



Digital water

# DIGITAL WATER

ESIGENZE ED OPPORTUNITÀ DELLA GESTIONE DEL CAMBIAMENTO  
DAL GEMELLO DIGITALE AL SERVIZI IDRICI DIGITALI

Orazio Giustolisi



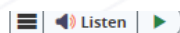
un evento promosso  
e organizzato da



in collaborazione con



Publiacqua



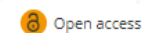
Research Article


## Digital transition, digital twin and digital water: history, concepts and overview for the application to aqueducts

Orazio Giustolisi 


Article: 2313975 | Received 04 Nov 2023, Accepted 22 Dec 2023, Published online: 13 Mar 2024

 Cite this article  <https://doi.org/10.1080/28375807.2024.2313975>




 Full Article


 Figures & data

 References

 Supplemental

 Citations

 Metrics

 Licensing



 Reprints & Permissions



 View PDF

 View EPUB

### ABSTRACT

Formulae display:  MathJax 

#### Introduction

The words *digital transition*, *digital twin* and the concept called *digital water*, quickly came into common use due to a profoundly modified global context following the pandemic event which accelerated changes already previously underway, including the *digital transition* itself.

#### Objectives

This document aims to give technical-scientific substance to the *word digital water* in a critical way, starting from the foundations of current changes and taking as a specific reference the management of aqueduct systems, without losing the generality of the discussion.

#### Method


To the purpose, the concepts behind the words *digital transition* and *digital twin* are discussed and revised starting from the salient points of the scientific history of the past centuries and decades, which were the foundation of these concepts. This is the only way to develop the technical-scientific meaning of *digital transition* and *digital twin* critically and usefully in the technical world of water systems, to achieve the same objectives intrinsic to the concepts of *digital transition* and *digital twin*.

### Related research


People also read

Recommended articles


Cited by

Why digital water – knowledge application and hydroinformatics? 

Philippe Gourbesville et al.  
Digital Water  
Published online: 13 Mar 2024


Building and exploiting a Digital Twin for the management of drinking water distribution networks 

P. Conejos Fuertes et al.  
Urban Water Journal  
Published online: 5 Jun 2020


Are digital twins improving urban-water systems efficiency and sustainable development goals? 

Helena M. Ramos et al.  
Urban Water Journal  
Published online: 13 Mar 2023

[View more](#)

 Previous article

[View issue table of contents](#)

Next article 

# Definizione di Trasformazione Digitale

Per *transizione digitale* si intende la *rivisitazione* dei *processi*, utilizzando *prodotti* con alla base *tecnologie digitali* e *strategie digitali*, al fine di *incrementarne l'efficienza*. La raccolta e la valutazione dei dati relativi ai processi, più semplice, *accessibile* e *rappresentativa*, è la base conoscitiva degli stessi al fine di fornire l'informazione utile per il loro efficientamento.

La *trasformazione digitale*, dunque, non si raggiunge attraverso la semplice implementazione di prodotti e sistemi di monitoraggio basati su tecnologie digitali, ma nel momento in cui tutto questo consente di conseguire l'incremento dei livelli di efficienza dei processi che, nel caso dei sistemi idrici, implica il supporto alla decisione da parte del decisore e per le diverse attività tecniche. Inoltre, la *trasformazione digitale* non può essere ottenuta in assenza di un'adeguata formazione ed informazione del capitale umano e di una riorganizzazione aziendale.

# Punti Salienti della Trasformazione Digitale

- *Efficientamento Processi*
- *Rivisitazione Processi*
- *Tecnologie e Strategie Digitali*
- *Raccolta Dati Rappresentativa dei Processi da Efficientare*
- *Progressività dell'Efficientamento*
- *Efficienza e Progressività nella Raccolta dei Dati*
- *Trasformazione dei Dati in Informazione e Fusione Informazioni*
- *Modelli Idraulici Avanzati come Gemelli Fenomenologici*
- *Informazione e Strumenti di Supporto alla Decisione*
- *Strategia per la Transizione Digitale*
- *Transizione Gestionale degli attori del SII (Autorità e Gestori)*
- *Nuovi indicatori di Performance che Valorizzano Strategia Digitale*
- **Formazione ed Informazione dei Decisori (Top Management)**
- **Formazione ed Informazione dei Tecnici**



# Modelli, Gemello Digitale, Gemello Fenomenologico & Servizio Idrico Digitale

# Origini del Concetto di Gemello Digitale

- Un concetto analogo a quello di gemello digitale, seppur implementato in forma fisica e non digitale, è noto dagli anni '60. Infatti, il concetto di gemello fu utilizzato per la prima volta nel programma Apollo della NASA
- Nel 1991, David Gelernter, uno specialista nel campo del calcolo parallelo, mutuando i principi filosofici elaborati da John Baudrillard, introdusse il concetto di “Mirror World”
- Nel 2003, Michael Grieves presentò un modello concettuale che comprendeva spazio reale, spazio virtuale, sottospazi virtuali e il flusso di dati tra spazi virtuali e reali per la gestione del ciclo di vita dei prodotti in ambito industriale e fu definito come mirrored spaced model e, successivamente, fu formalizzato con il termine di gemello digitale (Digital Twin)

# Origini del Concetto Servizio Idrico Digitale

Qi et al., nel 2018 introdussero il concetto di servizi del gemello digitale (Digital Twin as a Service), quali strumenti di interfaccia tra il gemello digitale dei sistemi e gli utenti

Nel campo della gestione dei sistemi acquedottistici, il concetto di servizi del gemello digitale è stato indipendentemente sviluppato e denominato in servizi idrici digitali (Digital Water Services) e nel 2019 è presentato da Giustolisi nel 2022 durante la sessione plenaria del congresso mondiale Hydroinformatics

Questi servizi sono concepiti seguendo la stessa logica del paradigma (Digital Twin as a Service), con l'obiettivo di fornire supporto alle diverse attività tecniche (analisi idraulica, calibrazione dei modelli, distrettualizzazione, piani degli interventi di sostituzione delle tubazioni, dei lavori, ecc.

L'adozione di questa strategia facilita anche il coinvolgimento dei vari stakeholder, inclusi il personale tecnico e professionale, semplificando i processi di concertazione

# Dal Gemello Digitale al Servizio Idrico Digitale

Digital water

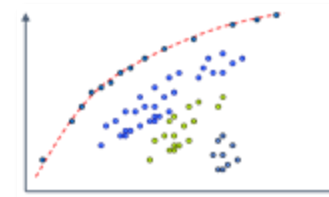
**Gemello Fenomenologico** (*Utenze e modellizzazione idraulica avanzata*)

**Dati di Monitoraggio ed Informazioni di Sistema**

**Teoria dei Grafi e delle Reti Complesse** adattata agli acquedotti

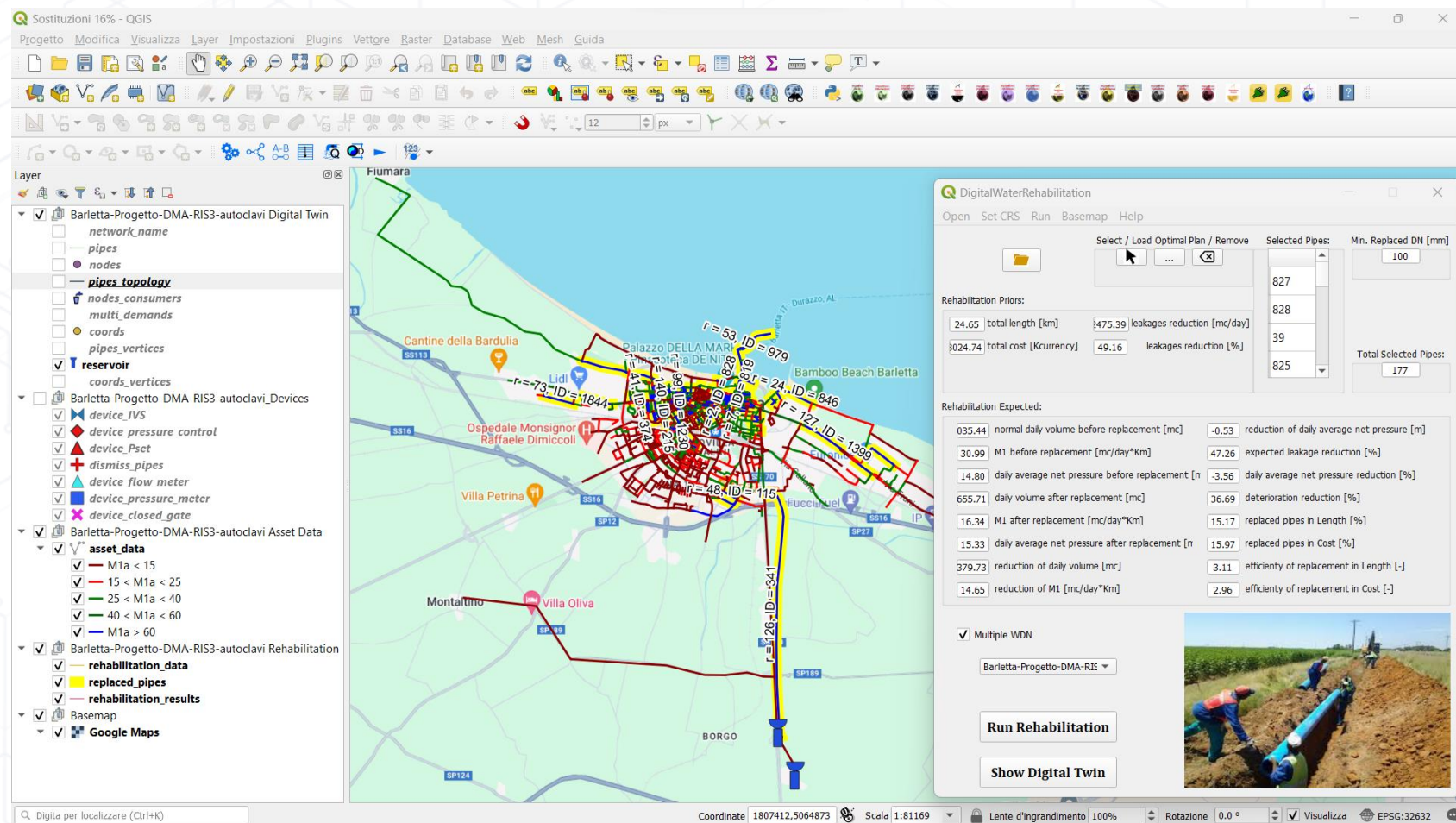
**Machine learning** (Reti neurali artificiali e Programmazione Genetica)

**Strategie di Ottimizzazione Multi-obiettivo e supporto alla decisione**





# Dal Gemello Digitale al Servizio Idrico Digitale





# Esempio: Servizio Idrico Digitale Analisi DMA

Digital water

Razionalizzazione GAIA\_DMA - QGIS

Progetto Modifica Visualizza Layer Impostazioni Plugins Vettore Raster Web Mesh Processing Guida

Layer

- ✓ Carrara-Progetto-DMA-new-Ghiac...
- ✓ Massa-Montignoso-Progetto-DMA...
- ✓ Querceta-Seravezza-Calibrazione...
- ✓ Forte dei Marmi-Progetto-DMA-In...
- ✓ Pietrasanta-Progetto-DMA-Estivo ...
- ✓ Marine-Camaiore-Pietrasanta-Prog...
- ✓ Capezzano-Progetto-DMA-Estivo ...
- ✓ Massarosa-Calibrazione-ESTATE-N...
- ✓ Viareggio-Progetto-DMA-Invernal...
- ✓ Basemap
- ✓ Google Maps

DigitalWater\_Analyzer

Open Set CRS EPANET Visualize Basemap Help

☒ Multiple WDN ☐ show elab.

Patterns

FMS DMAs E

Massa-Montignoso-Progetti

Run Analyzer

Show in WDNXL

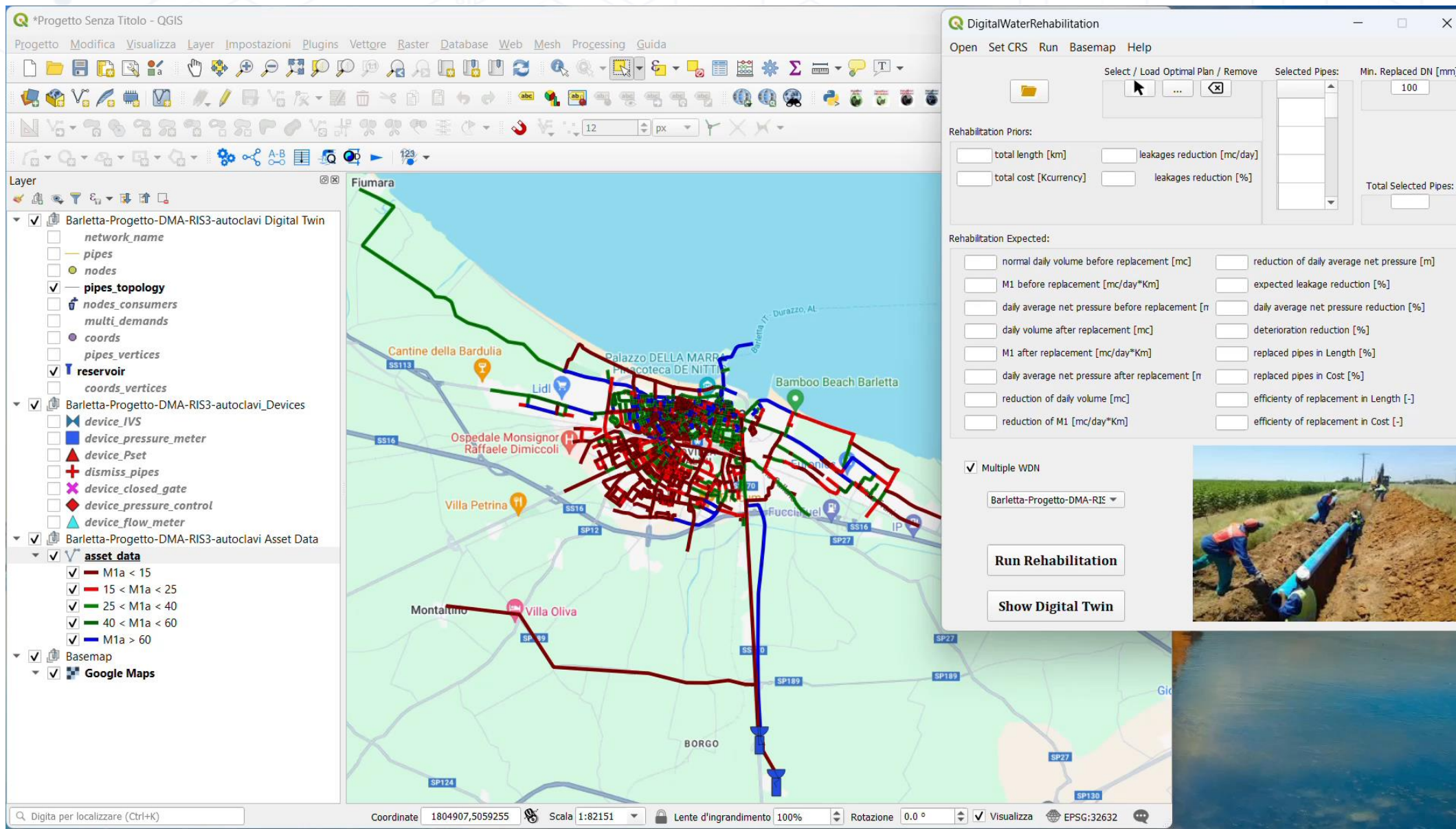
Coordinate 1151700,5564018 Scala 1:1230795 Lente d'ingrandimento 100% Rotazione 0.0° Visualizza EPSG:32632

The image shows a QGIS interface with a map of Tuscany, Italy. The map displays various DMA (District Metering Area) analysis results, including flow meters (FMs) and district metering areas (DMAs). The map is overlaid with a network of pipes and nodes, color-coded to represent different DMA zones. The DigitalWater\_Analyzer window is open, showing the 'Run Analyzer' button and a 'Show in WDNXL' option. The map includes labels for major cities like Bologna, Firenze, and Livorno, as well as geographical features like the Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano.



# Esempio: Servizio Idrico Digitale Piani di Sostituzione

Digital water



The screenshot displays the **DigitalWaterRehabilitation** software interface. The main window shows a map of Barletta with a network of pipes and nodes. The left sidebar lists the layers and assets, including **Barletta-Progetto-DMA-RIS3-autoclavi Digital Twin** and **Barletta-Progetto-DMA-RIS3-autoclavi Asset Data**. The right sidebar shows the **DigitalWaterRehabilitation** window with various settings and a **Run Rehabilitation** button.

**Layer**

- ☒ Barletta-Progetto-DMA-RIS3-autoclavi Digital Twin
  - ☐ network\_name
  - ☐ pipes
  - ☐ nodes
  - ☒ pipes\_topology
  - ☐ nodes\_consumers
  - ☐ multi\_demands
  - ☐ coords
  - ☐ pipes\_vertices
  - ☒ reservoir
  - ☐ coords\_vertices
- ☒ Barletta-Progetto-DMA-RIS3-autoclavi\_Devices
  - ☐ device\_IVS
  - ☐ device\_pressure\_meter
  - ☐ device\_Pset
  - ☐ dismiss\_pipes
  - ☐ device\_closed\_gate
  - ☐ device\_pressure\_control
  - ☐ device\_flow\_meter
- ☒ Barletta-Progetto-DMA-RIS3-autoclavi Asset Data
  - ☒ asset\_data
    - ☒ M1a < 15
    - ☒ 15 < M1a < 25
    - ☒ 25 < M1a < 40
    - ☒ 40 < M1a < 60
    - ☒ M1a > 60
- ☒ Basemap
  - ☒ Google Maps

**DigitalWaterRehabilitation**

Open Set CRS Run Basemap Help

Select / Load Optimal Plan / Remove Selected Pipes: Min. Replaced DN [mm]

Rehabilitation Priors:

<input type="text"/> total length [km]	<input type="text"/> leakages reduction [mc/day]
<input type="text"/> total cost [Kcurrency]	<input type="text"/> leakages reduction [%]

Total Selected Pipes:

Rehabilitation Expected:

<input type="text"/> normal daily volume before replacement [mc]	<input type="text"/> reduction of daily average net pressure [m]
<input type="text"/> M1 before replacement [mc/day*Km]	<input type="text"/> expected leakage reduction [%]
<input type="text"/> daily average net pressure before replacement [n]	<input type="text"/> daily average net pressure reduction [%]
<input type="text"/> daily volume after replacement [mc]	<input type="text"/> deterioration reduction [%]
<input type="text"/> M1 after replacement [mc/day*Km]	<input type="text"/> replaced pipes in Length [%]
<input type="text"/> daily average net pressure after replacement [n]	<input type="text"/> replaced pipes in Cost [%]
<input type="text"/> reduction of daily volume [mc]	<input type="text"/> efficiency of replacement in Length [-]
<input type="text"/> reduction of M1 [mc/day*Km]	<input type="text"/> efficiency of replacement in Cost [-]

☒ Multiple WDN

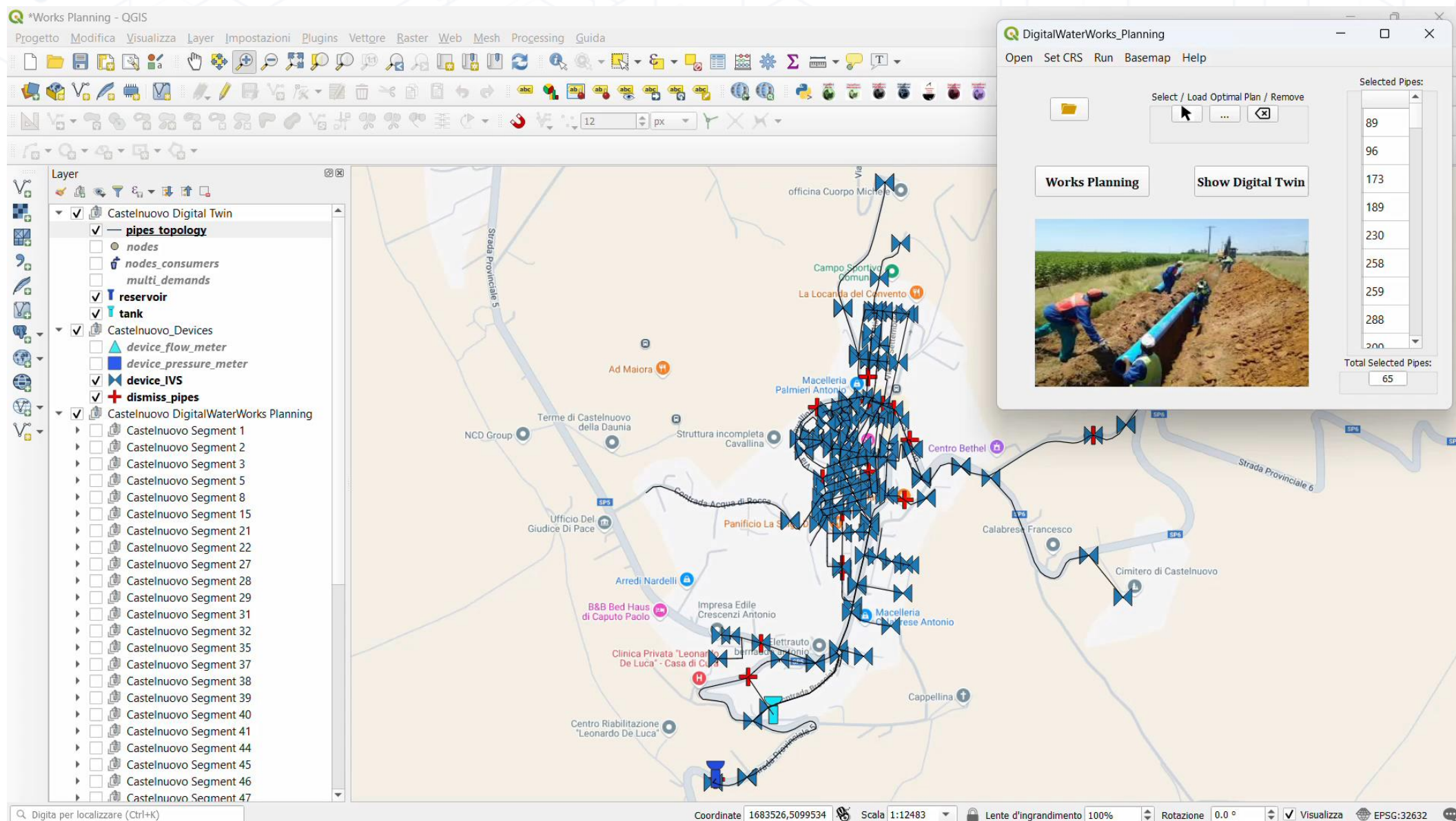
Barletta-Progetto-DMA-RIS3

**Run Rehabilitation**

**Show Digital Twin**

Coordinate 1804907,5059255 Scala 1:82151 Lente d'ingrandimento 100% Rotazione 0.0 ° Visualizza EPSG:32632

# Esempio: Servizio Idrico Digitale Pianificazione Lavori





# Gli Indicatori di Performance Guida Razionale agli Investimenti nell'Era Digitale

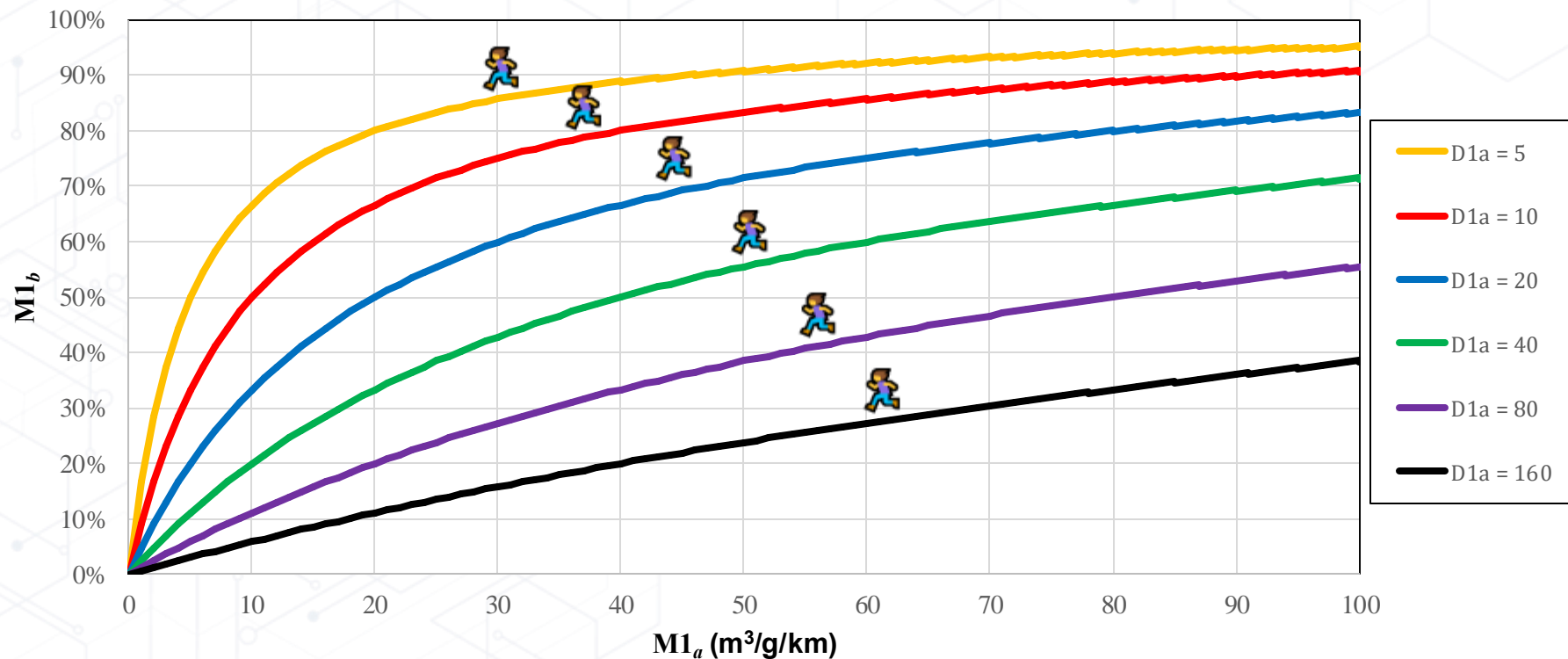
# M1a o M1b: percentuale o densità di perdite?

Relazione tra  $M1_a$  ed  $M1_b$  al variare di  $D1_a$  ( $m^3/g/km$ )

$$M1_b = 100 \frac{M1_a}{M1_a + D1_a}$$

Il sistema dei due indicatori non distingue tra sistemi perdite modeste e bassi indici di densità di consumo e sistemi con perdite elevate ed alti indici di consumo

L'investimento segue la curva  $D1_a$  (densità di consumo in  $m^3/g/km$ ) quindi  $M1_b$  non può essere un indicatore di Benchmarking (analisi comparativa) o Indirizzare gli Investimenti



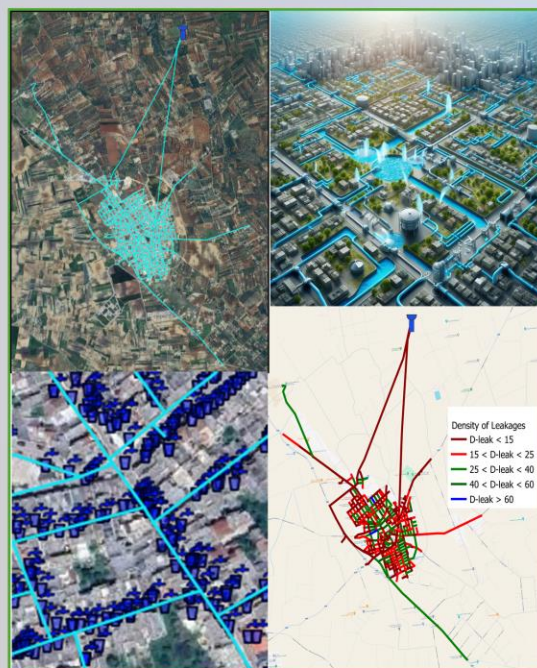
$$M1_b = 100 \frac{\text{Water Drop Icon}}{\text{Water Drop Icon} + (D1_a = 0)} = 100\%$$

## Digital water

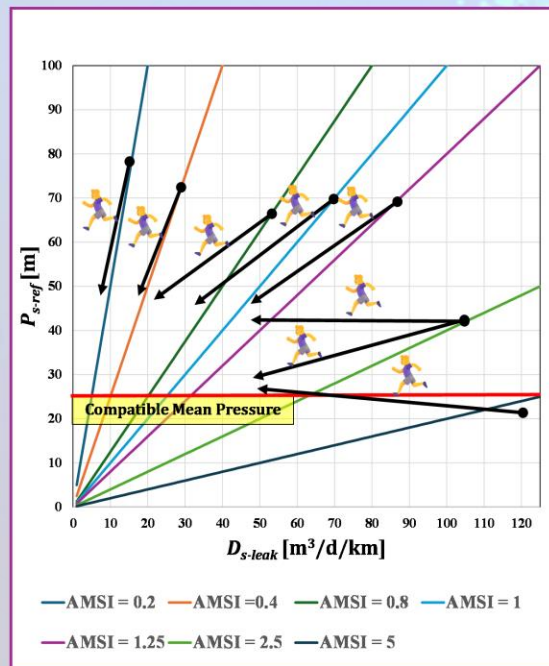
**Era of Digital Transition** - Increase efficiency of processes by digital technologies and strategies, based on collection of representative process data – *Needs for Rational Decision of Investments for Asset Management*

**AMSI, a novel water leakage loss KPI, is presented**  
**AMSI is applicable from large scale water systems up to a single DMA and pipe**

**Advanced Hydraulic Model - FAVAD**  
 Leakage model - Power Leakage Model



**Asset Management Support Indicator (AMSI)**



**Support the rationality of Investments for Asset Management**

**Pressure control**



**Active Detection**



**Replacement Plan**

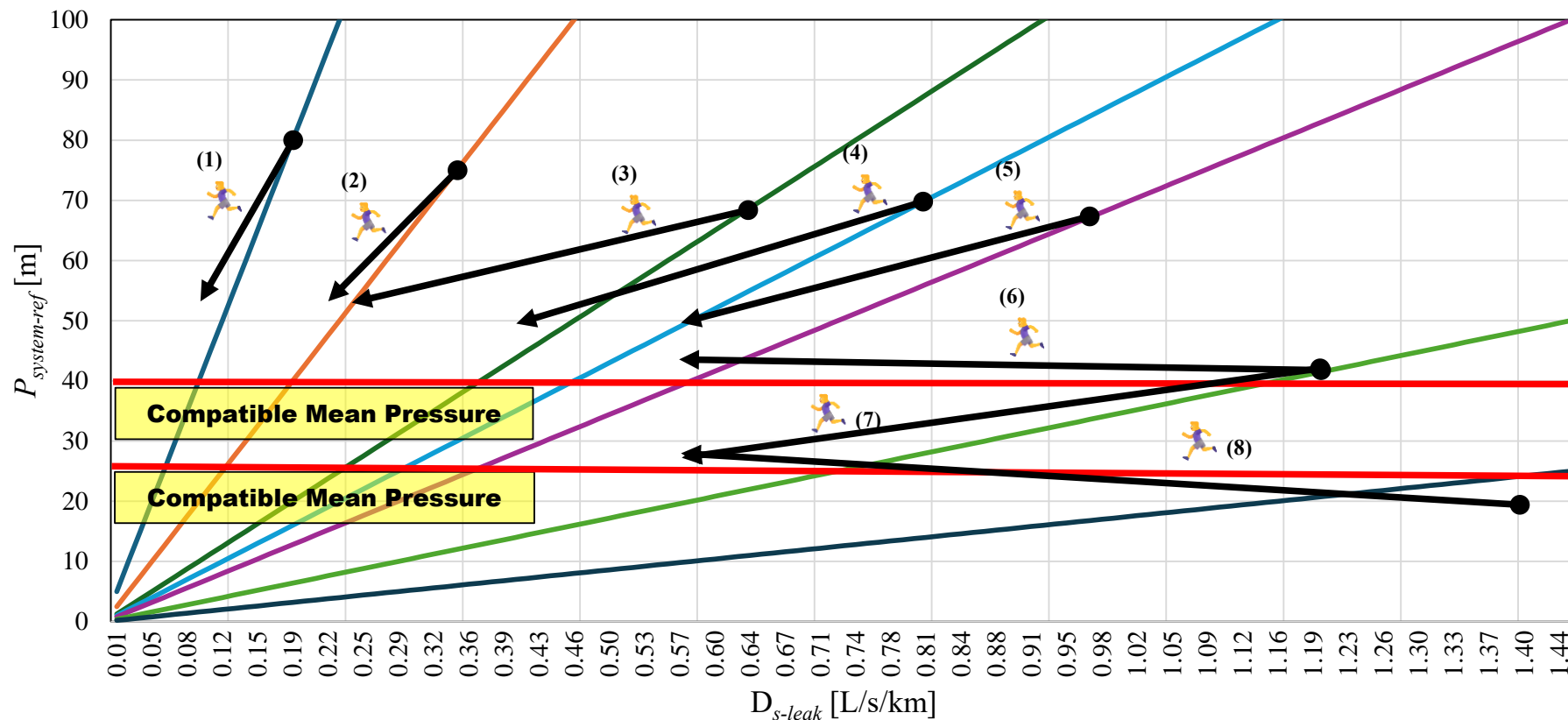


## AMSI Gestione delle Perdite ed Indirizzamento Attività

$$AMSI_{k-pipe} = \frac{D_{k-leak}}{(P_{k-ref})^{\alpha_{k-ref}}} = 8.6 \cdot 10^7 \cdot \beta_{k-leak}$$

$$AMSI_s = \frac{D_{s-leak}}{(P_{s-ref})^{\alpha_{s-ref}}} = 8.6 \cdot 10^7 \cdot \beta_{s-leak}$$

- ➔ AMSI è coerente con le leggi idrauliche che regolano il sistema in pressione
- ➔ AMSI è sviluppato a partire dalla modellazione idraulica avanzata inclusa la modellazione delle perdite (Power o FAVAD) a livello di tubazione
- ➔ AMSI consente di indirizzare le attività: piani di sostituzione tubazioni rispetto al controllo della pressione



— AMSI = 0.2 — AMSI = 0.4 — AMSI = 0.8 — AMSI = 1 — AMSI = 1.25 — AMSI = 2.5 — AMSI = 5



*I was, am, will be forever  
Hydraulic Engineer  
Loving technical and research  
contamination from different fields  
Loving exploring the future on the  
shoulders of the past*

**Grazie per l'attenzione**

**orazio.giustolisi@poliba.it – 3293173094**  
**[www.linkedin.com/in/orazio-giustolisi-2223588/](https://www.linkedin.com/in/orazio-giustolisi-2223588/)**