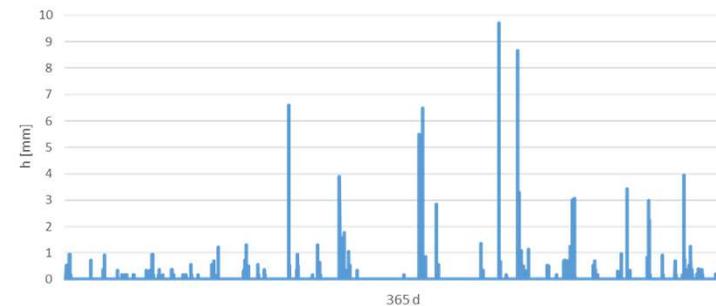
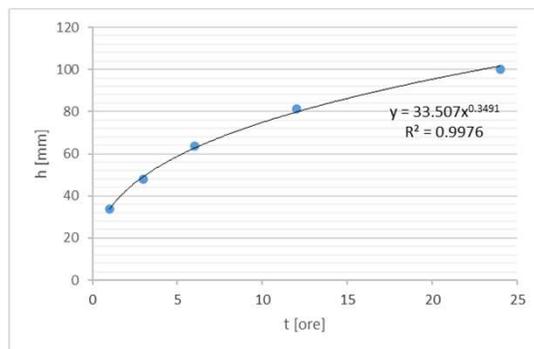
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



# METODOLOGIA PER L'ANALISI DEGLI SCOLMATORI DI PIENA

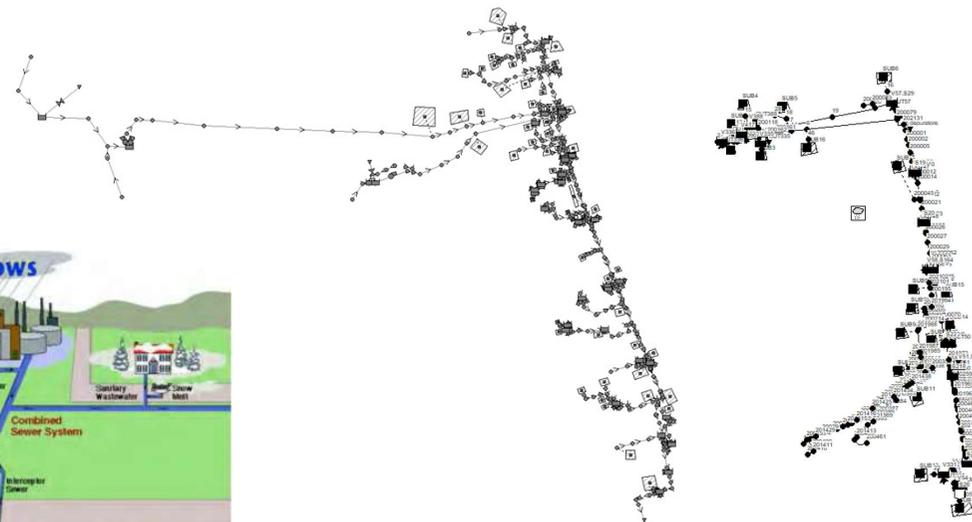
## STEP 6: ANALISI DEGLI EVENTI DI PRECIPITAZIONE

Elaborazioni statistiche per l'individuazione di **eventi significativi (TR 1-5-10 anni) e dell'anno tipico** (considerando anche la variabilità stagionale) e individuazione di valori minimi e massimi di qualità delle acque di run-off



## STEP 7: COSTRUZIONE E CALIBRAZIONE DEL MODELLO SWMM

Calibrazione quantitativa e qualitativa in secco che in pioggia confrontando i dati ottenuti dal modello con quelli della campagna di campionamento e con le misure effettuate dagli strumenti installati in rete



## Centri urbani tra alluvioni e siccità

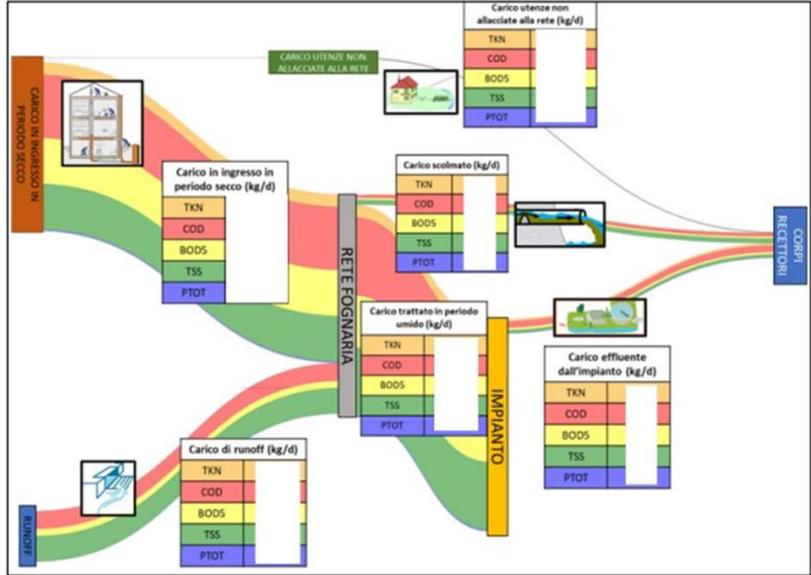
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

# METODOLOGIA PER L'ANALISI DEGLI SCOLMATORI DI PIENA

## STEP 8: SIMULAZIONE DELLO STATO DI FATTO E ANALISI IMPATTI

A partire dai risultati delle simulazioni con software SWMM verranno individuati gli impatti sia quantitativi che qualitativi associati agli scolmatori di piena nello STATO di FATTO

- 11: *Impatto idraulico*
- 12: *Impatto carichi inquinanti*



$$I1(\%) = \frac{\text{Vol (A)}}{\text{Vol (A+B)}} \cdot 100$$

$$I2(\%) = \frac{\text{Car (A)}}{\text{Car (A+B)}} \cdot 100$$

Individuazione degli scolmatori critici

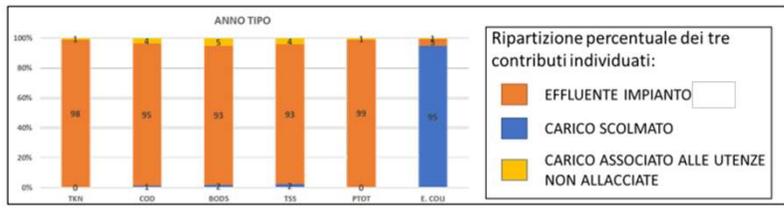
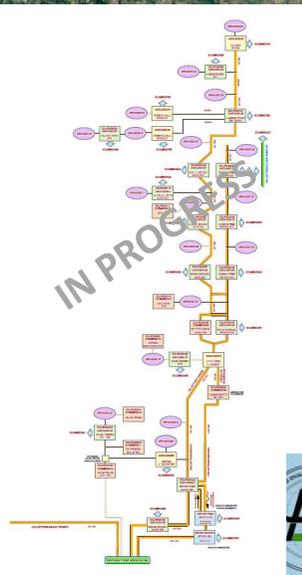
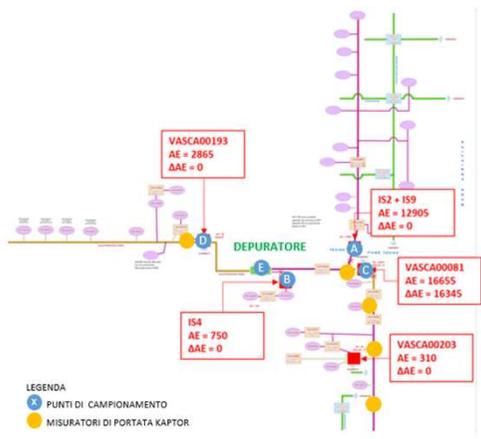
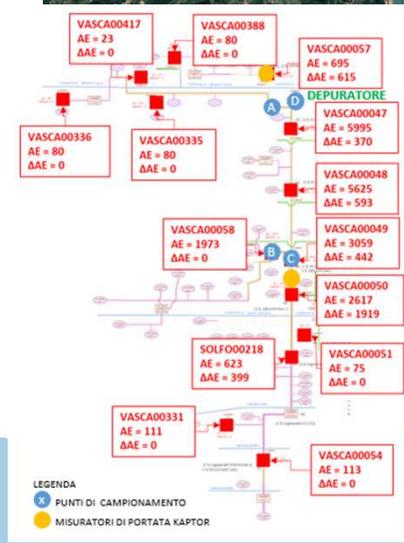
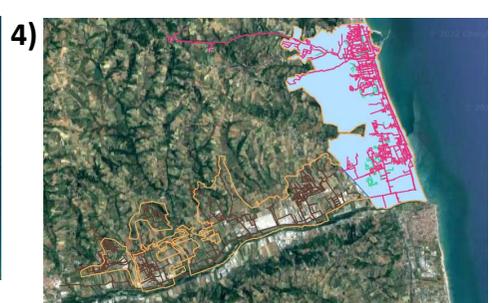
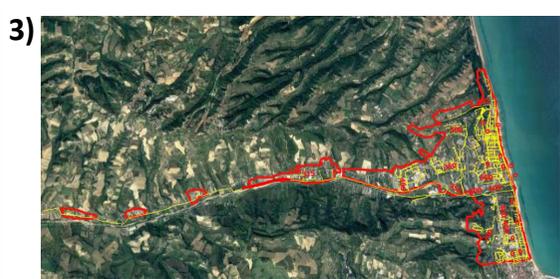
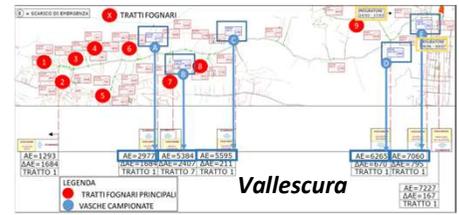
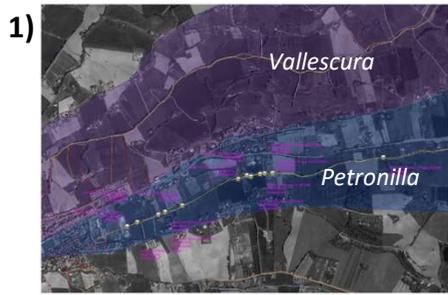
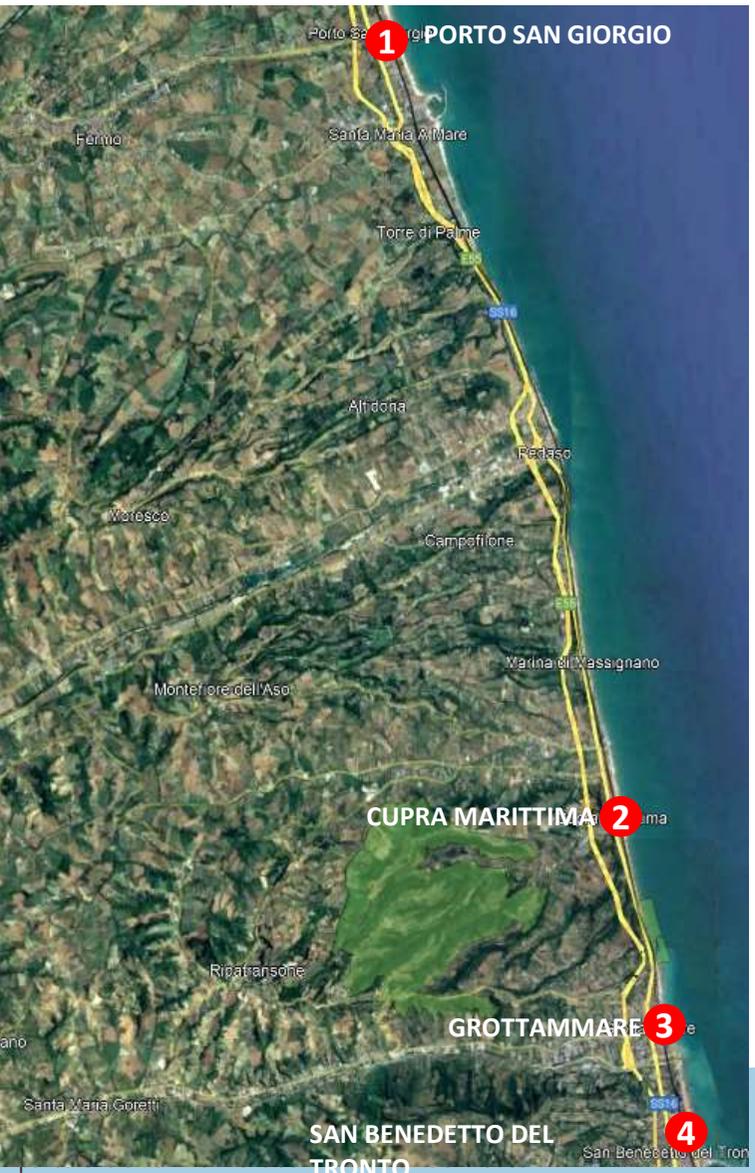


Figura 9: Ripartizione percentuale dei tre contributi di carico analizzati

## STEP 9: INDIVIDUAZIONE E SIMULAZIONE DI SCENARI DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

**Centri urbani tra alluvioni e siccità**  
 ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

# APPLICAZIONE AI CASI STUDIO

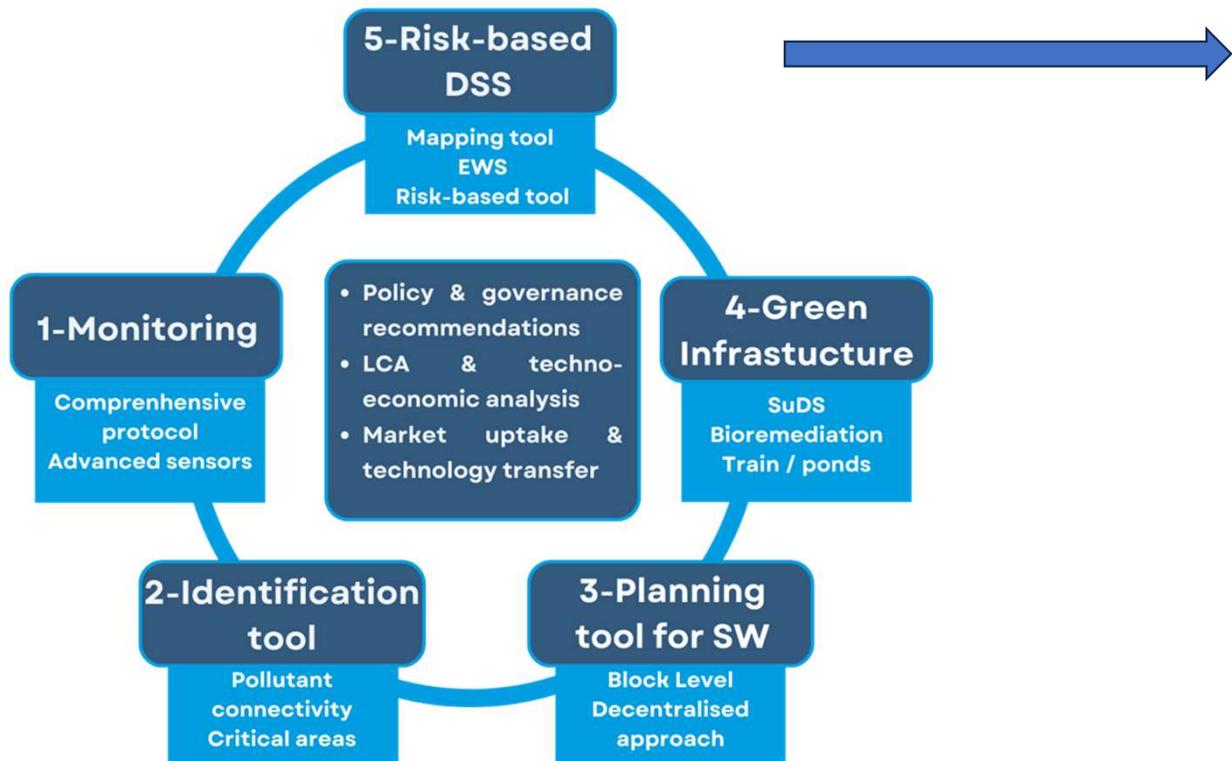


# STORMWATER MANAGEMENT: The HEU Project WATERUN



Il progetto WATERUN mira a sviluppare una metodologia innovativa per contribuire all'attuazione di piani di gestione del deflusso idrico urbano nelle città basati sul concetto di Water-Sensitive Urban Design.

## Work Plan Structure



## UNIVPM Contribution

### WP5 RISK MANAGEMENT TOOL & GUIDANCE (led by UNIVPM)

#### Risk-based Decision Support Tool



- Decision-support framework (mapping tool)
- Early Warning System
- Risk-based tool

#### Guidance for WATERUN UWR & SW management



## Centri urbani tra alluvioni e siccità

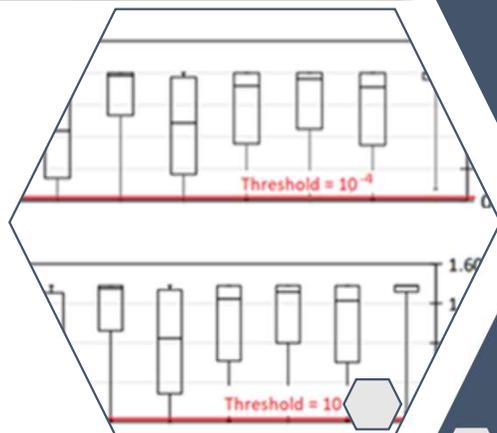
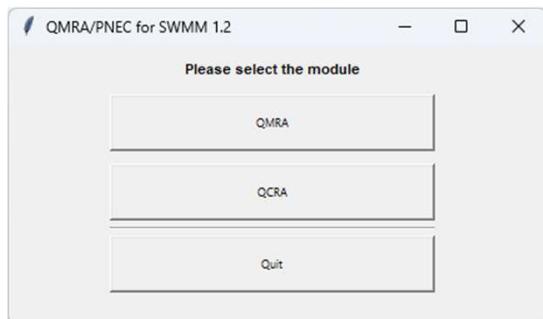
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



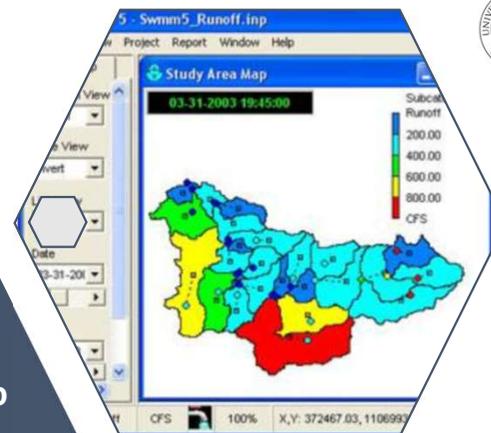
# RISK BASED DECISION SUPPORT TOOL



## PYTHON CODE



Calcolo QCRA (rischio chimico) e QMRA (rischio microbiologico)



Map (GIS-based) mappatura delle informazioni su GIS ai fini comunicativi

## SWMM MODEL



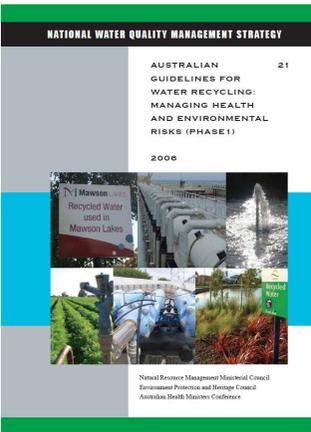
Planning tool di soluzioni di gestione del deflusso urbano basata su analisi di rischio ambientale e salute umana



**Centri urbani tra alluvioni e siccità**  
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico



# QMRA (Quantitative Microbiological Risk Assessment) ANALYSIS FOR STORMWATER REUSE, ACCORDING TO THE INDICATION PROVIDED BY AUSTRALIAN GUIDELINES AND WHO GUIDELINES



1	<b>Dose-response relationship</b> (dose of pathogens with which the exposed group enter in contact)	Dose per event = source water concentration × log reduction × exposure C = concentration of pathogens log reduction = reductions required to achieve a residual risk coming from preventive measures or barriers exposure/event = volume (mL) with which people enter in contact in a single event of exposure during a certain activity
2	<b>Probability of infection</b> (P <sub>inf</sub> ) related to each event of exposure to the target pathogen	Beta Poisson model: $P_{inf} = 1 - (1 - \frac{d}{\beta})^{-\alpha}$ (3.3) simplest dose-response model (exponential relationship) $P_{inf} = 1 - e^{-r \cdot d}$ Where: - P <sub>inf</sub> = probability of infection - r = infectivity constant - d = dose - d = dose per event - α, β = dose response constants
3	<b>Total probability of infection in one year</b> (of each pathogen)	more events/activities: $P_{inf \text{ combined final}} = 1 - \prod_i (1 - P_{inf_i})^{N_i}$ Where: - N = number of activities - P <sub>inf i</sub> = probability of infection of the i <sup>th</sup> activity - N <sub>i</sub> = frequency/person/year of i <sup>th</sup> activity 1 activity/event: $P_{inf \text{ year}} = 1 - (1 - P_{inf})^N$ where N = number of exposures/year.
4	<b>Probability of illness (P<sub>ill</sub>)</b> in one year	more events/activities: $P_{ill} = P_{inf \text{ combined final}} \cdot \text{ratio illness/infection}$ 1 activity/event: $P_{ill \text{ year}} = P_{inf \text{ year}} \cdot \text{ratio of illness to infection}$
5	<b>Disability-adjusted life years (DALYs)</b>	more events/activities: DALY per year = P <sub>ill</sub> × DALYd × susceptibility fraction Where: - P <sub>ill</sub> = probability of illness per year - DALYd = DALY per case 1 activity/event: $DALY/\text{year} = P_{ill \text{ year}} \times DALY \text{ per case} \times \text{susceptibility fraction}$

## REUSE SCENARIOS:

- Toilet flushing,
- Garden irrigation,
- Municipal irrigation,
- Washing machine use,
- Fire fighting etc

**ONE DALY REPRESENTS THE LOSS OF THE EQUIVALENT OF ONE YEAR OF FULL HEALTH**

WHO guidelines consider Disability-adjusted life years (DALYs), as a metric for expressing the burden of disease within a population. The DALY is a health gap indicator for the status of health of a population expressed as burden of disease due to a specific disease or risk factor, and it takes into account both the morbidity and the mortality caused by a specific disease. A health-target of  $10^{-6}$  DALYs was set by WHO as tolerable health risk.

# QCRA (Quantitative Chemical Risk Assessment) ANALYSIS FOR STORMWATER REUSE, ACCORDING TO THE EU TECHNICAL GUIDANCE DOCUMENT ON RISK ASSESSMENT

**ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT** RELATED TO STORMWATER DISCHARGE IN A SURFACE WATER BODY, WHICH WILL IMPACT THE WELLNESS OF AQUATIC ORGANISMS >> FOR ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE AQUATIC ECOSYSTEM, **ALGAE AND/OR CRUSTACEA** ARE THE RECEPTORS OF CONCERN SUGGESTED BY THE EU TGD ON RISK ASSESSMENT (EU, 2003)

$$RQ = \frac{PEC_{water}}{PNEC_{water}}$$

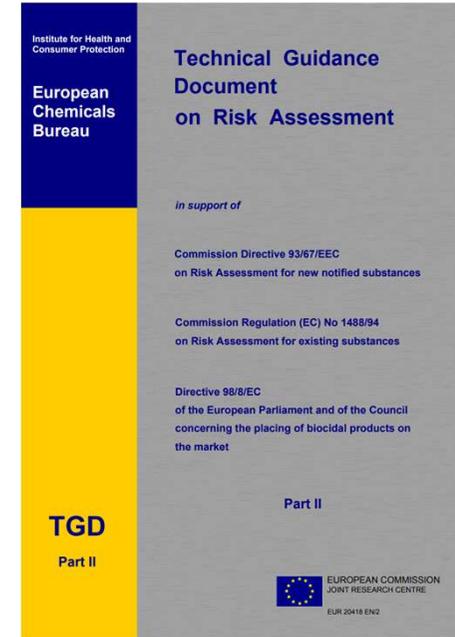
**“Predicted Environmental Concentration”**  
**“Predicted No-Effect Concentration”:**  
*concentration of a chemical which marks the limit at which below no adverse effects of exposure in an ecosystem are measured for the selected endpoint*

**RQ > 1 :  
non-tolerable risk**

$$PEC_{water} = \frac{C_{water}}{(1 + Kp_{sup} \times SUSP_{water}) \times DILUTION}$$

Parameters monitored in WATERUN CS

Heavy Metals	Copper (Cu)	Cobalt (Co)
	Lead (Pb)	Iron (Fe)
	Zinc (Zn)	Aluminium (Al)
	Cadmium (Cd)	Manganese (Mn)
	Nickel (Ni)	Chromium (Cr)
Polycyclic Aromatics Hydrocarbons (PAHs)	Anthracene	Phenanthrene
	Naphthalene	Benzopyrene

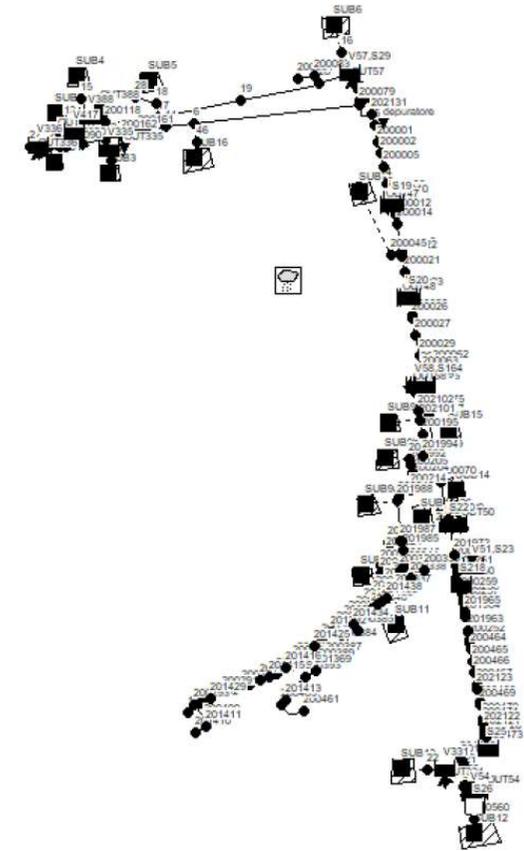
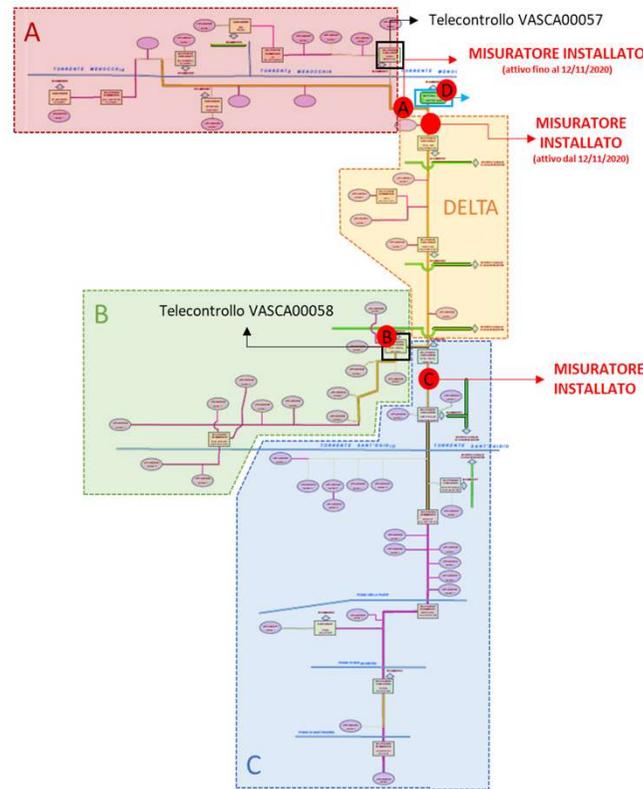
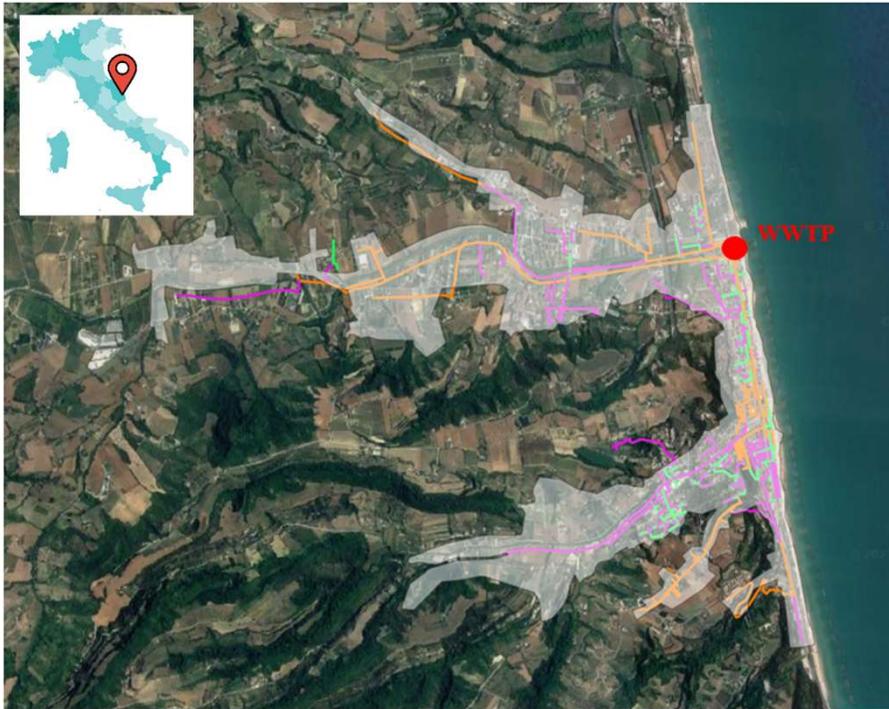


**Centri urbani tra alluvioni e siccità**

ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

# APPLICATION OF RISK TOOL

CUPRAMARITTIMA CS (COASTAL CITY, IN THE PROVINCE OF ASCOLI PICENO, IN THE SOUTH OF MARCHE REGION – ITALY)



CUPRA MARITTIMA		
Superficie bacino	km2	2.15
Lunghezza rete bianca	m	9495
Lunghezza rete nera	m	22157
Lunghezza rete mista	m	18768
Lunghezza rete totale	m	50420
Abitanti residenti	AE	5035
Numero scolmatori	-	12



**Centri urbani tra alluvioni e siccità**  
 ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

# RISK TOOL: QMRA AND QCRA CALCULATION

**QMRA/PNEC for SWMM 1.2**

Please select the module

- QMRA
- QCRA
- Quit

**QMRA SWMM 1.3**

Data

Open SWMM .out files

Open .xlsx file

QMRA settings

Preventive Measures Options: LogReduction values

	Min	Max
<input type="checkbox"/> Peracetic Acid (PAA)	2	2
<input type="checkbox"/> Performic Acid (PFA)	2.5	3
<input type="checkbox"/> NBS	0.5	1
<input type="checkbox"/> UV	2	4

Exposure Options

- Garden irrigation
- Municipal irrigation
- Toilet flushing
- Washing machine use
- Fire Fighting

Infection Factors

- Rotavirus
- Campylobacter
- Cryptosporidium

Select SWMM output nodes:

Select All

Clear selection

Nodes from .shp/.inp file

Scaling factor for pathogen concentrations

Lower: 1.0

Upper: 1.0

QMRA results .xlsx

Load data >>

Resampling settings

Type of the plot: histogram

Node (---):

Select a distribution: empirical

Number of events in a year: 10

Number of years for resampling: 1000

Recompute QMRA

Save QMRA .xlsx

Save .SHP file

Save data

QM 1.0

Output from SWMM

Open SWMM .out file

SWMM outputs table:

Select SWMM nodes:

Select All

Clear selection

Select nodes using shp-file:

Joining field

Nodes from .shp file

Load data >>

Save results to .xlsx

Save results to shp-file

**QCRA**

Type of the plot: Concentrations

Select contaminant: Cadmium (Cd)

PNEC: 0.08 µg/l

K<sub>spusp</sub>: 130000 1/kg

Background Concentration: 0.0 mg/l

Suspended matt. conc.: 15.0 mg/l

Dilution factor: 10.0

Endpoint: Algae and crustacea

removal efficiency:  include removal

Method: Bioretention systems

0.84 0.84

Calculate

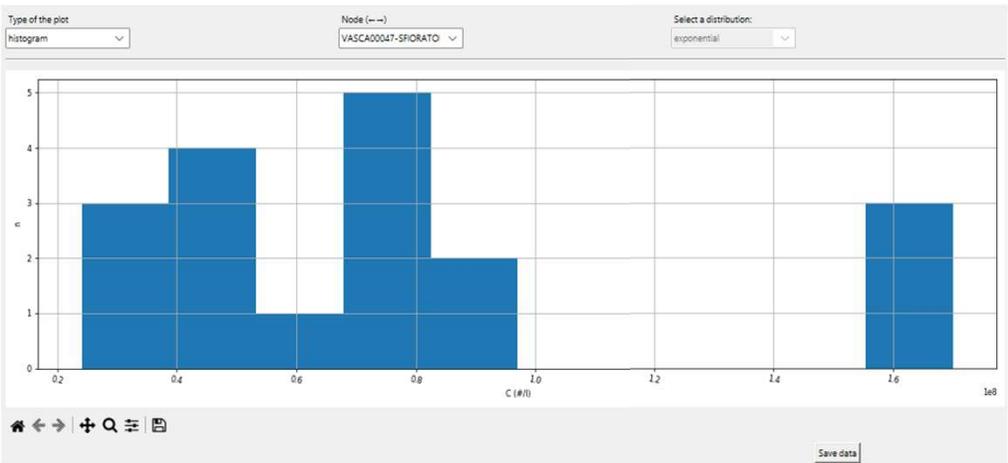
x=0.807 y=0.918

**EVALUATION OF THE REDUCTION OF THE HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISK AFTER THE IMPLEMENTATION OF DIFFERENT GIOR OR URBAN WATER RUNOFF TREATMENT PROCESSES >> EVALUATION OF DIFFERENT SCENARIOS**

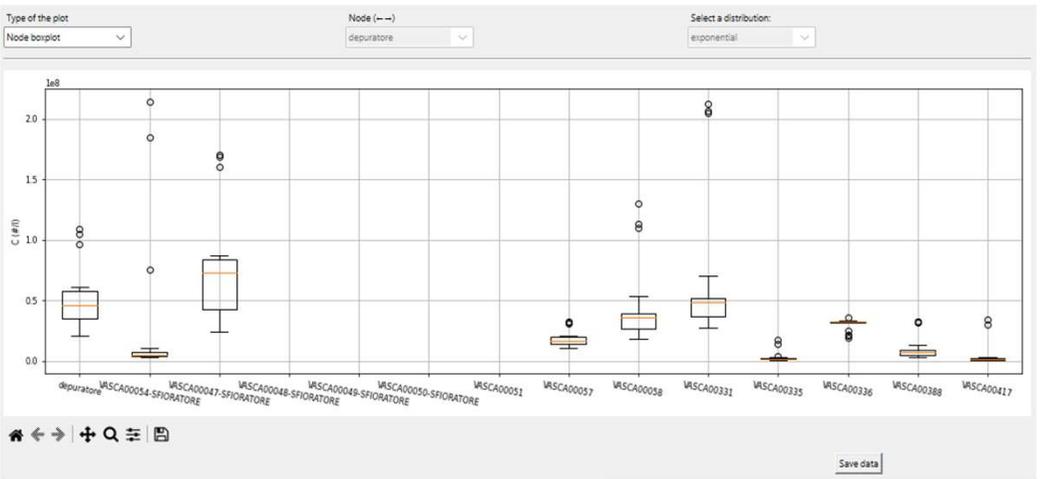
# QMRA tool

## OUTPUT DATA

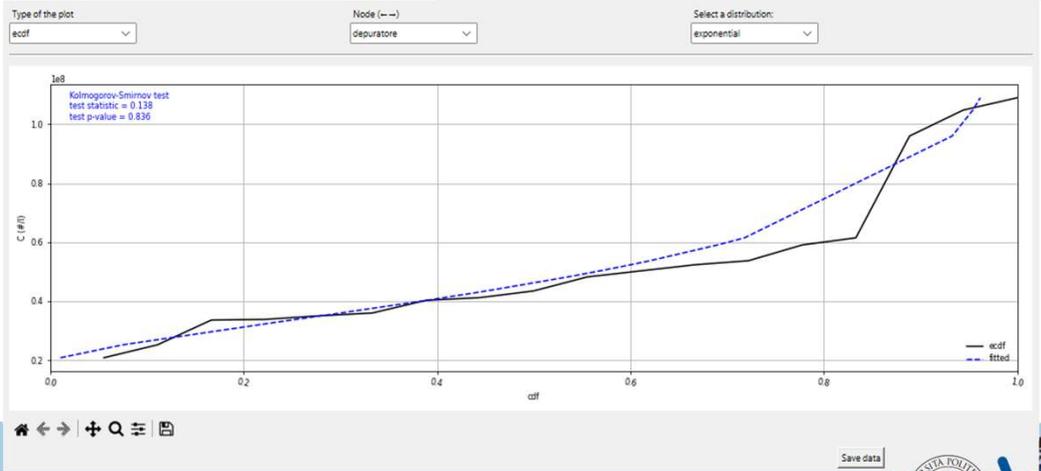
OUTPUT 1 – **HISTOGRAM**: frequency of occurrence of a certain pathogen concentration during the different simulated precipitation events, for each selected node



OUTPUT 2 - **NODE BOXPLOT**: aggregate results of SWMM simulated pathogen concentrations for the different simulated precipitation events



OUTPUT 3 – **ecdf («Empirical Concentration Distribution Curve»)**: distribution curve automatically selected by the tool to fit pathogens concentrations. The user can check and change the distribution curve using the “Select a distribution” drop-down menu.



**Centri urbani tra alluvioni e siccità**  
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

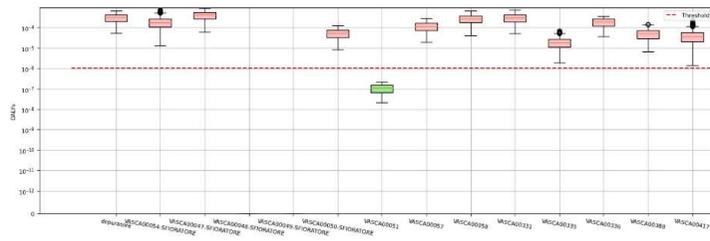
# APPLICATION OF RISK TOOL (IMPATTO SU SALUTE UMANA - FIELD DATA)

CUPRAMARITTIMA CS (COASTAL CITY, IN THE PROVINCE OF ASCOLI PICENO, IN THE SOUTH OF MARCHE REGION – ITALY)

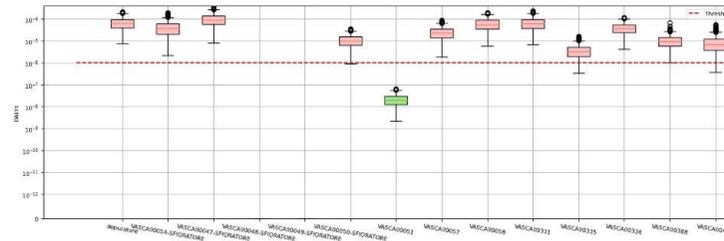
## QMRA TOOL

OUTPUT DATA >> FIRST TEST: CUPRA MARITTIMA CS (ITALY) for the evaluation of **reuse of harvested stormwater produced by CSO** (Combined Sewer Overflow) for **Municipal irrigation** and considering **Campylobacter** as reference pathogen (DALY)

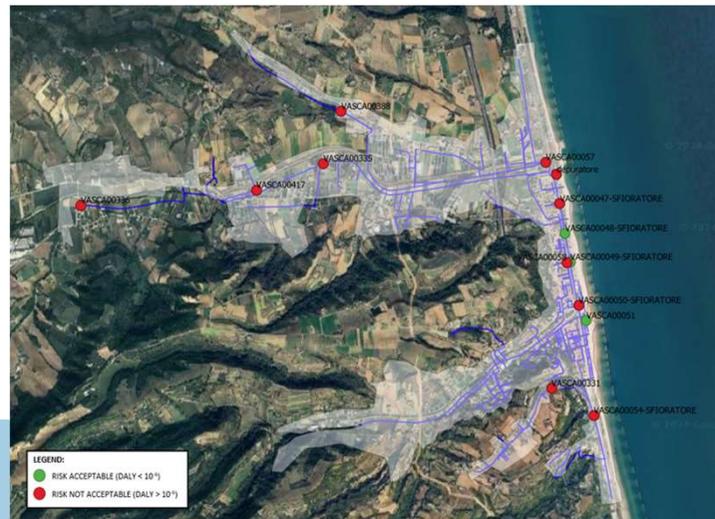
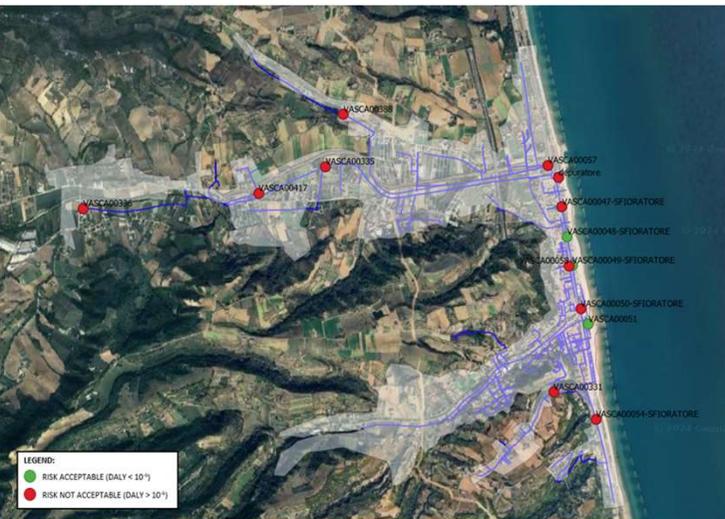
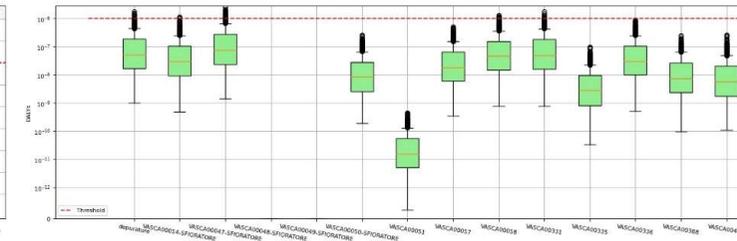
SCENARIO 0: CURRENT STATE



SCENARIO 1: application of NBS



SCENARIO 2: Implementation of NBS and UV disinfection



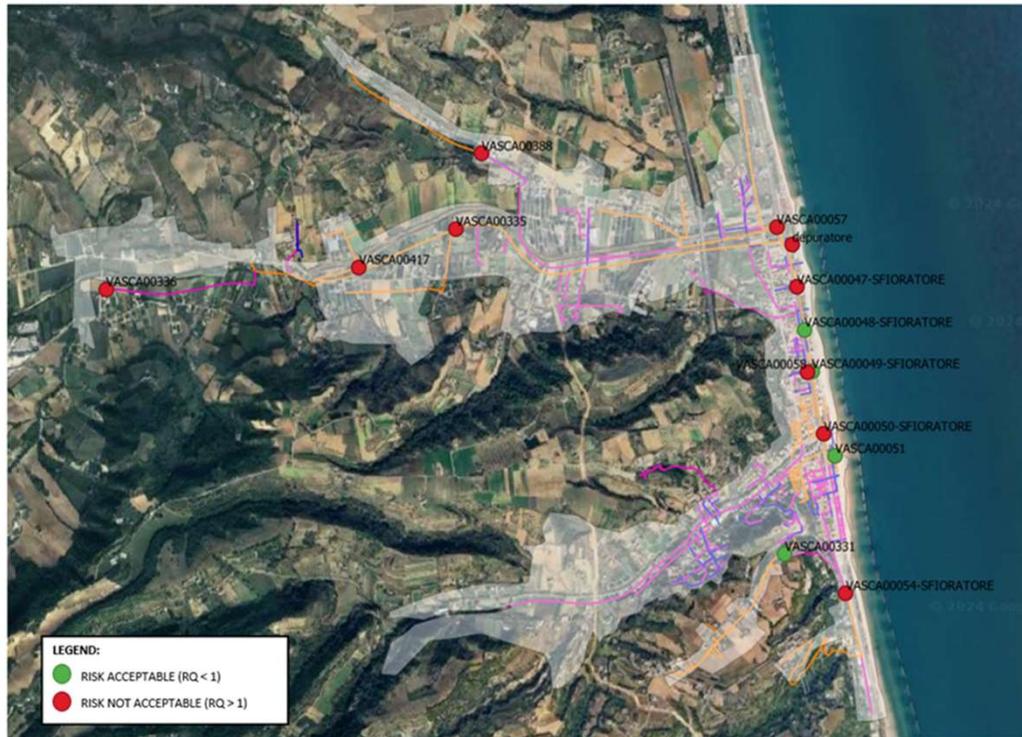
# APPLICATION OF RISK TOOL (IMPATTO AMBIENTALE – DATI DI LETTERATURA)

CUPRAMARITTIMA CS (COASTAL CITY, IN THE PROVINCE OF ASCOLI PICENO, IN THE SOUTH OF MARCHE REGION – ITALY)

## QCRA TOOL

OUTPUT DATA >> FIRST TEST: CUPRA MARITTIMA CS (ITALY) considering **Cadmium** as contaminant (input of literature data into the SWMM MODEL)

SCENARIO 0: CURRENT STATE



SCENARIO 1: application of BIORETENTION SYSTEM



Centri urbani tra alluvioni e siccità

ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

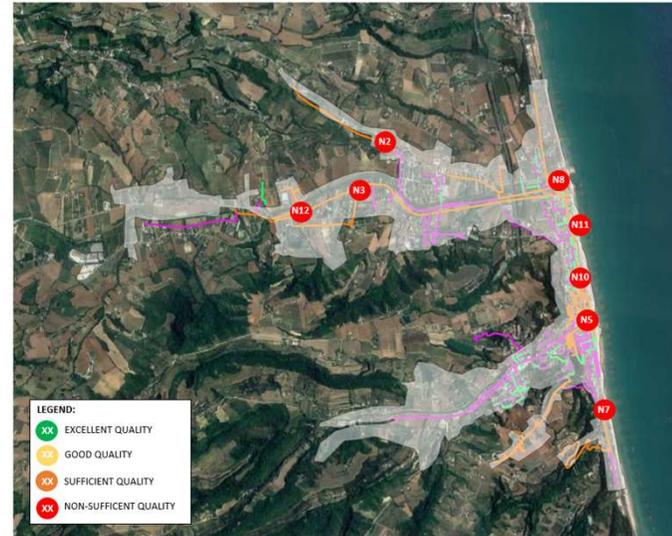
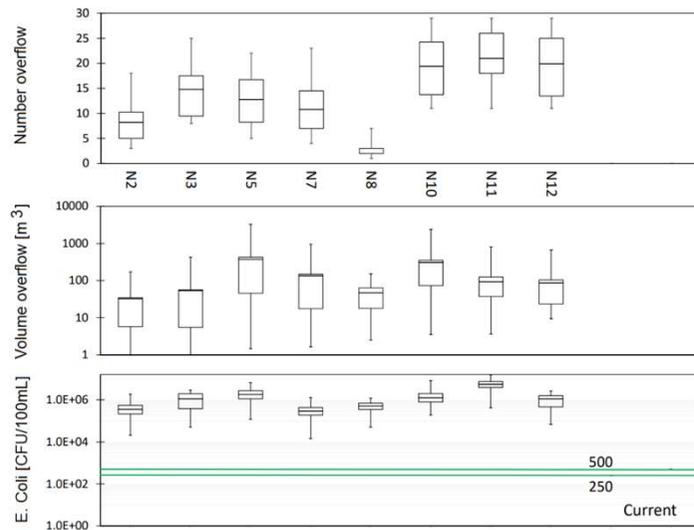
# APPLICAZIONE TOOL QMRA A CASO STUDIO

CUPRA MARITTIMA (Marche)

# RISULTATI

Situazione attuale – Info per bathing water profile

## Modellazione SWMM



**EU DIRECTIVE 2006/7/EC ON BATHING WATER - Decreto legislativo 116 del 2008**

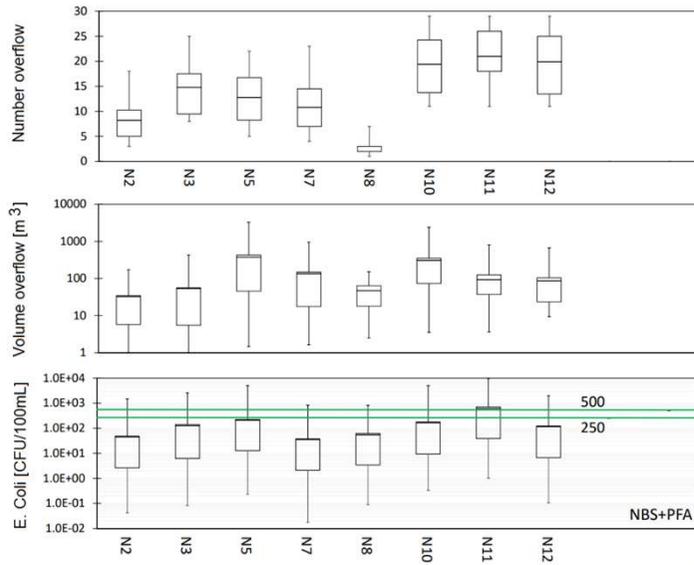
Parameter	Excellent quality	Good quality	Sufficient
Escherichia coli (cfu/100 ml)	250 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	500 <sup>b</sup>

a = Based upon a 95-percentile evaluation; b = Based upon a 90-percentile evaluation

Centri urbani tra alluvioni e sic  
ripensare la città in funzione del cambiamento climatico

Simulazione trattamento CSO con NBS e disinfezione (PFA) – Info per bathing water profile

Modellazione SWMM



EU DIRECTIVE 2006/7/EC ON BATHING WATER

Parameter	Excellent quality	Good quality	Sufficient
Escherichia coli (cfu/100 ml)	250 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	500 <sup>b</sup>

a = Based upon a 95-percentile evaluation; b = Based upon a 90-percentile evaluation

# TAKE HOME MESSAGE



venerdì  
**4** aprile  
2025  
**Ancona**

- I nuovi aggiornamenti normativi richiedono una gestione delle acque di deflusso urbano basata sul concetto di rischio

Proposta di metodologia per la quantificazione degli impatti dovuta alla presenza di scolmatori in rete fognaria, incluse le acque di balneazione

Sviluppo di una tool per il calcolo del rischio ambientale (QCRA) legato allo scarico delle acque di deflusso urbano in corpi idrici superficiali

Sviluppo di una tool per il calcolo del rischio microbiologico legato al riuso delle acque di deflusso urbano

Sviluppo di un sistema di decisioni (GIS-based) basato sul concetto di rischio che sia di sviluppo alla redazione di PIANO DI GESTIONE INTEGRATA DELLE ACQUE REFLUE URBANE come richiesto dalla nuova Directive (EU) 2024/3019 concerning urban wastewater treatment