

Le perdite idriche reali: fenomenologia puntuale e modelli di sistema

Prof. Ing. Silvia Meniconi
Università degli Studi di Perugia



SOMMARIO

1. Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche
2. Fenomenologia puntuale delle perdite
3. Modelli di Sistema
4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)
5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)
6. Conclusioni

SOMMARIO

1. **Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche**
2. Fenomenologia puntuale delle perdite
3. Modelli di Sistema
4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)
5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)
6. Conclusioni

DANNI CAUSATI DA ROTTURE NELLE RETI IDRICHE



**Bristol: burst on a 27”
pipe**

ORGANIZZATO DA

IN COLLABORAZIONE CON

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

DANNI CAUSATI DA ROTTURE NELLE RETI IDRICHE



ORGANIZZATO DA

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON

DANNI CAUSATI DA ROTTURE NELLE RETI IDRICHE

London's North Circular River



Damper on traffic . . . North Circular is only fit for boats after a burst submerged six lanes under 25ft of water

ONE of Britain's busiest roads turned into a river yesterday after a giant water main burst.

A six-lane dual carriageway section of London's North Circular was flooded to a depth of 25ft by the torrent spouting from the broken 5ft-wide pipe.

Drivers abandoned their sinking cars and bikers at the famous Ace Cafe

yards from the burst fled for their lives when a 30ft fountain hit the building.

Owner Mark Wilshire, 42, said: "There was a whoosh, the tarmac erupted and bikes flew in the air."

Car passenger Christine Reed, 52, said: "It was like a river." But homes escaped the flood near Hanger Lane. The 90-year-old iron main fractured at

11pm on Saturday. It is thought to be London's biggest-ever burst.

Firemen began pumping away the water yesterday and were hoping to finish the job early today.

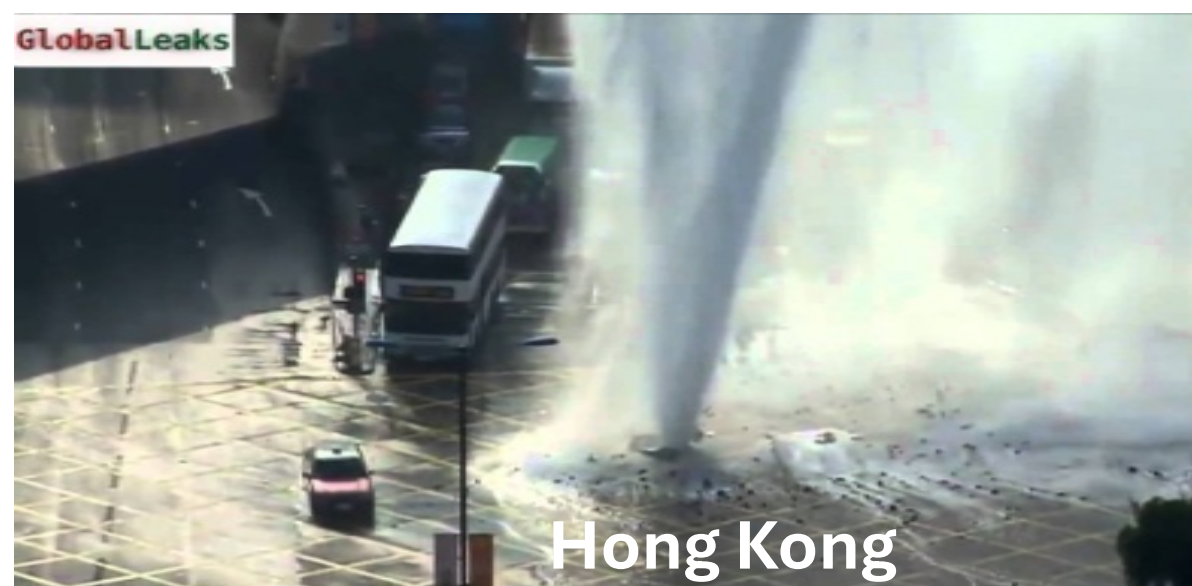
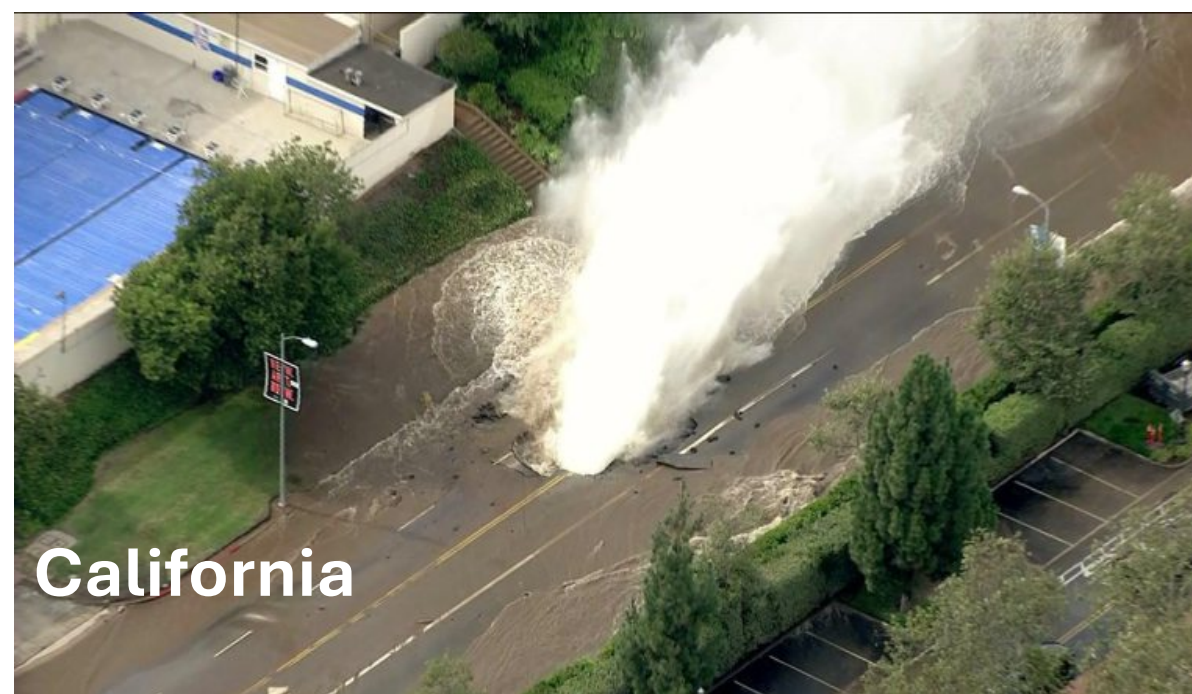
But the road is likely to stay shut until later in the week while experts investigate possible damage to a new multi-million-pound bridge.



ORGANIZZATO DA

IN COLLABORAZIONE CON

DANNI CAUSATI DA ROTTURE NELLE RETI IDRICHE



BUSINESS PARALIZZATO in alcuni distretti finanziari:
inondazioni devastanti e perdite economiche ingenti!

DANNI CAUSATI DA ROTTURE NELLE RETI IDRICHE



ORGANIZZATO DA

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

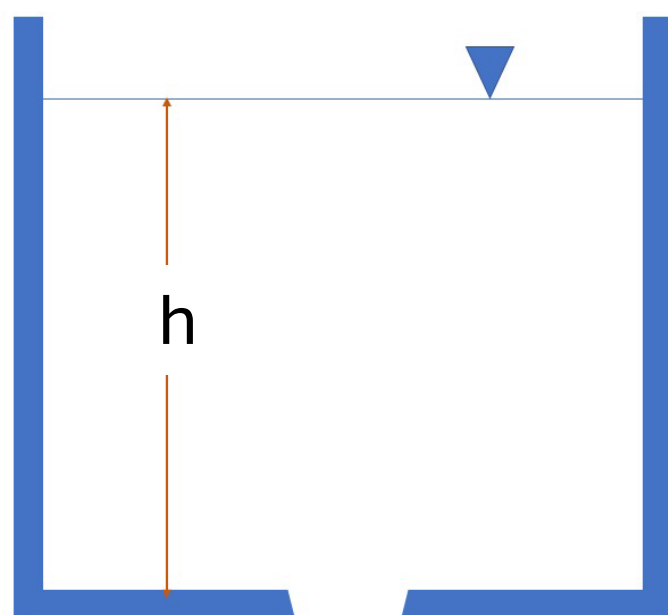
IN COLLABORAZIONE CON

SOMMARIO

1. Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche
- 2. Fenomenologia puntuale delle perdite**
3. Modelli di Sistema
4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)
5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)
6. Conclusioni

Fenomenologia puntuale

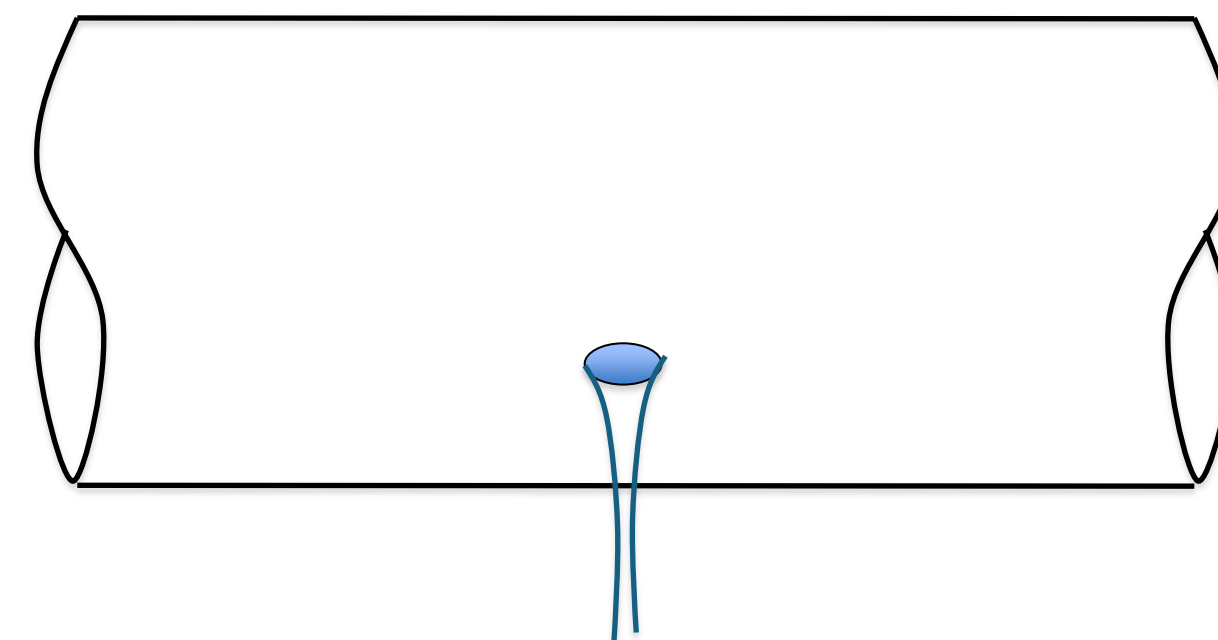
TORRICELLI: Equazione della Foronomia



Dall'applicazione
del teorema di Bernoulli

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

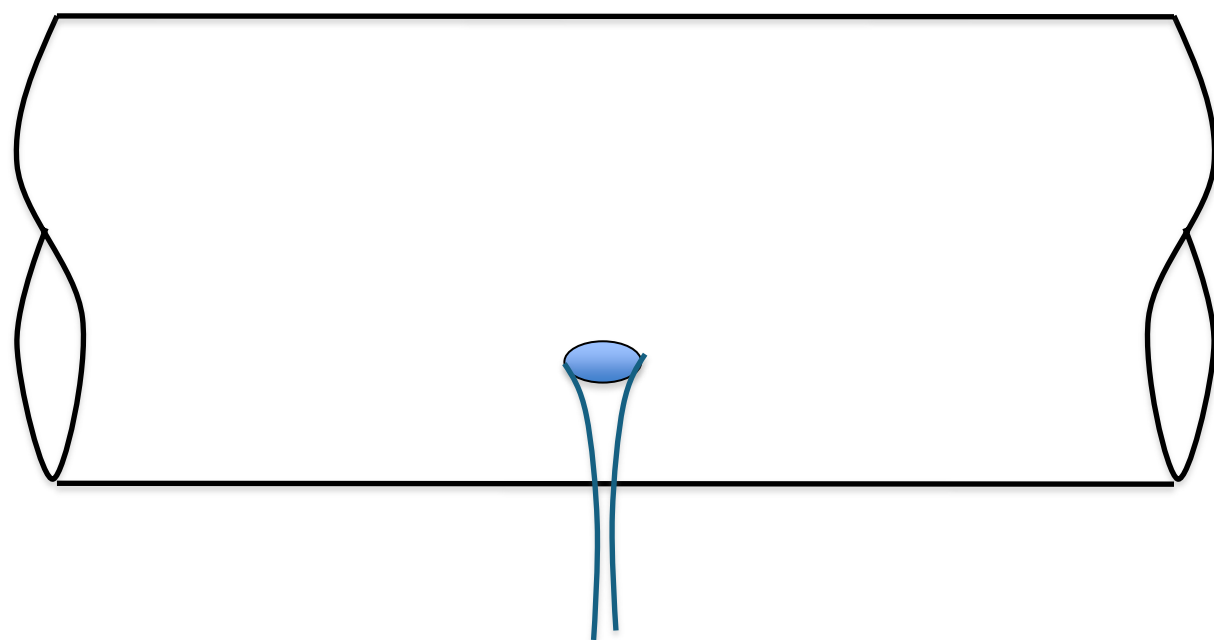
TORRICELLI: Legge di Perdita



$$Q_L = C_L A_L \sqrt{2gh}$$

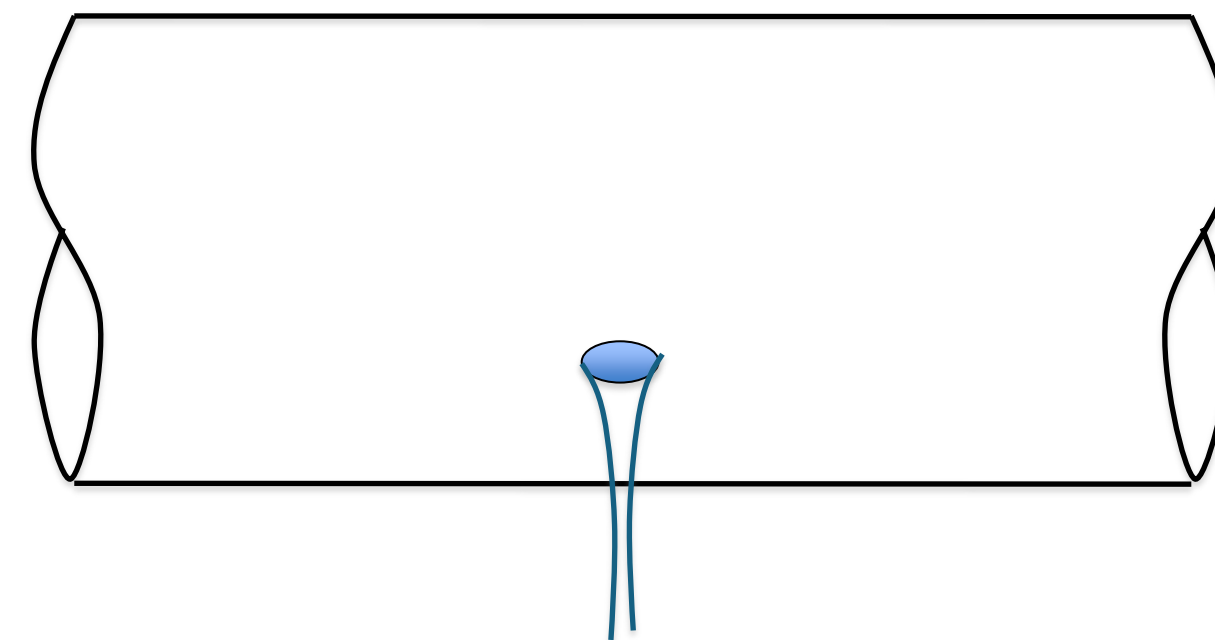
Fenomenologia puntuale: Legge di Perdita

**Power Law
(Germanopoulos, 1985)**



$$Q_L = ah^b$$

TORRICELLI:



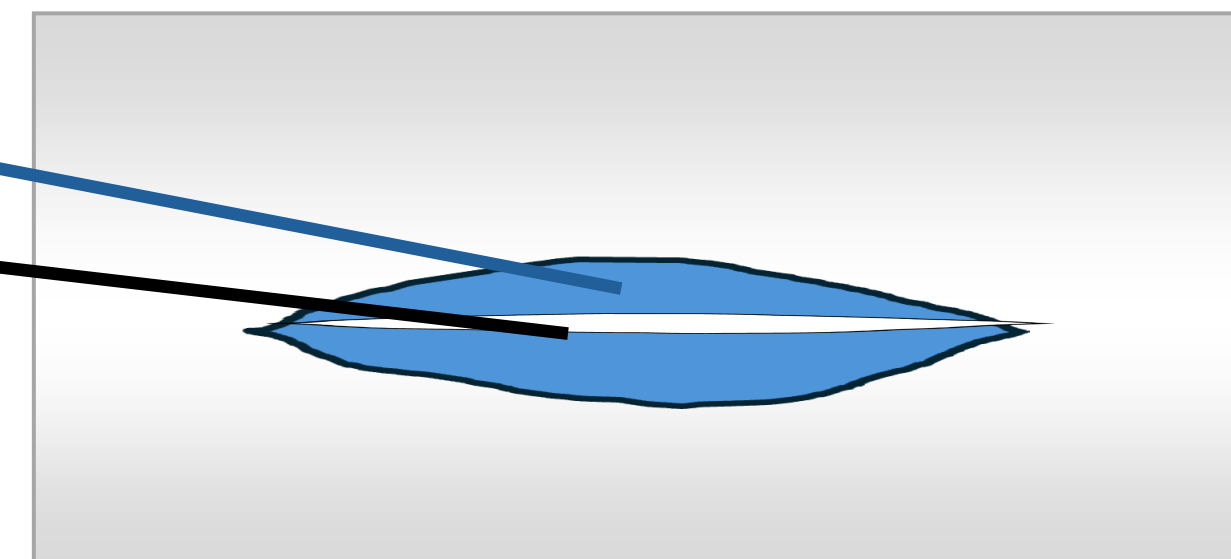
$$Q_L = C_L A_L \sqrt{2gh}$$

Fenomenologia puntuale

FAVAD – Fixed Area and Variable Area Discharge
(May, 1994 e Van Zyl & Cassa, 2014)

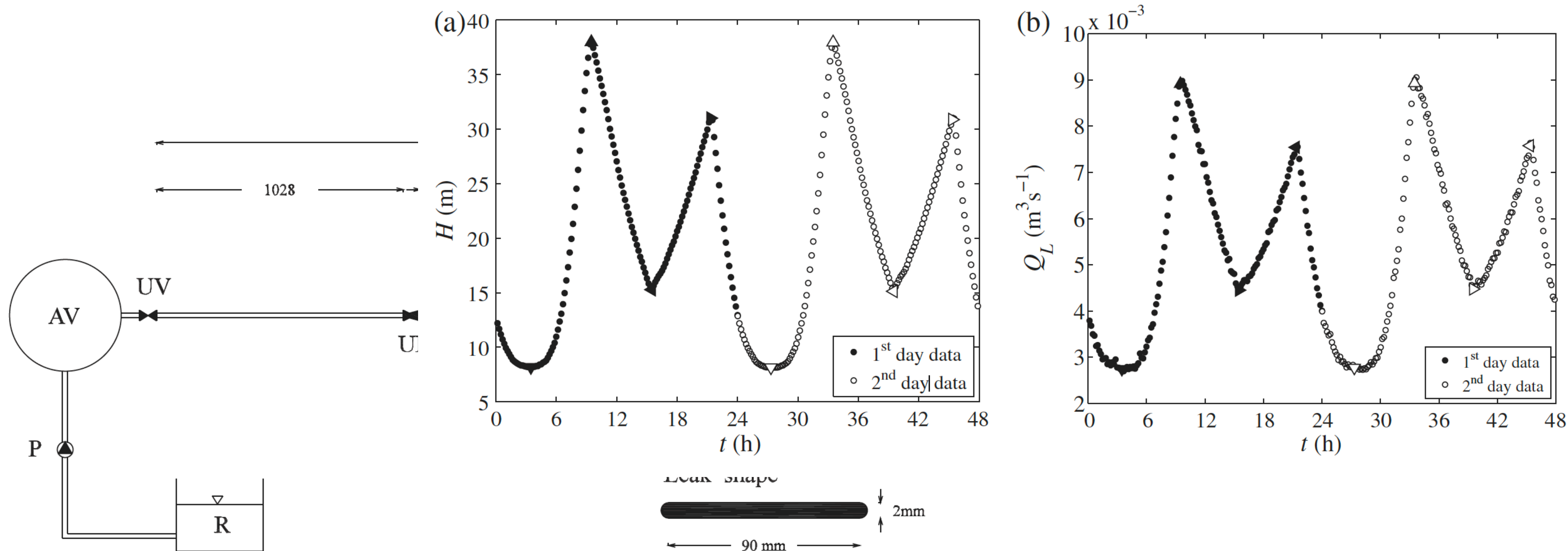
$$Q_L = cA_L\sqrt{2gh} + cA_Lmh^{1.5}$$

leakage number $L_N = \frac{mh}{A_L}$

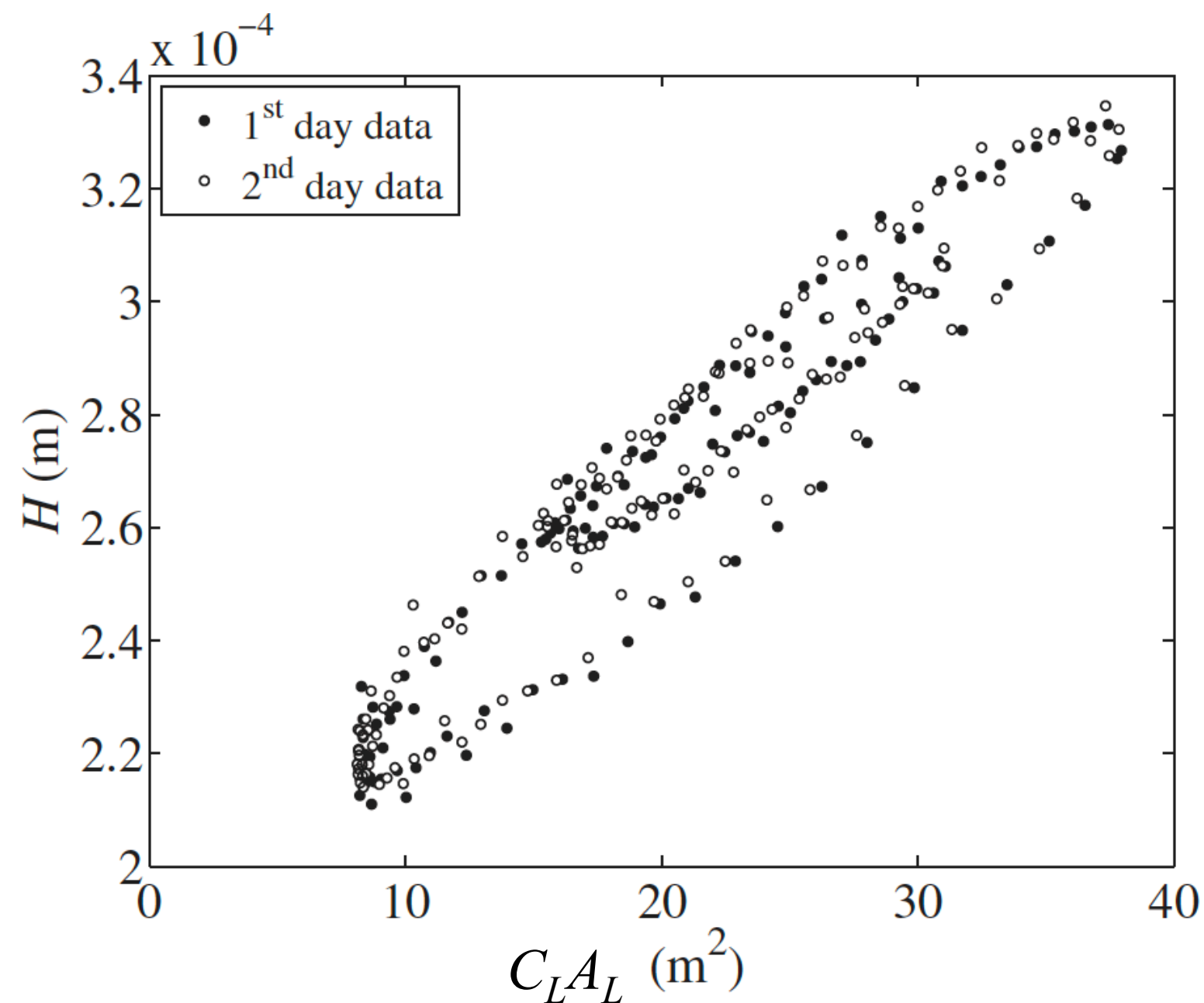
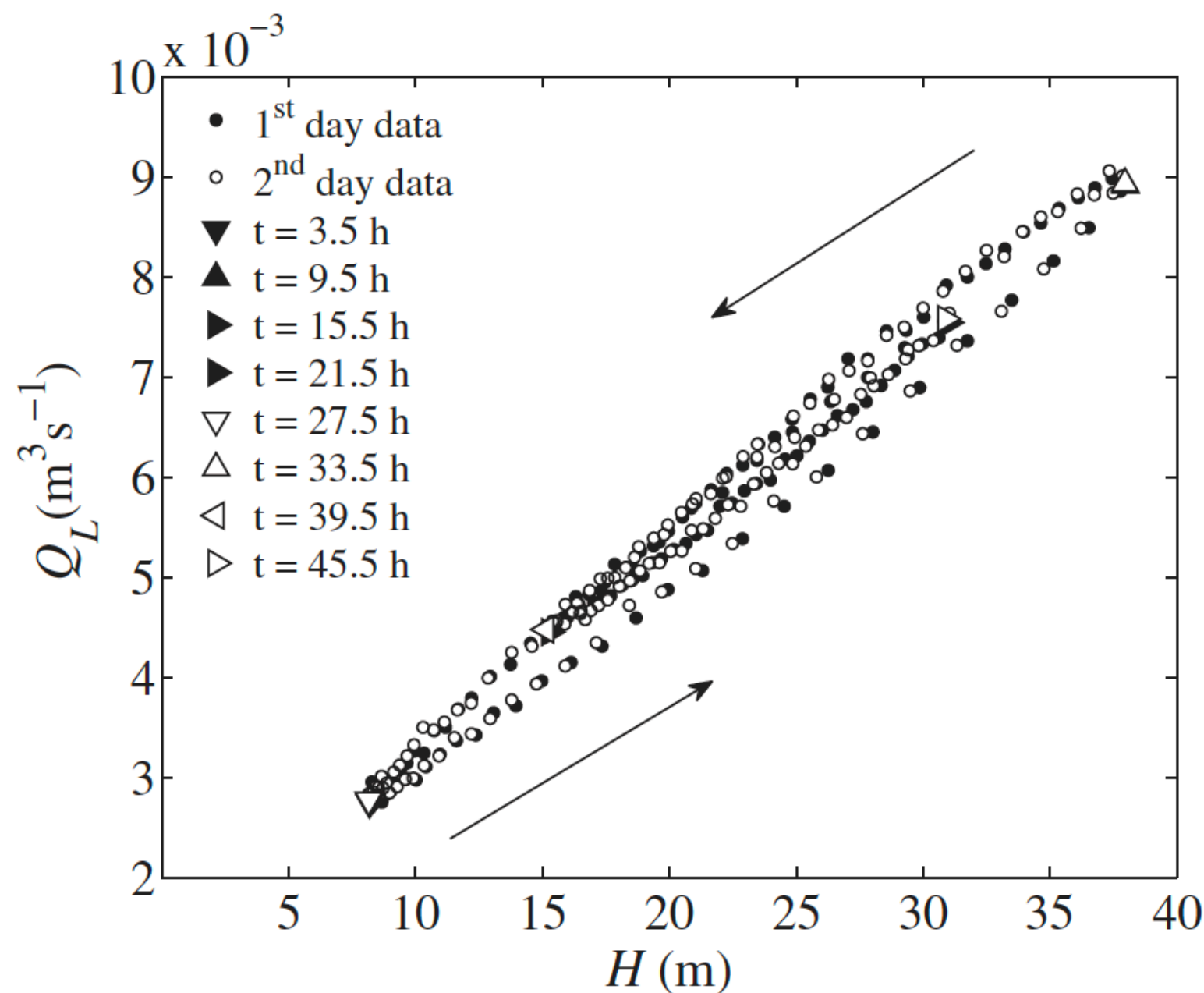


courtesy of KOBUS VAN ZYL
(University of Auckland)

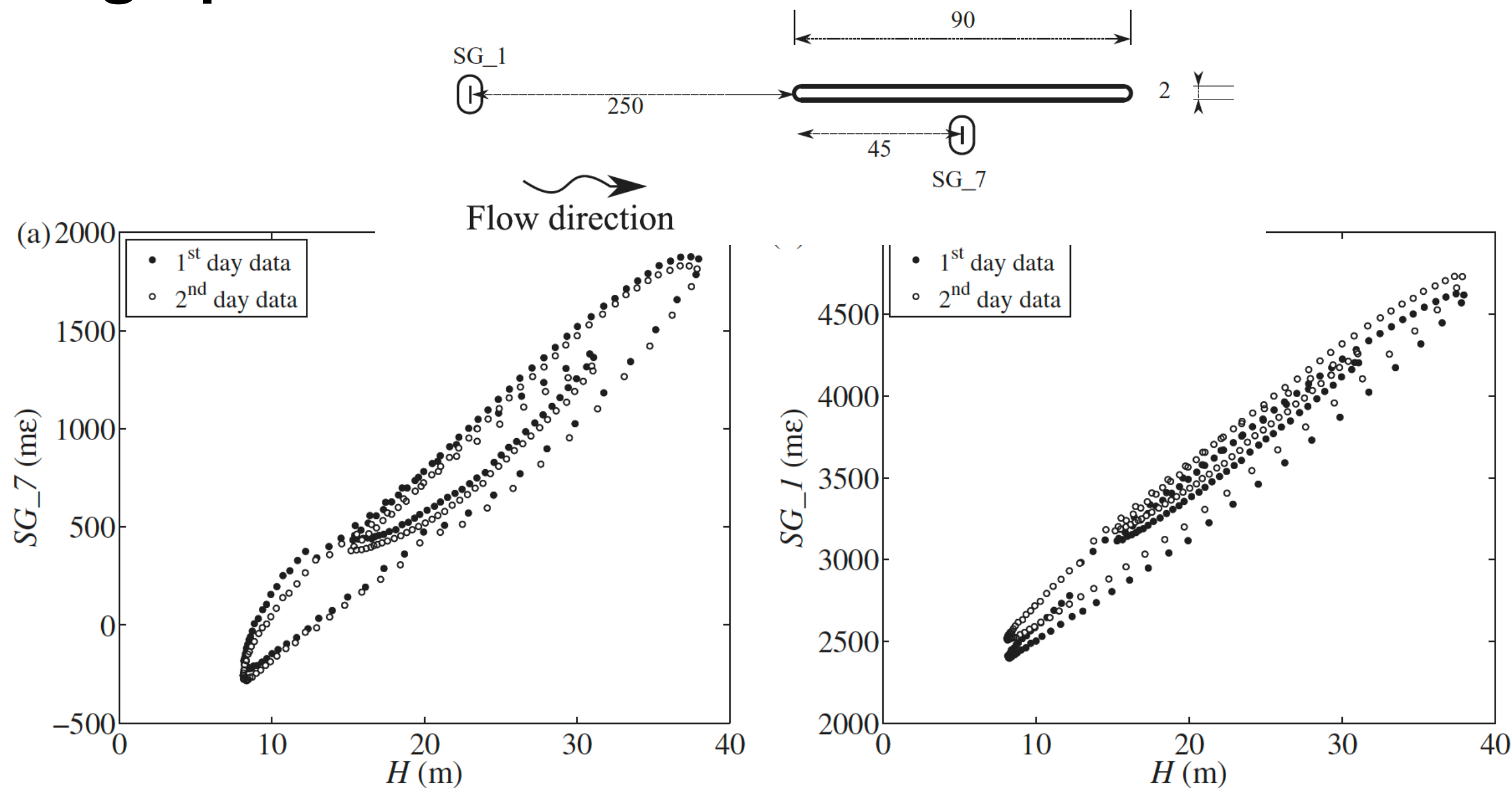
Fenomenologia puntuale: PERDITA in CONDOTTA in MATERIALE PLASTICO



Fenomenologia puntuale: PERDITA in CONDOTTA in MATERIALE PLASTICO

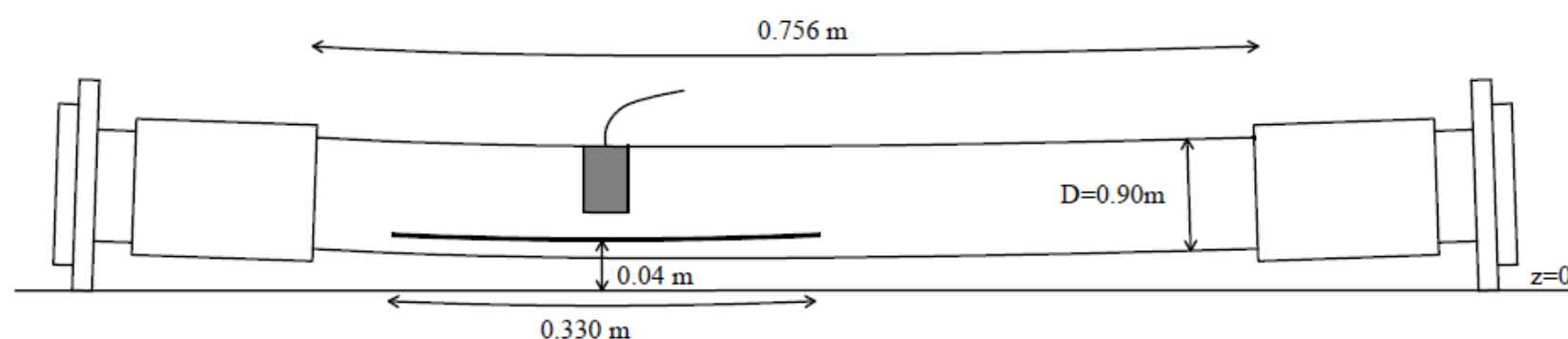


Fenomenologia puntuale: PERDITA in CONDOTTA in MATERIALE PLASTICO



GRANDE PERDITA REALE SU CONDOTTA IN MATERIALE PLASTICO

- Perdita reale longitudinale di 330 mm
- Condotta in polietilene DN90
 $D = 79.80 \text{ mm}$ $e = 10.2 \text{ mm}$





ORGANIZZATO DA

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON

SOMMARIO

1. Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche
2. Fenomenologia puntuale delle perdite
- 3. Modelli di Sistema**
4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)
5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)
6. Conclusioni

MODELLI DI SISTEMA



Leakages in real system

Quando si trasferisce una legge valida a livello locale al contesto di un intero sistema, emergono diverse **criticità**.
Ad esempio:

- Potrei disporre del **minimum night flow** ma tale valore seppure interessante non indica il volume di acqua perso.
- Potrei essere in grado di calcolare la **pressione media di un distretto** o avere a disposizione una misura di **pressione in un unico punto**, spesso il **punto critico** del distretto.

Tuttavia, queste informazioni, da sole, **non consentono di modellare in modo adeguato le perdite**, in quanto non tengono conto della variabilità spaziale e delle dinamiche locali delle pressioni.

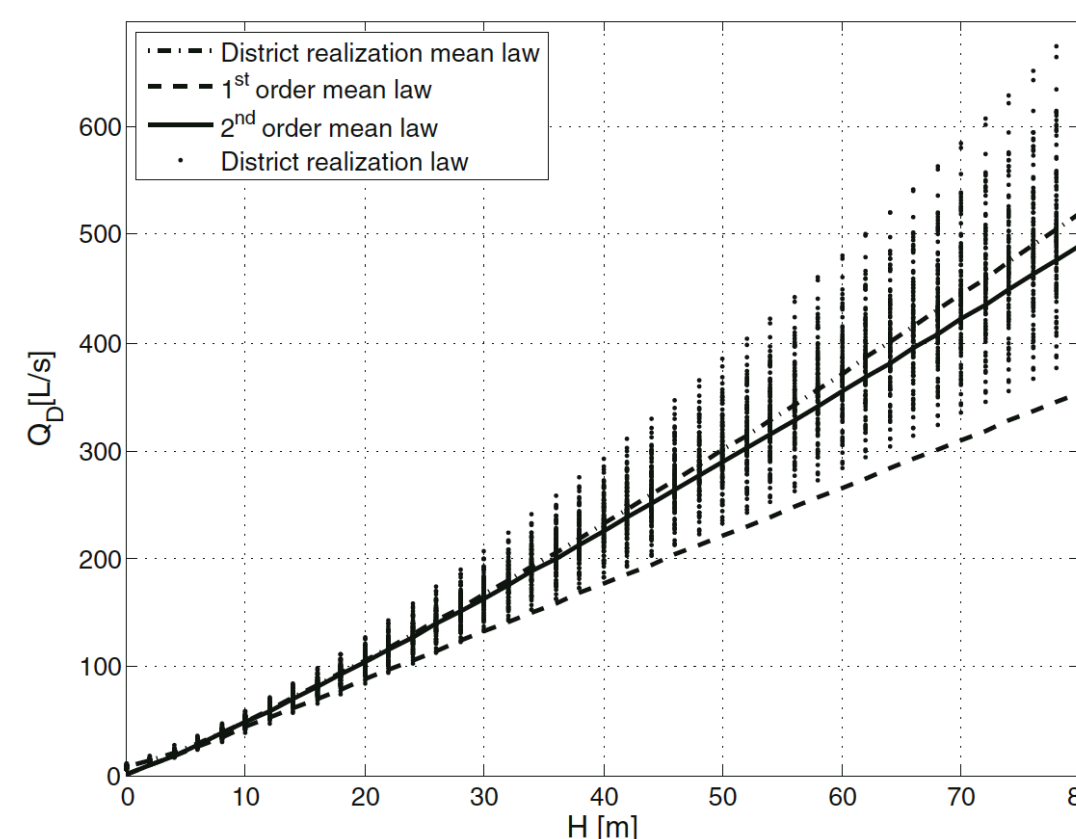
MODELLI DI SISTEMA

$$Q_L = ah^b$$

Se si considera la legge di potenza e si simulano 100 distretti con 100 perdite ognuno che assumo valori casuali di a , h e b .



Leakages in real system



$$Q_D = \bar{a}\bar{h}^{\bar{b}}$$

La legge a scala di sistema può essere modellata con un incremento dell'esponente della legge delle perdite (b) → La sistematica sovrastima dell'esponente b nei dati sul campo, sempre maggiore di 1/2, potrebbe essere spiegata quindi da una variazione casuale delle caratteristiche delle perdite.

SOMMARIO

1. Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche
2. Fenomenologia puntuale delle perdite
3. Modelli di Sistema
- 4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)**
5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)
6. Conclusioni

Cause di rotture (e quindi di perdite) nelle reti di distribuzione

- Condizioni di installazione
- Degradazione interna o esterna della condotta



ORGANIZZATO DA

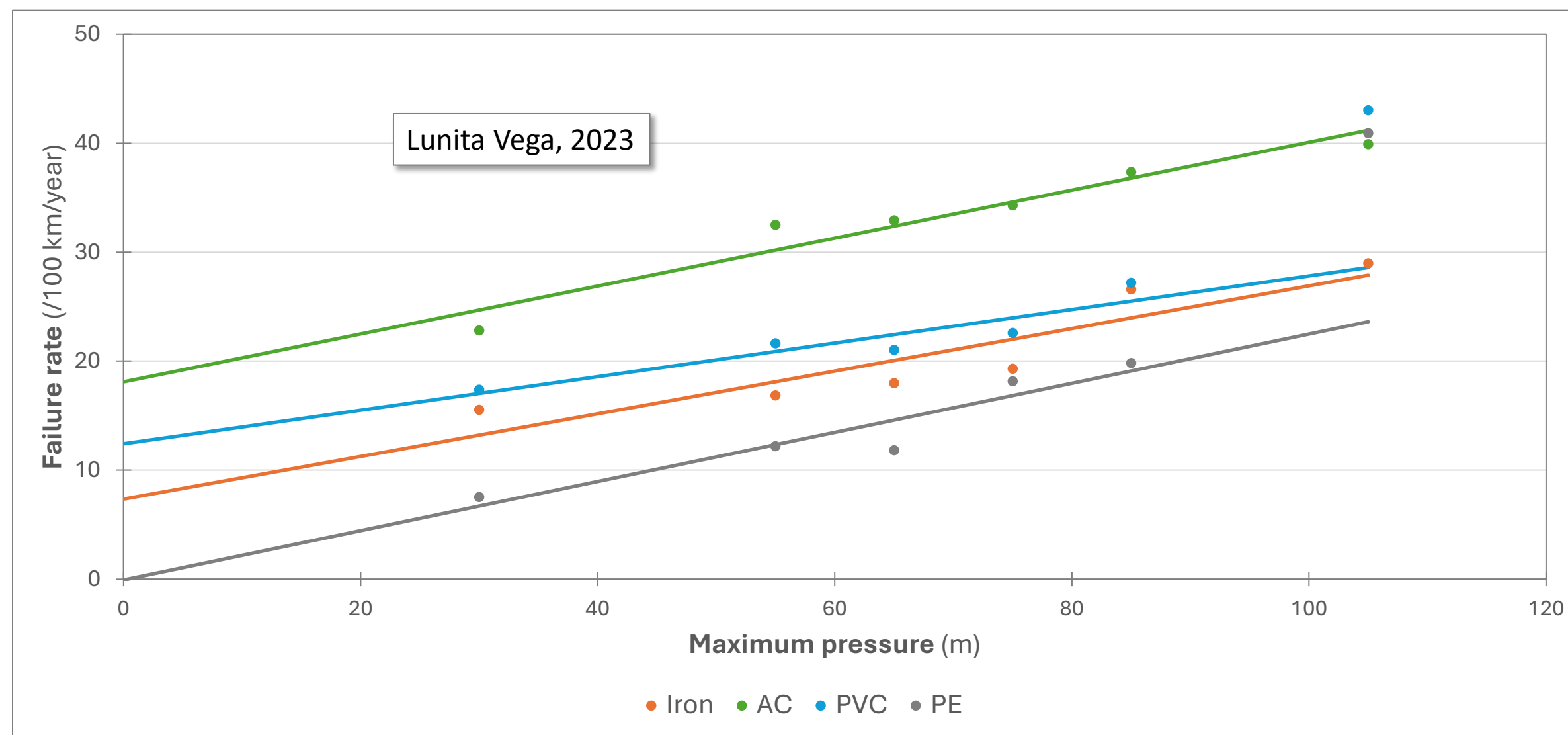
IN COLLABORAZIONE CON

Cause di rotture (e quindi di perdite) nelle reti di distribuzione

- Condizioni di installazione
- Degradazione interna o esterna della condotta
- Carichi
 - Incidenti
 - Variazioni estreme di temperature
 - Condizioni di servizio ordinarie (peso del suolo e del traffico, pressione interna)



Correlazione tra ROTTURE e PRESSIONE MASSIMA

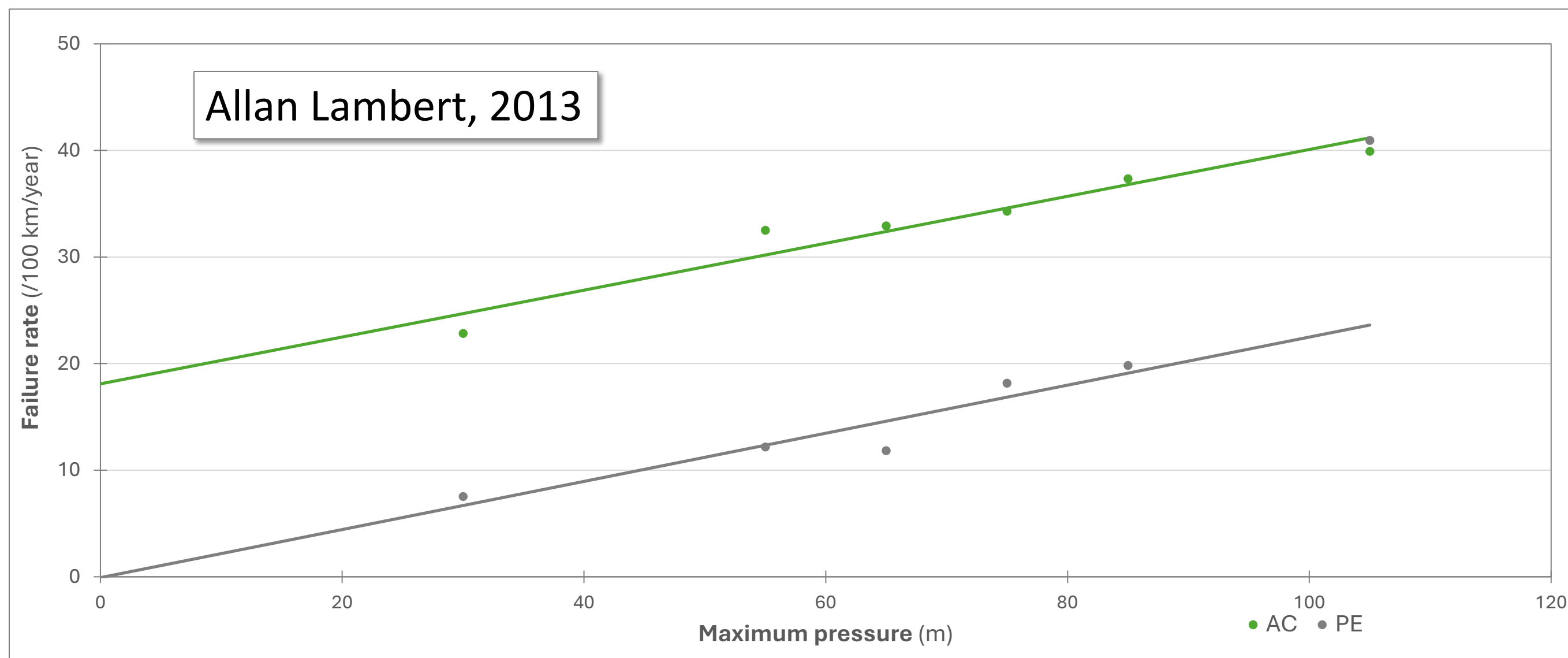


courtesy of KOBUS VAN ZYL
(University of Auckland)

ORGANIZZATO DA

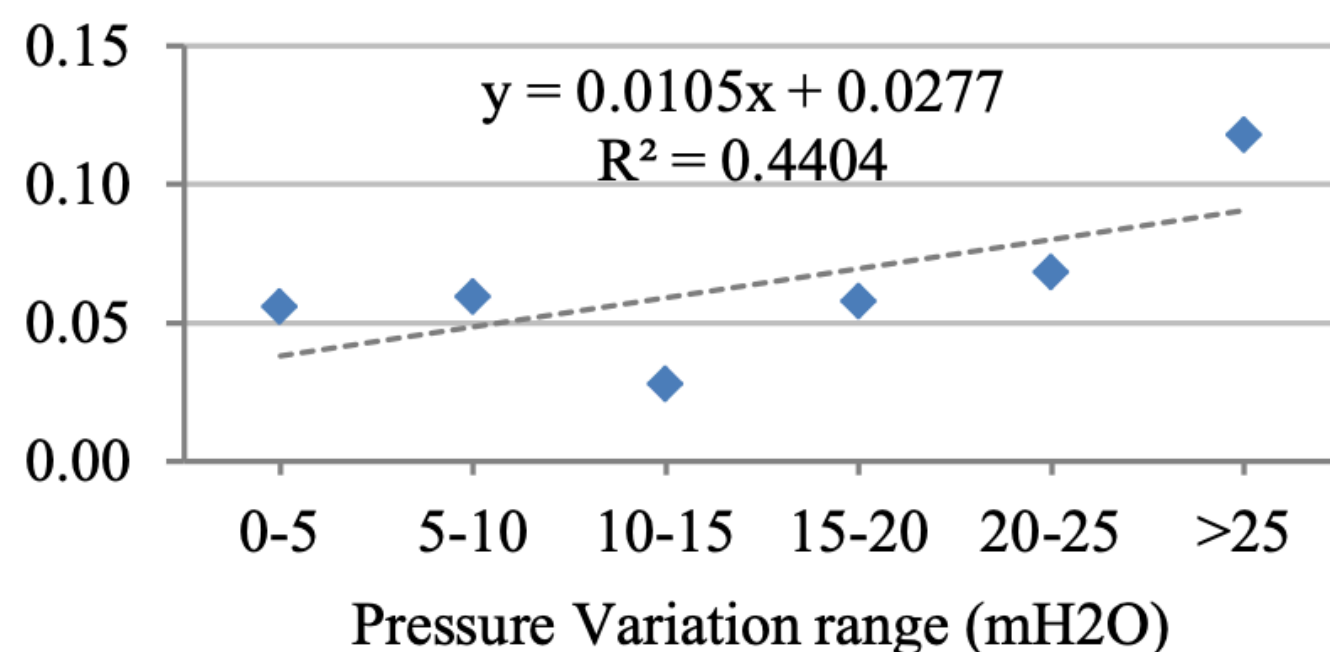
IN COLLABORAZIONE CON

Correlazione tra ROTTURE e PRESSIONE MASSIMA

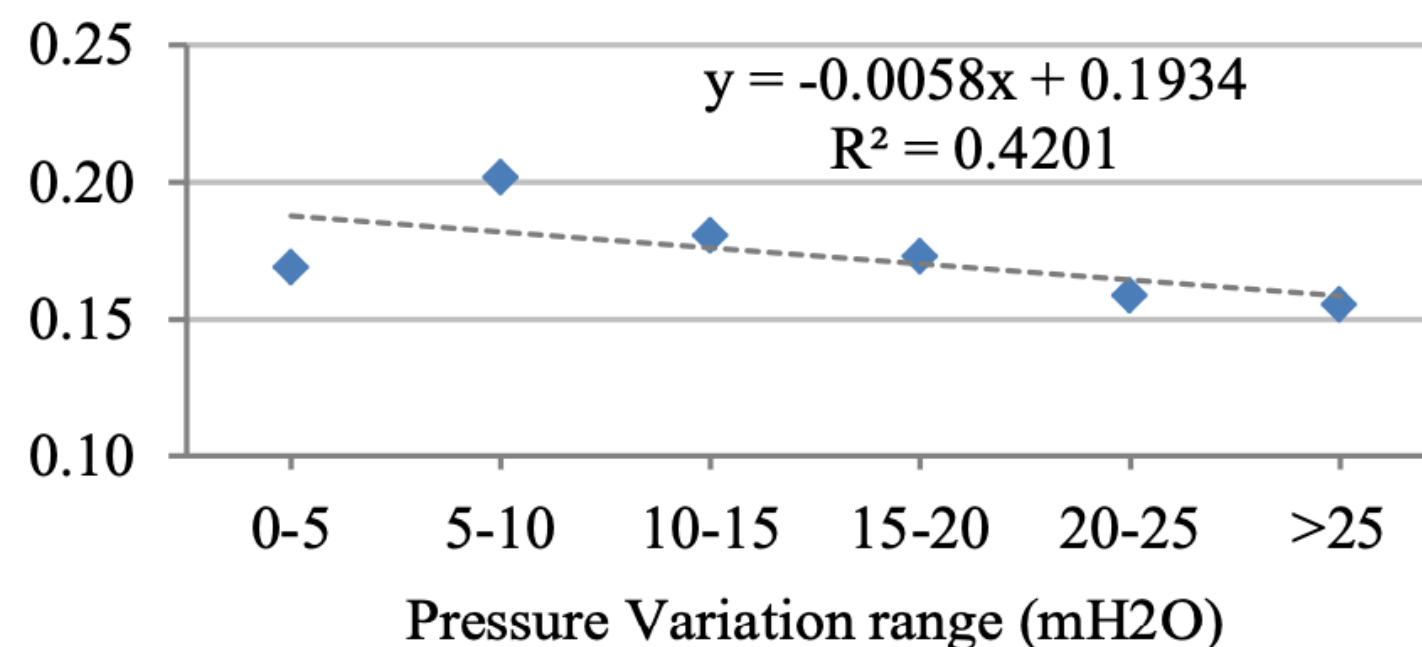


courtesy of KOBUS VAN ZYL
(University of Auckland)

Correlazione tra ROTTURE e VARIAZIONI di PRESSIONE



(a)



(b)

Failure rate vs. pressure variation range for longitudinal (a) and circumferential (b) bursts

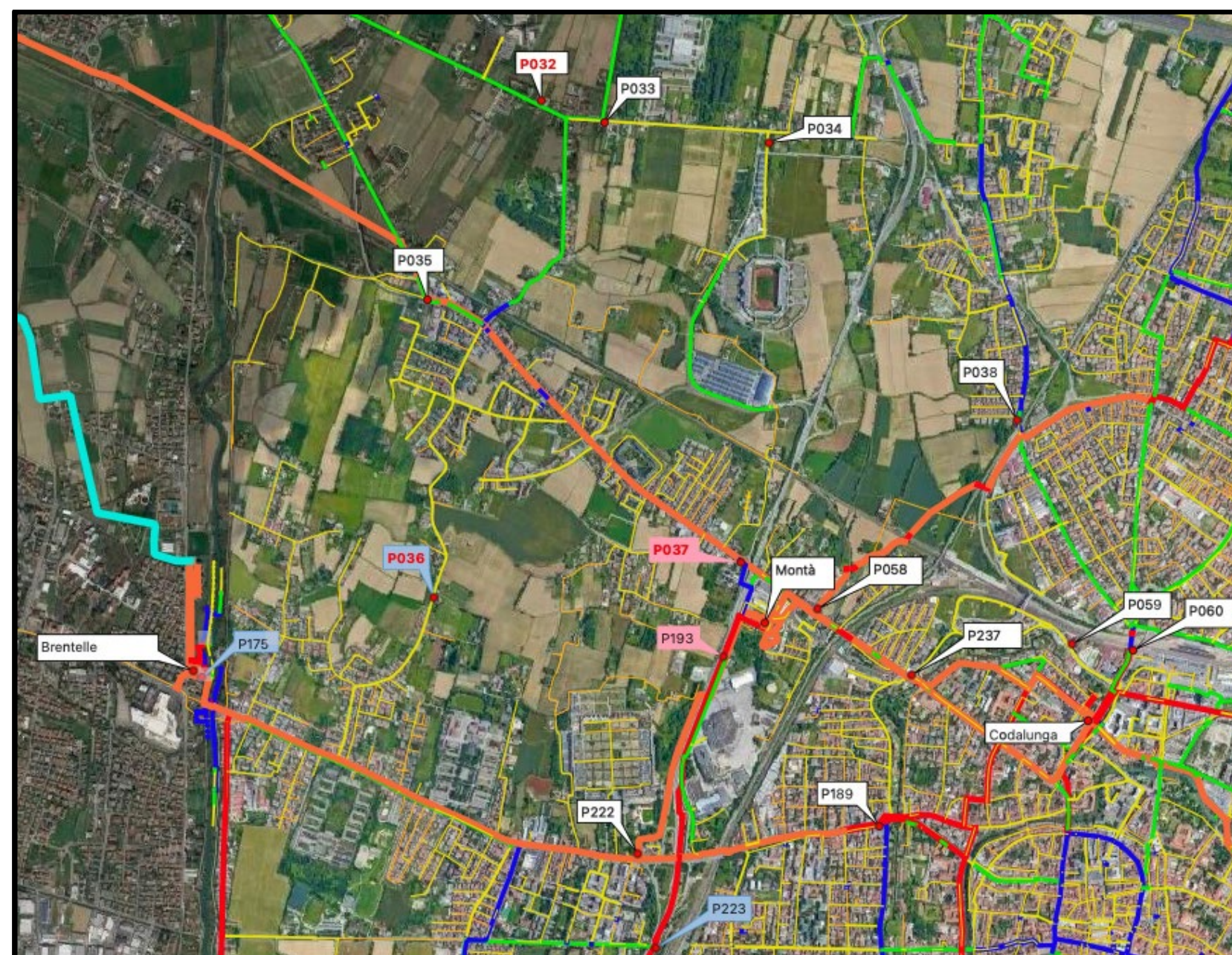
da Rezaei, H., Ryan, B., & Stoianov, I. (2015). Pipe failure analysis and impact of dynamic hydraulic conditions in water supply networks. *Procedia Engineering*, **119**, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.883>

Through the keyhole:
The King's Scholars'

SOMMARIO

1. Danni causati da rotture nelle reti acquedottistiche
2. Fenomenologia puntuale delle perdite
3. Modelli di Sistema
4. Alcune cause di rotture (e quindi di perdite)
- 5. Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda e al comportamento di dispositivi automatici)**
6. Conclusioni

Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti alla variabilità della domanda)



**Co-Is: Andrea Rubin,
Lorenzo Tirello**

ORGANIZZATO DA



Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON



Procedura per localizzare variazioni di pressione “pericolose”


AGU
ADVANCING
EARTH AND
SPACE SCIENCES

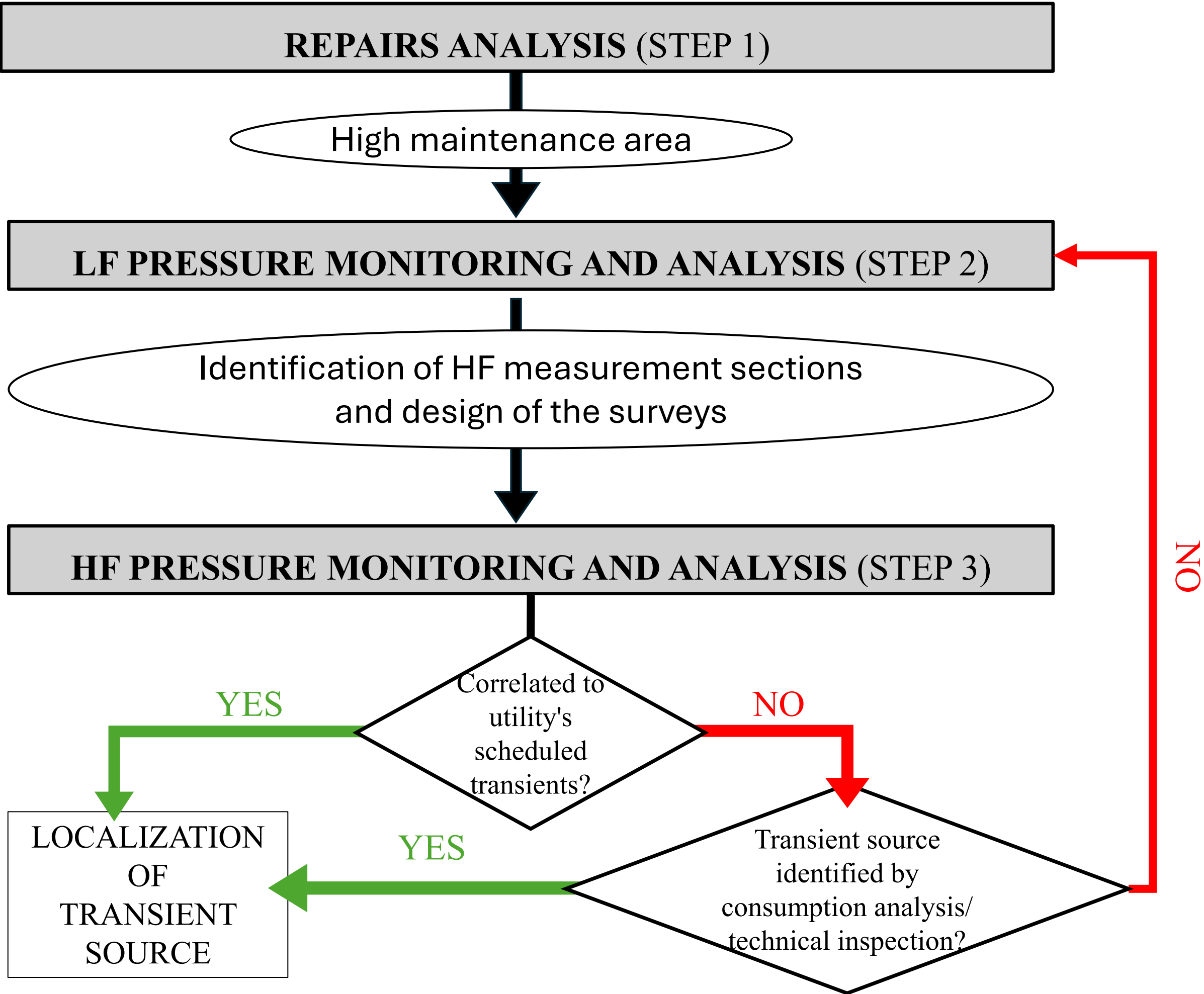
Water Resources
Research®

January 2024 • Volume 60 • Issue 1

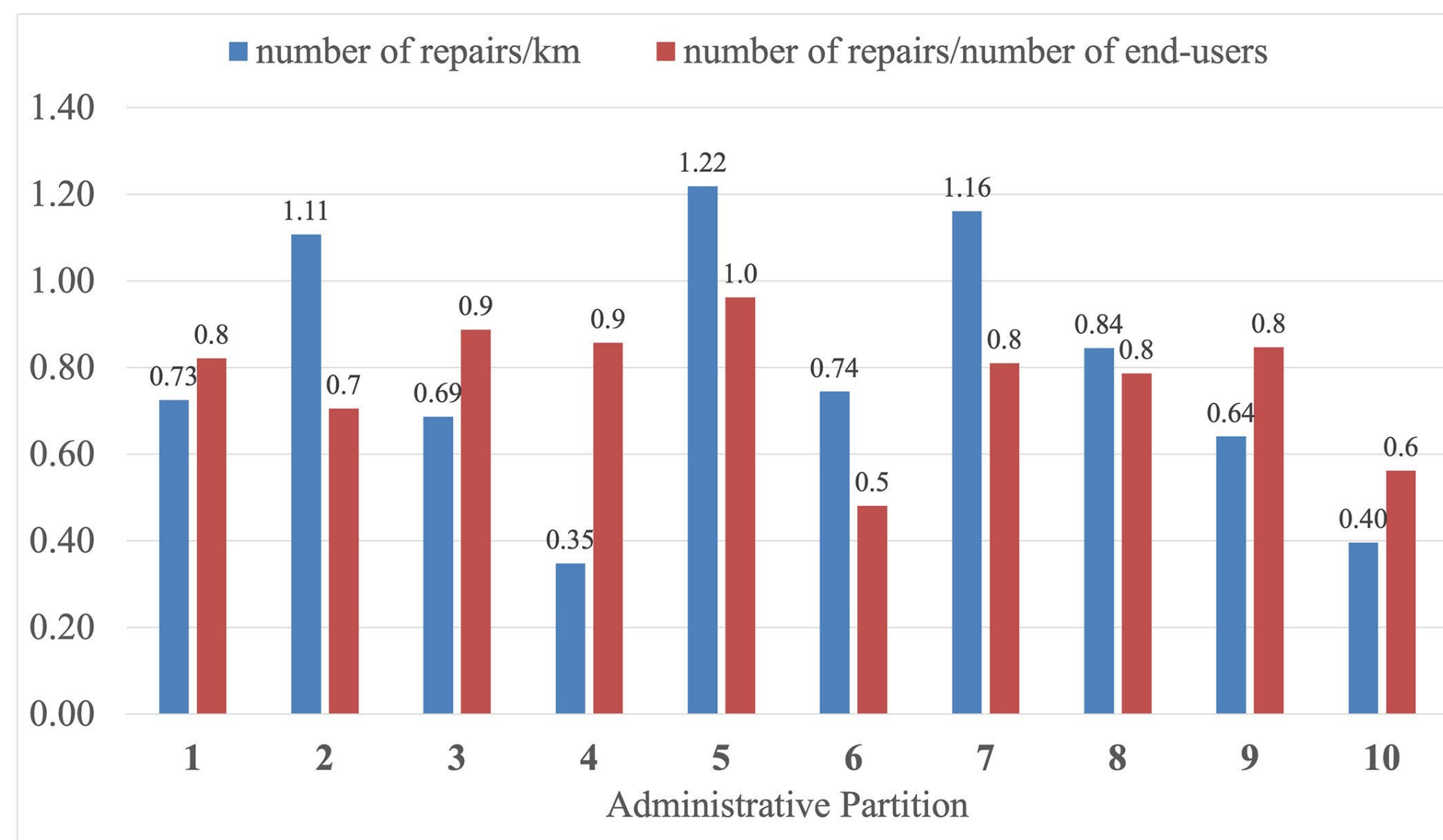


Meniconi et al., 2024





REPAIRS ANALYSIS (STEP 1)



AcegasApsAmga

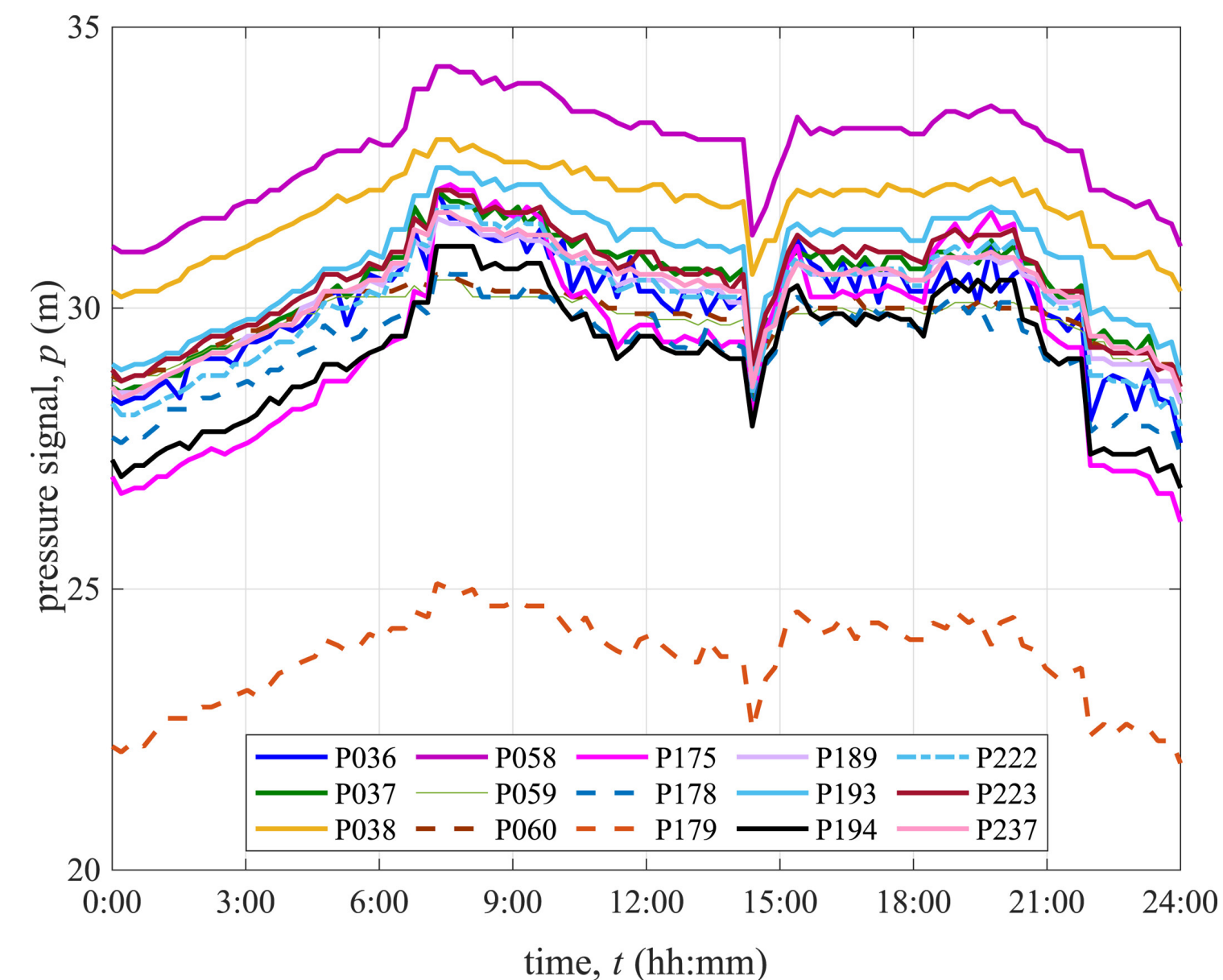
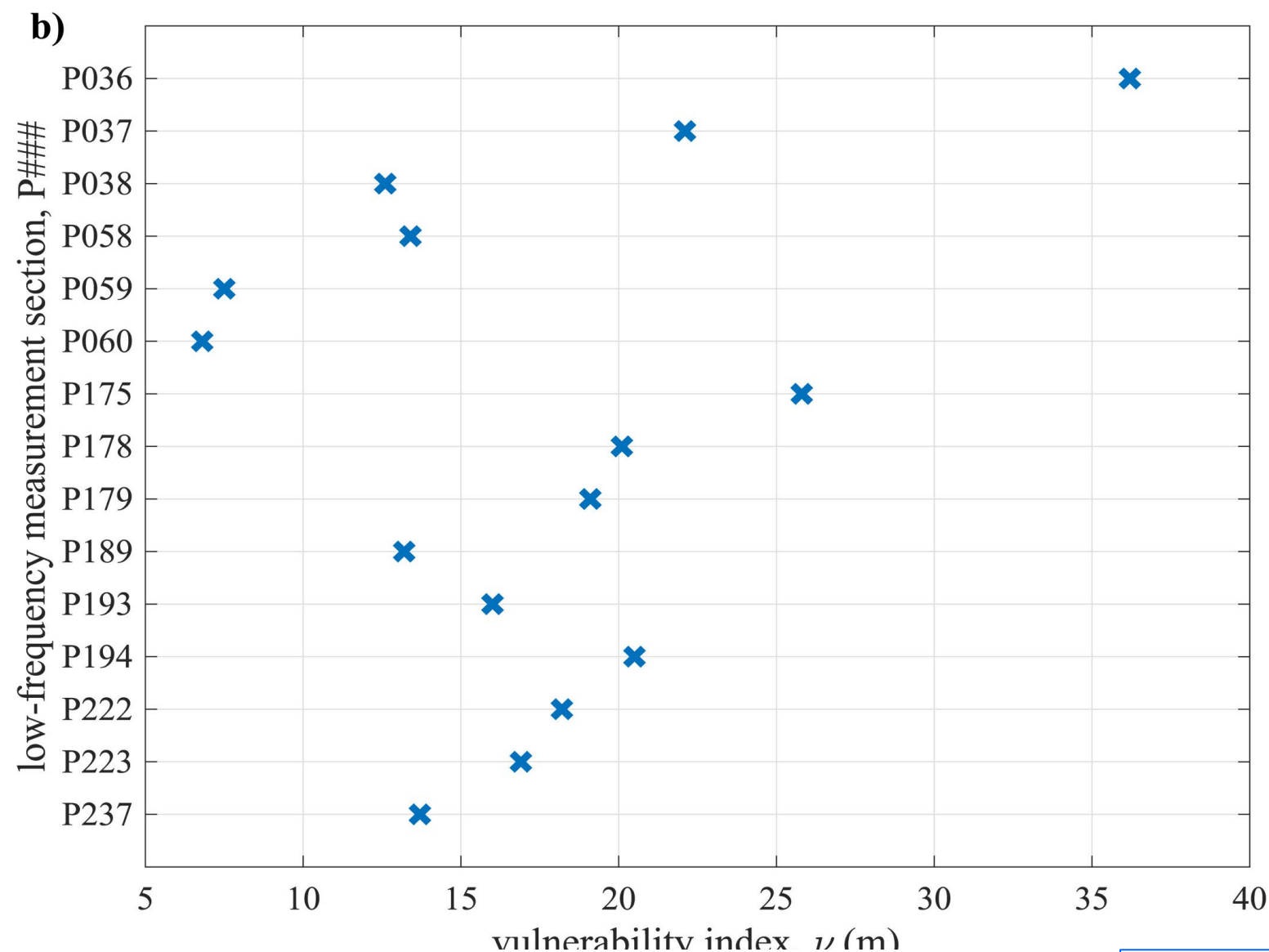
**GRUPPO
HERA**

**Co-Is: Andrea Rubin,
Lorenzo Tirello**

ORGANIZZATO DA

IN COLLABORAZIONE CON

LF PRESSURE MONITORING AND ANALYSIS (STEP 2)



**INDICE di
VULNERABILITÀ**

$$V = \sum_i f_i \Delta p_i$$

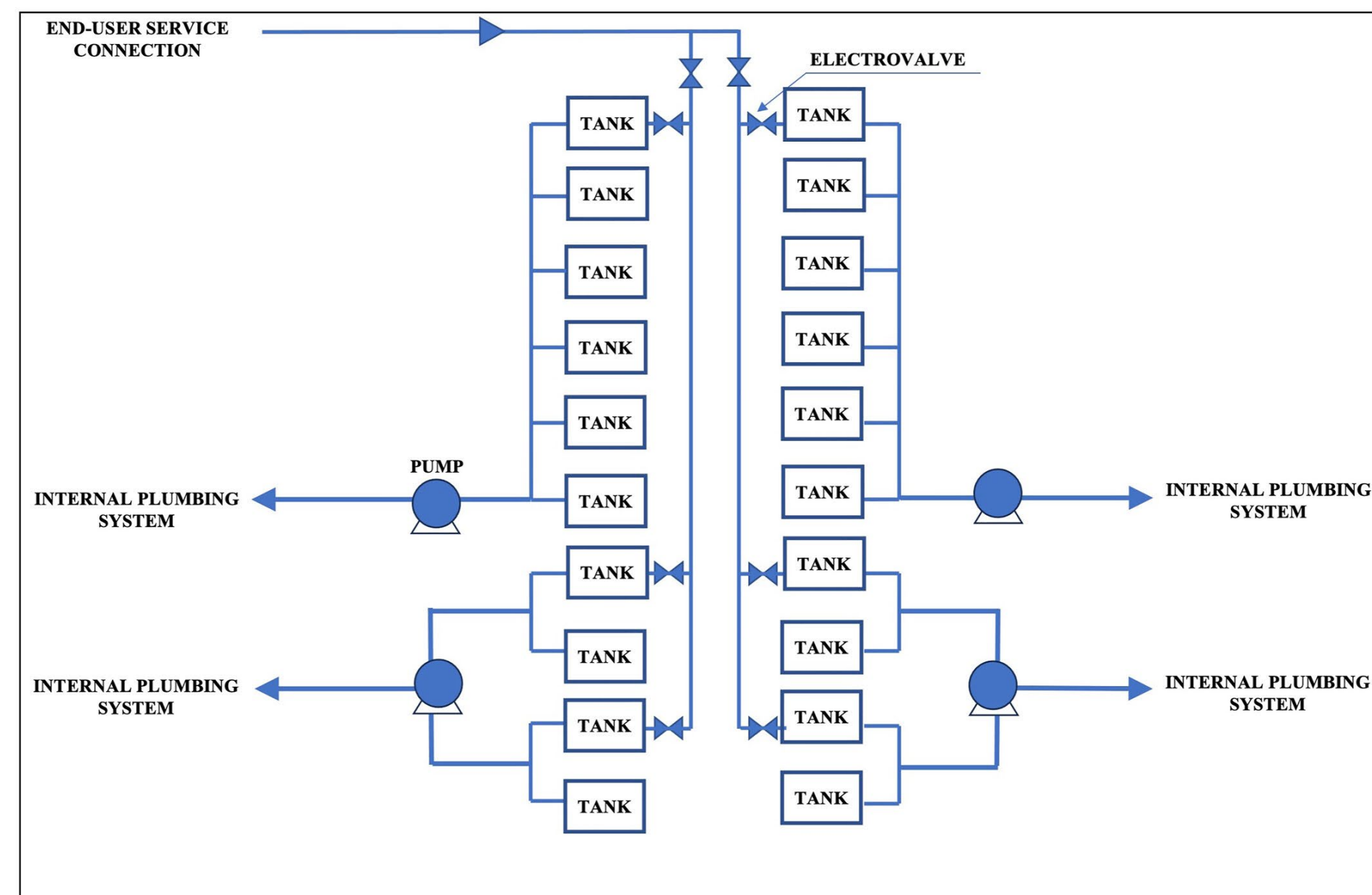
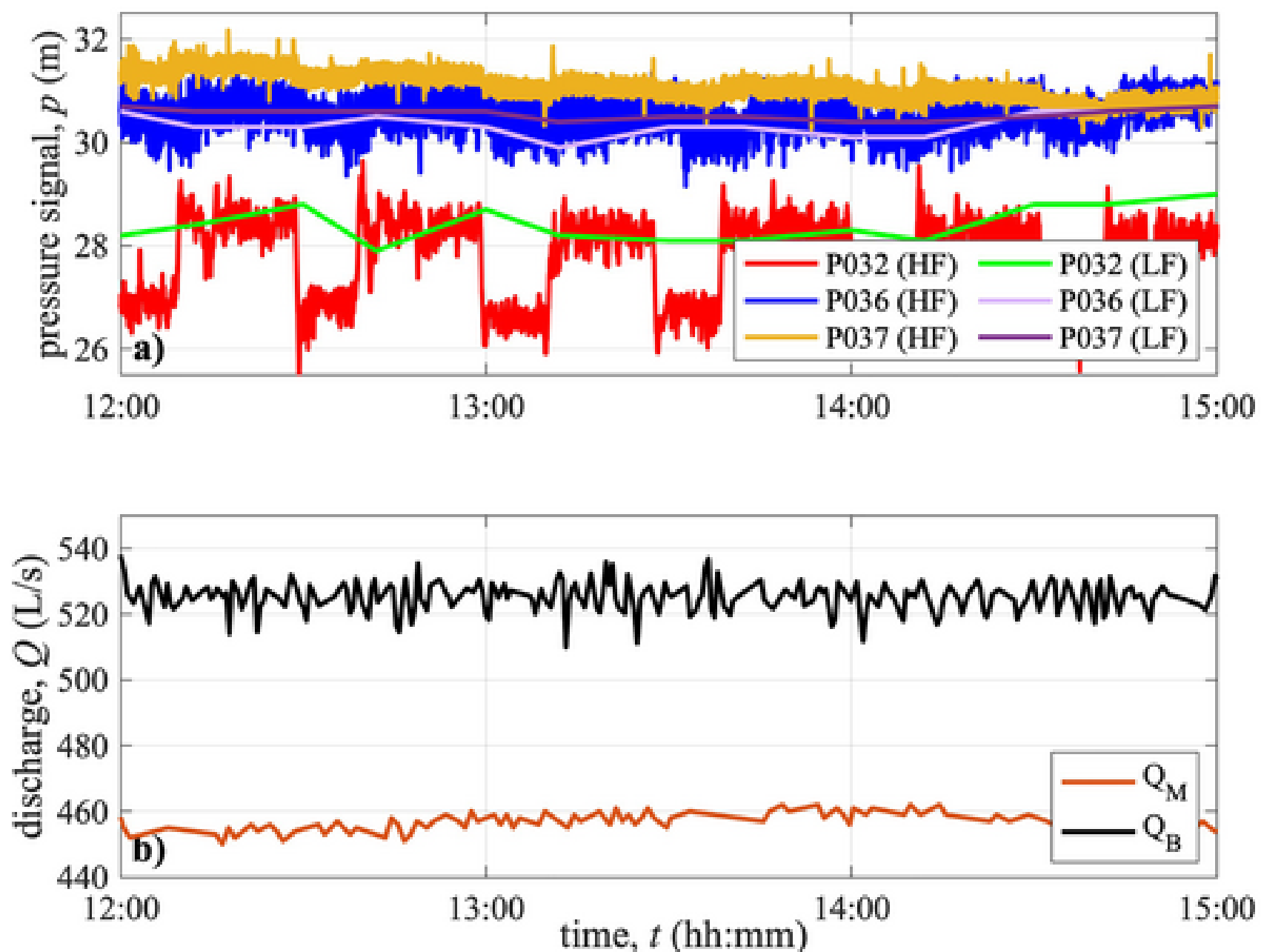
**VARIAZIONI di
PRESSIONE**

**FREQUENZA di
ACCADIMENTO**

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON

HF PRESSURE MONITORING AND ANALYSIS (STEP 3)

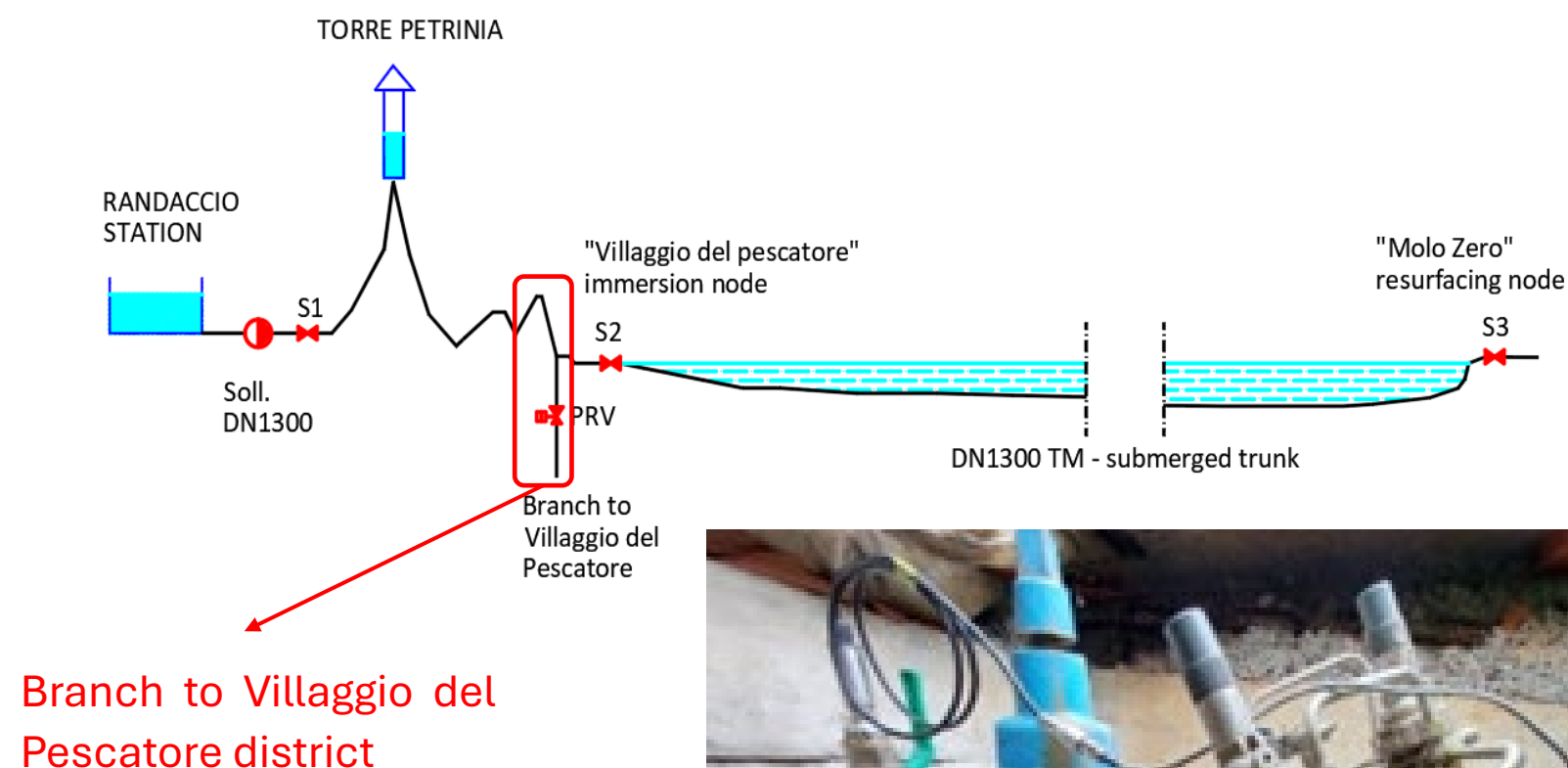


AcegasApsAmga Co-Is: **Andrea Rubin, Lorenzo Tirello**

ORGANIZZATO DA

IN COLLABORAZIONE CON

Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti al comportamento di dispositivi automatici)



AcegasApsAmga

**GRUPPO
HERA**

**Co-Is: Luciano Veritti,
Andrea Rubin,
Lorenzo Tirello**

ORGANIZZATO DA

BFW
BOLOGNA FIERE WATER & ENERGY

Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON

**Bologna
Fiere**

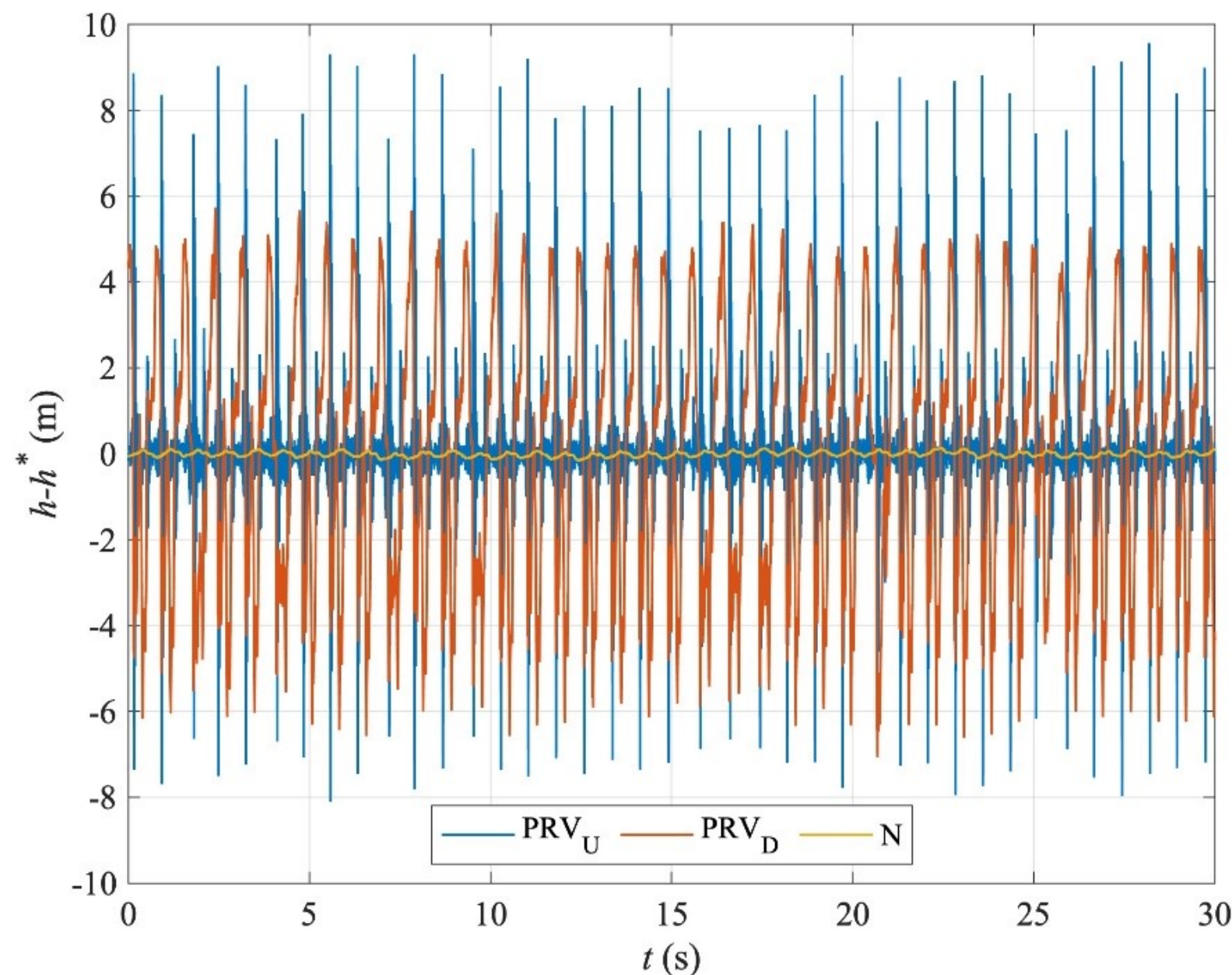
Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti al comportamento di dispositivi automatici)



ORGANIZZATO DA

IN COLLABORAZIONE CON

Effetto della dinamica delle pressioni (fenomeni di moto vario dovuti al comportamento di dispositivi automatici)

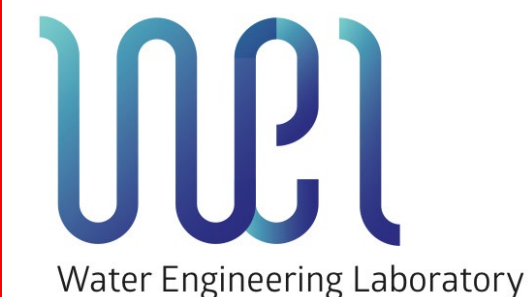


- Oscillazioni mediamente di 8 metri intorno al valore medio a monte della PRV
- Mediamente 5 metri a valle della PRV
- Elevata frequenza di accadimento del fenomeno

CONCLUSIONI

1. Conoscere la **pressione** è fondamentale per determinare la portata persa.
2. È essenziale **analizzare le riparazioni** effettuate per identificare le aree più vulnerabili della rete e implementare strategie di prevenzione efficaci.
3. **Monitoraggio della pressione a bassa frequenza:**
Cruciale per simulare correttamente il comportamento della rete e individuare le problematiche che possono causare rotture. Queste possono essere:
 - Endogene: legate a criticità interne, come asset deteriorati o una gestione inadeguata.
 - Esogene: causate da fattori esterni, come utenze critiche o eventi straordinari.
4. **Monitoraggio della pressione a alta frequenza:**
Indispensabile in sezioni specifiche della rete per localizzare con precisione le cause delle rotture e pianificare interventi mirati.

Vi ringrazio per l'attenzione!



ORGANIZZATO DA



IN COLLABORAZIONE CON



Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024