

**L'auditoria hídrica avançada,  
com conèixer el cabal de fuites abatibles i el nivell de frau  
d'una xarxa d'aigua potable**

**Josep M. Campanera Alsina**  
**Aigualenc, [info@aigualenc.cat](mailto:info@aigualenc.cat) , [www.aigualenc.cat](http://www.aigualenc.cat)**

**Vic, 18 de març de 2025**



Vic, 18 i 19 de Març de 2025

Aigua: Convivència i supervivència

## Per què reduir la demanda en alta? O fer el mateix amb menys

- 1 Reduir els costos i recuperar ingressos**
- 2 Redimensionar, posposar o eliminar la necessitat de noves inversions.**
- 3 Nou recurs o eliminació de noves captacions o reducció de dotacions. Resiliència davant la sequera.**
- 4 Exemplificar els usuaris sobre el valor de l'aigua.**

# Auditories hídriques: balanços, indicadors i diagnòstic

*Balanços  
hídrics*



*Indicadors  
d'acompliment*



*Auditoria  
hídrica*

*Diagnòstic*

*Marc geogràfic i  
temporal*

*Referenciació  
interna i externa*

*Diagnòstic precís  
Reptes i  
oportunitats*



*Com anar al metge: Si sabem  
quins problemes tenim  
(diagnòstic), sabem quins remeis  
administrar (mesures).*



## Per què ara sí?

garantia de  
quantitat,  
qualitat i  
nivell de  
servei:

**Directiva (UE) 60/2000**  
**Marc de l'aigua:** "L'aigua  
no és un bé comercial com  
els altres, sinó un patrimoni  
que cal protegir, defensar i  
tractar com a tal"

sostenibilitat i  
eficiència  
(Nous  
recursos)

### **Reial Decret 3/2023**

Avaluació de les fuites a la xarxa de  
distribució **31.3.25:**

- 100 m<sup>3</sup>/d (pic), 500 persones, 4 anys
- 10.000 m<sup>3</sup>/d (pic), 50.000 persones, 2 anys

### **Directiva (UE) 2184/2020**

Càlcul de l'ILI i reducció de  
pèrdues per sistemes de > 50.000  
persones o 10.000 m<sup>3</sup>/dia

**Objectius de desenvolupament  
sostenible de UN (ODS6):** "Garantitzar la  
disponibilitat i una gestió sostenible de  
l'aigua i de les condicions de sanejament"

### **Decret Legislatiu 3/2003**

"Realitzar auditories sobre  
l'eficiència hidràulica del servei de  
subministrament" Cada 2 anys. Més  
de 5.000 abonats. Manual  
d'auditories ACA

Mesurat    Estimat    **Indirecta**

		Aigua exportada				
Aigua pròpia	Volum d'Entrada al Sistema	Aigua Subministrada	Consum autoritzat	Consum autoritzat facturat	Consum facturat i mesurat	Aigua Facturada
					Consum facturat i no mesurat	
Pèrdues d'aigua			Consum autoritzat no facturat	Consum no facturat i mesurat	Aigua no Facturada	
				Consum no facturat i no mesurat		
Aigua importada			Pèrdues aparents	Frau		
				Subcomptatge		
				Errors tractament dades		
				Pèrdues reals	Dipòsits, distribució 1a, distribució 2a.	

Mesurat    Estimat    **Indirecta**

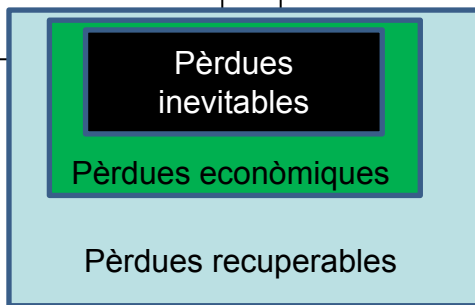
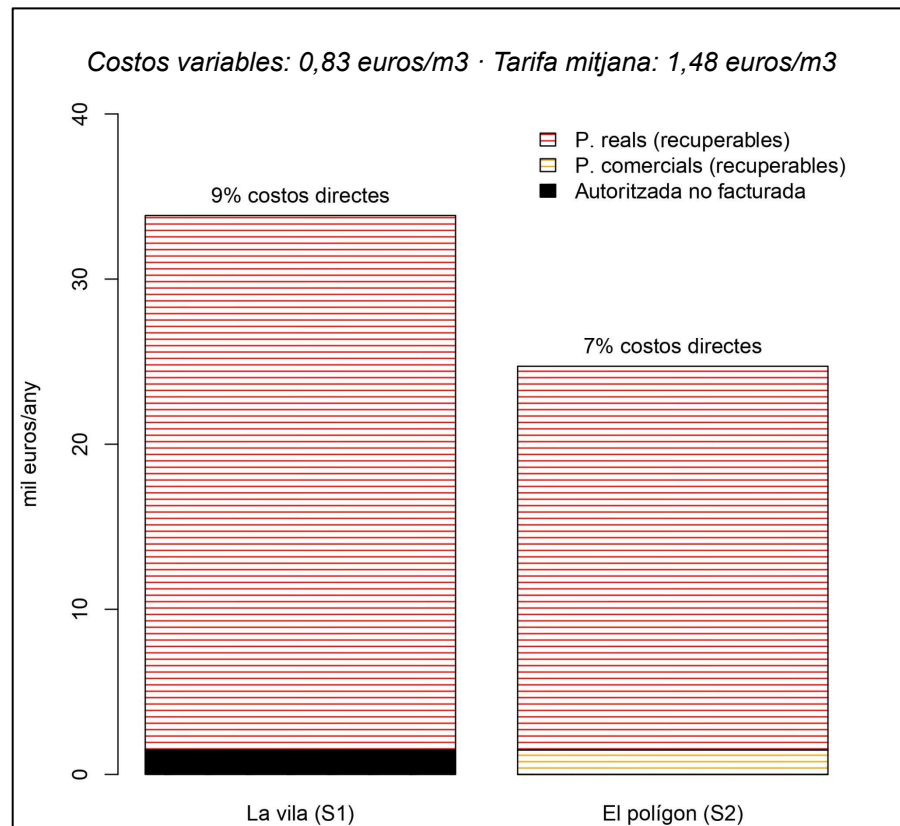
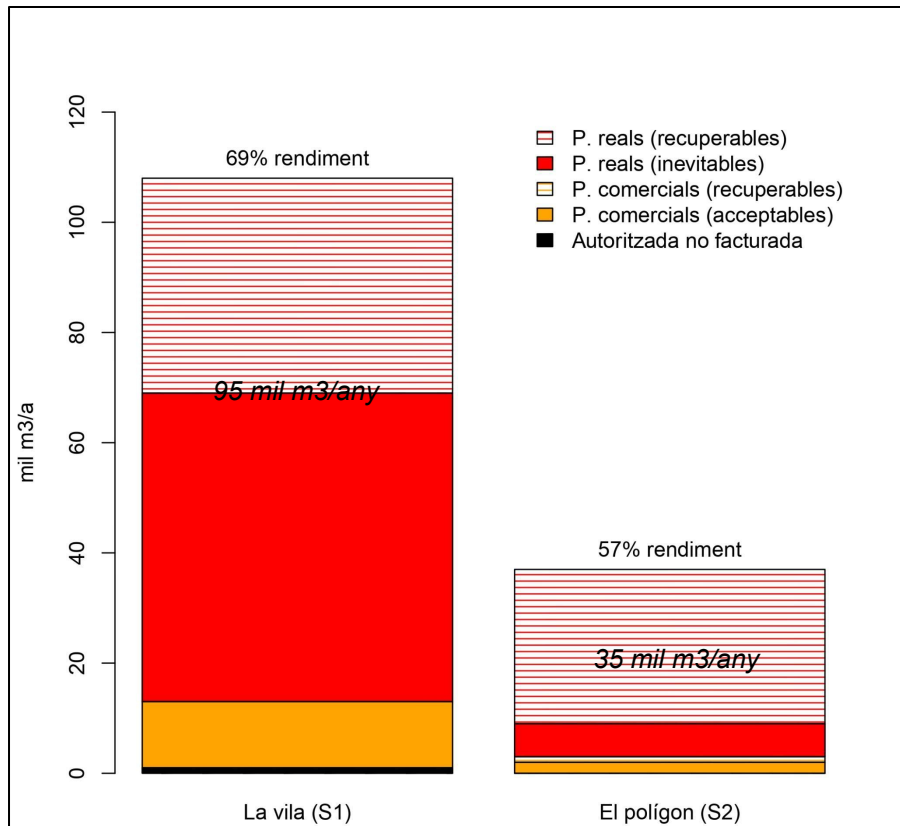
		Aigua exportada				
Aigua pròpia	Volum d'Entrada al Sistema	Aigua Subministrada	Consum autoritzat	Consum autoritzat facturat	Consum facturat i mesurat	Aigua Facturada
					Consum facturat i no mesurat	
Consum autoritzat no facturat			Consum no facturat i mesurat	Aigua no Facturada		
			Consum no facturat i no mesurat			
Pèrdues d'aigua		Pèrdues aparents	<b>Frau</b>	Aigua no Facturada		
			Subcomptatge			
	Errors tractament dades					
Aigua importada			Pèrdues reals	Dipòsits, distribució 1a, distribució 2a.		

<b>Aigua subministrada</b>	<b>Dotació</b> <b>&lt;250 l/h/d</b>	<b>Consum autoritzat facturat</b>	<b>Consum domèstic per càpita</b> <b>&lt;119 l/h/d</b>		
		<b>Consum autoritzat i no facturat</b>	<b>&lt; 0,5 % facturat</b>	<b>Aigua no Facturada</b>	<b>&lt; 50 - 85 L/escomesa/dia</b>
		<b>Pèrdues aparents</b>	<b>&lt; 2,5 % total</b> <b>&lt; 2 % Subcomptatge</b> <b>&lt; 0,2 % Fraud</b> <b>m3/any</b>		
		<b>Pèrdues reals</b>	<b>&lt; 25-60 L/escomesa/dia</b> <b>&lt; 2,4 m3/km/dia</b> <b>ILI &lt; 1</b> <b>m3/any</b>		

# Exemple 1. Volums i valor econòmic

**Volum Aigua no Facturada:** 145 mil m<sup>3</sup>/a 88% fuites i 46% recuperables

**Valor econòmic:** 59 mil euros/any  
16% dels costos directes

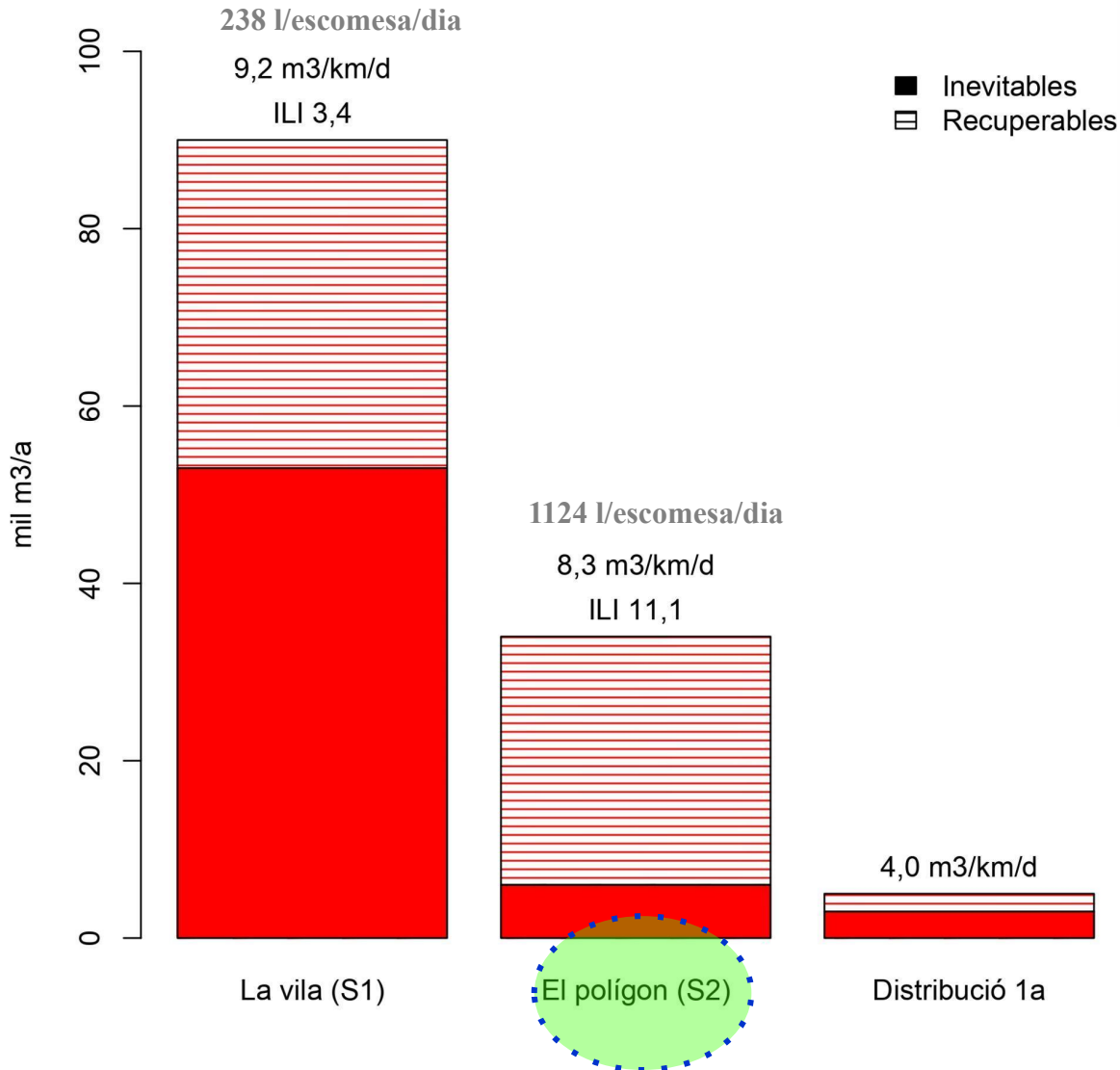




# Exemple 2. Volums i fiabilitat

# 3-V

## Volum Fuites: 135 mil m3/any

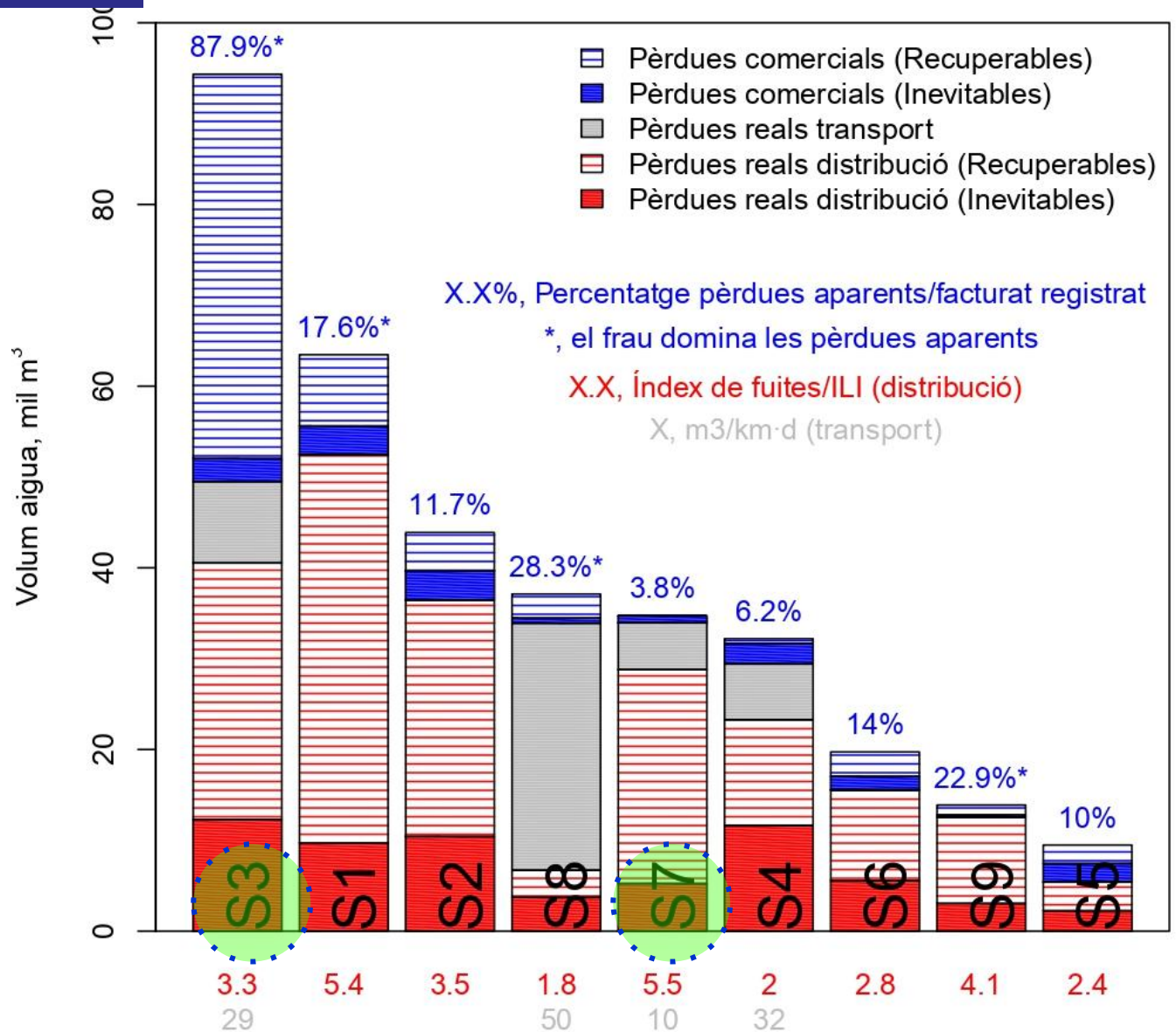


La incertesa d'aquesta estimació és  $\pm 4$  m3/km/d.

Podria no haver pèrdues a la canonada de distribució 1a!

# Exemple 3. Priorització d'intervenció

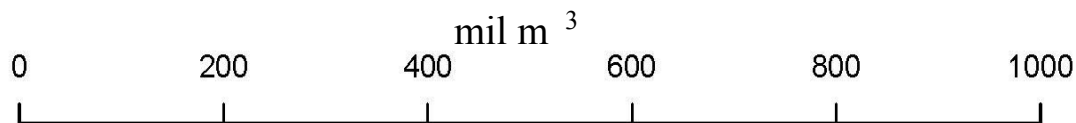
## Volums de pèrdues totals d'aigua (tipologia i sectors), 2021



# Exemple 4. Prognosis i escenaris

**Aigua facturada**

**Aigua no facturada**



Rend = 56%, ILI = 3.1

+ 115% població



70%, ILI = 2.5

+ 24% població, 3x industrial



56%, ILI = 3.4

+ 24% població, 3x industrial, -10% zones alta. consum.



70%, ILI = 2.4

+ 24% població, 3x industrial, -20% zones alt consum



75%, ILI = 2.0

## Índex de fuites estructurals

$$ILI = \frac{CARL}{UARL}$$

Pèrdues Reals Anuals Actuals

Pèrdues Reals Anuals Inevitables

ILI	Categoria IWA i Banc Mundial	Decisió
<2	A	La reducció de les pèrdues d'aigua pot ser poc econòmica tret que hi hagi escassetat d'aigua.
2-4	B	Existeixen possibilitats de millora addicional.
4-8	C	Només si els recursos són abundants i barats es toleraria la situació.
> 8	D	Indica un ús clarament ineficient dels recursos i indicatiu d'un manteniment deficient i de l'estat del sistema en general també deficient.

# Tipus de pèrdues reals (fuites)

Segons localització: a) Transport / dipòsits / distribució b) canonades / escomeses i segons el mètode d'abatiment:

## 1a

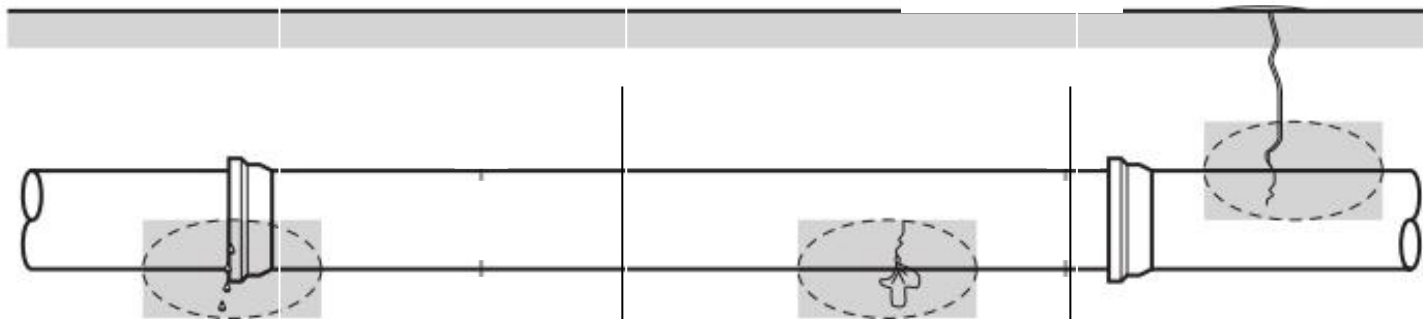
## 1b

## 2

Superfície

## 3

Esquema



Tipus

Fuites de fons

Fuites invisibles (abatibles)

Fuites visibles (reparables)

Inevitables (UBL)

Evitables (TBL)

Origen

Intrínseques a la xarxa. No detectables

Estat de la xarxa. No detectables

Detectables amb equipament tradicional

Detectables per la ciutadania i els operaris a cop d'ull

Remei

Cap

Renovació de canonades i escomeses

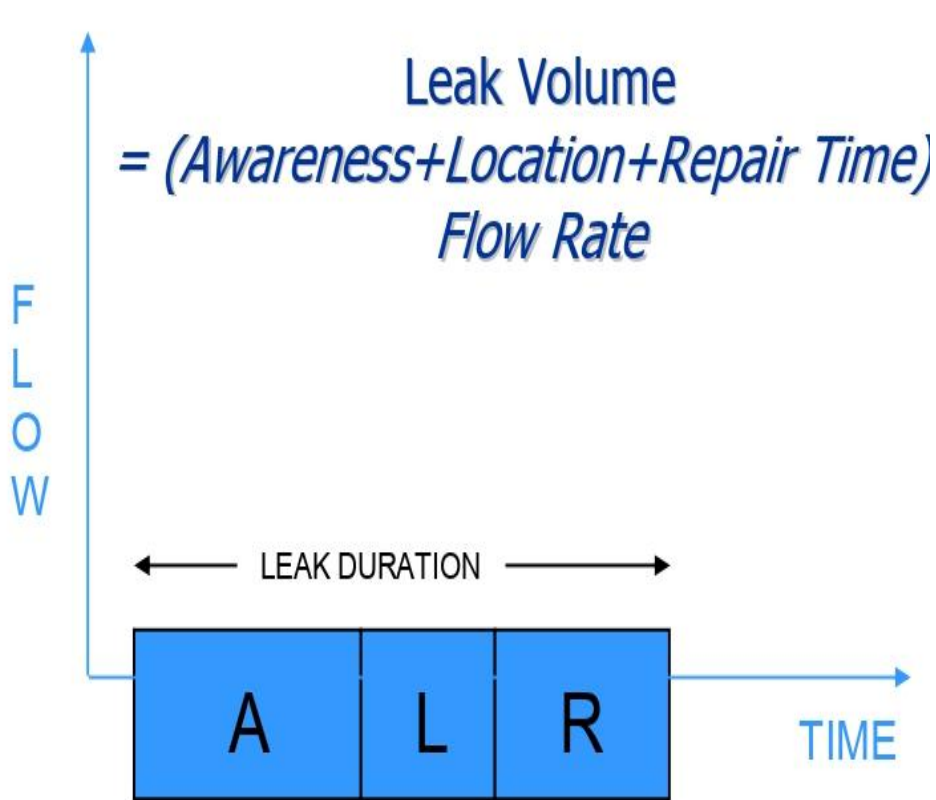
Cerca activa de fuites a canonades i escomeses

Servei eficient de reparació

Gestió de la pressió



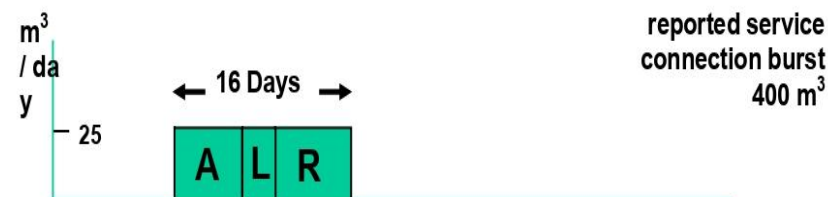
# Quantificació de les pèrdues reals: Detecció + localització + reparació



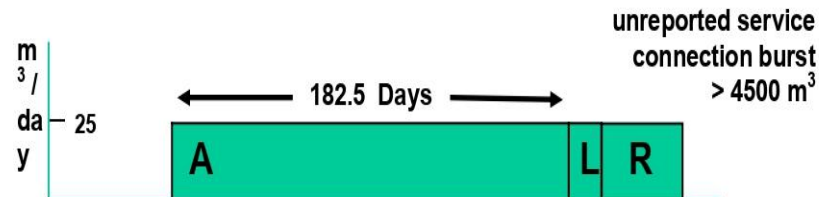
## Fuita visible a la canonada



## Fuita visible a l'escomesa

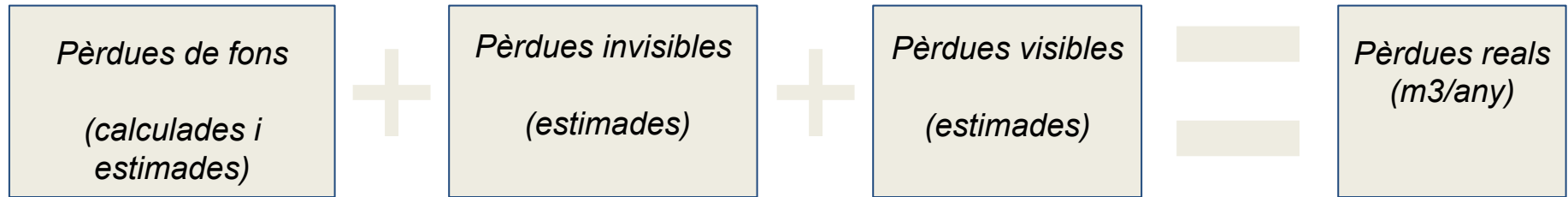


## Fuita invisible



Font: R. Pilcher, S. Hamilton, H. Chapman, D. Field, B. Ritovski, S. Stapely, *Leak Location & Repair. Guidance Notes*, IWA Water Loss Task Force, 2007.

# Quantificació de les pèrdues reals (1): Anàlisi de Components de les Pèrdues reals



**Inevitables:**  
Calculades segons les característiques de la xarxa i la pressió.

**Evitables:**  
Estimables segons Factor de la condició de la infraestructura (ICF) i Prova de pressió N1.

Dades de la detecció activa de fuites

Sumatori de tots els cabals de fuga i el temps de durada.

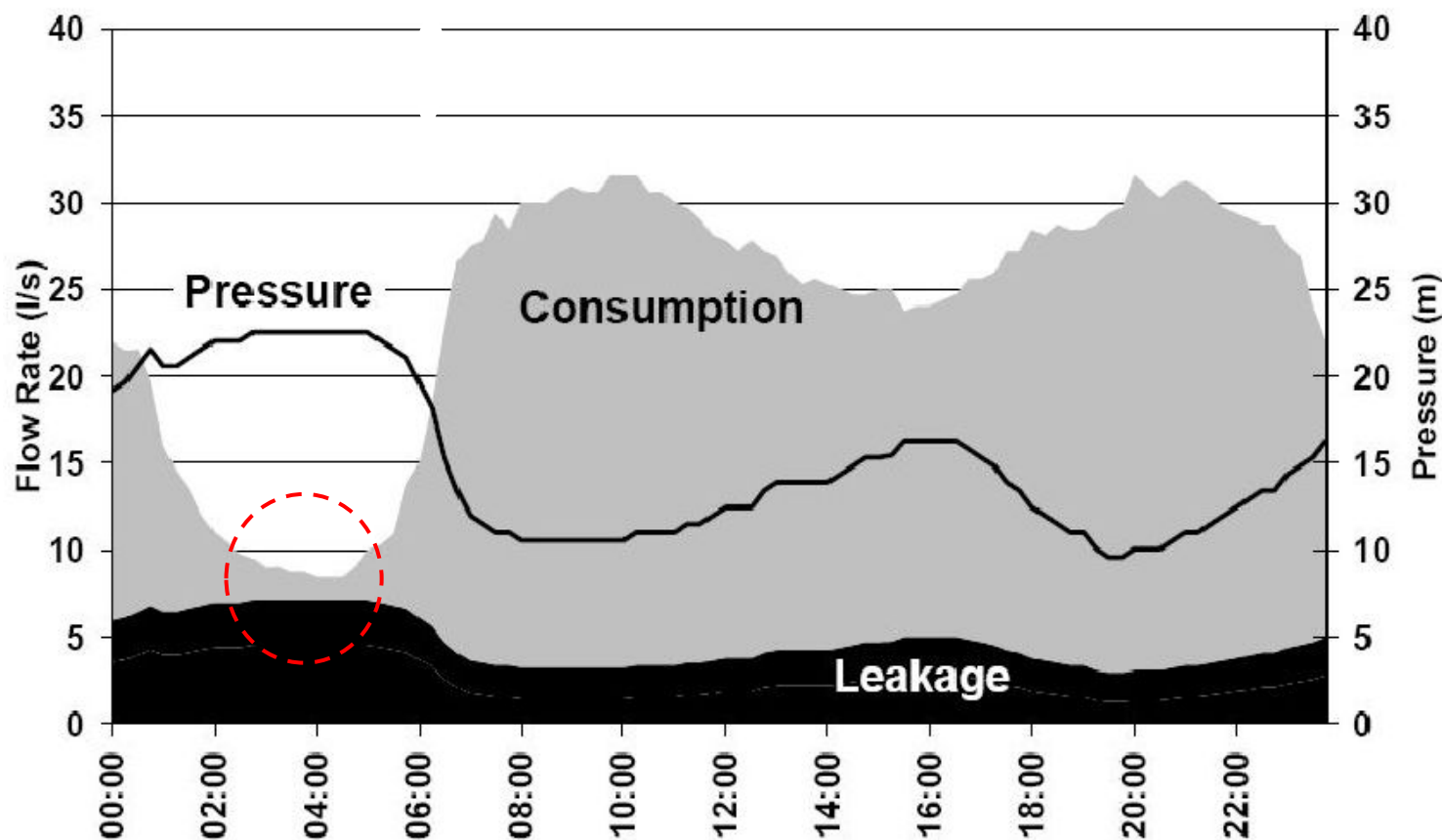
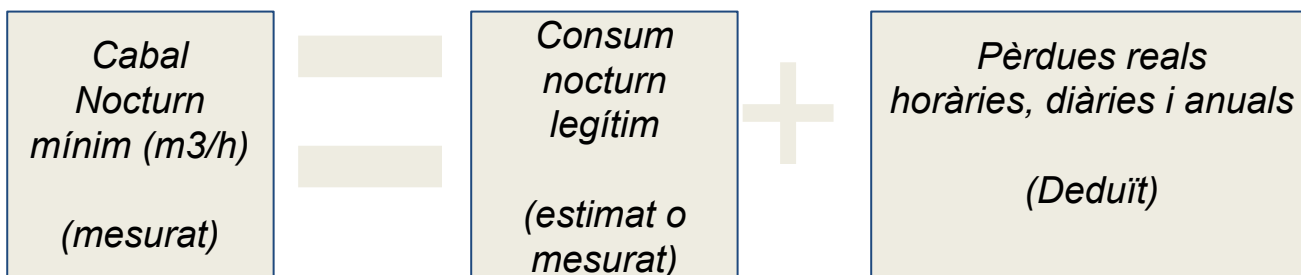
Freqüència econòmica de les campanyes

Dades de reparacions

Sumatori de tots els cabals de fuga i el temps de durada.

Normalització en la recollida de dades WRF)

# Quantificació de les pèrdues reals (2): Anàlisi dels Cabals Nocturns Mínims

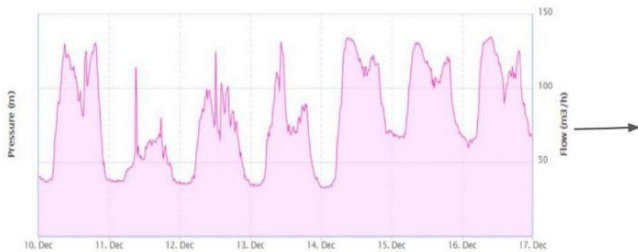




# Quantificació de les pèrdues reals: Anàlisi dels Cabals Nocturns Mínims

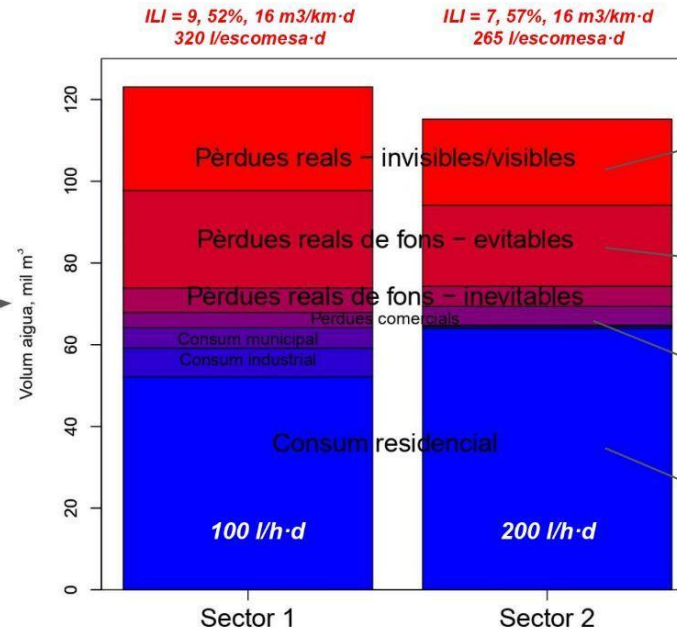
1

Mesurament del perfil del cabal subministrat en alta freqüència



2

Quantificació i caracterització de les pèrdues d'aigua



3

Determinació de diferent estratègies

*Cerca activa i periòdica de fuites. Canonades o escomeses? Prova pilot*

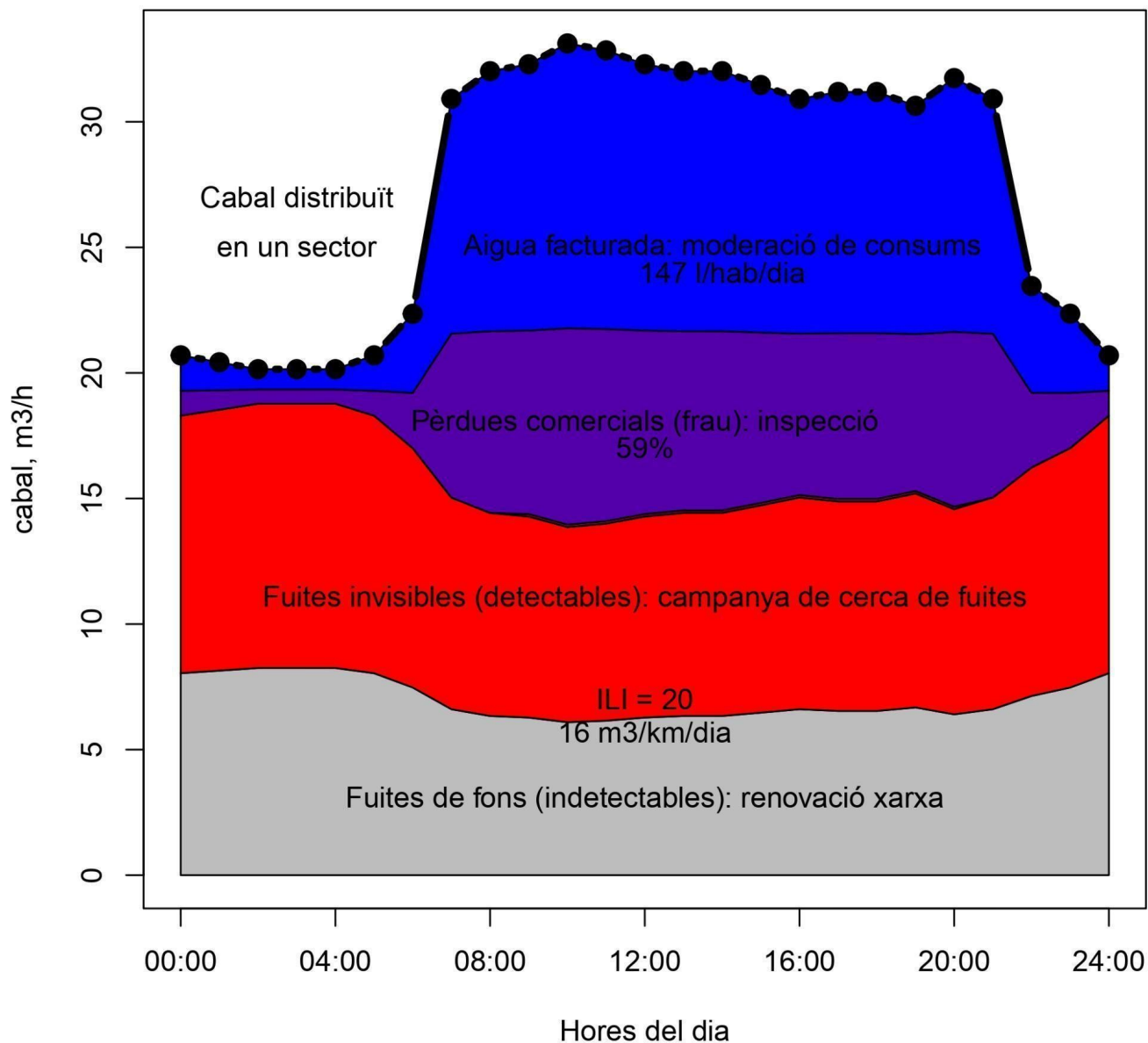
*Renovació parcial per edat, material o incidències. Canonades o escomeses? Prova pilot*

*El frau no és significatiu en aquest cas*

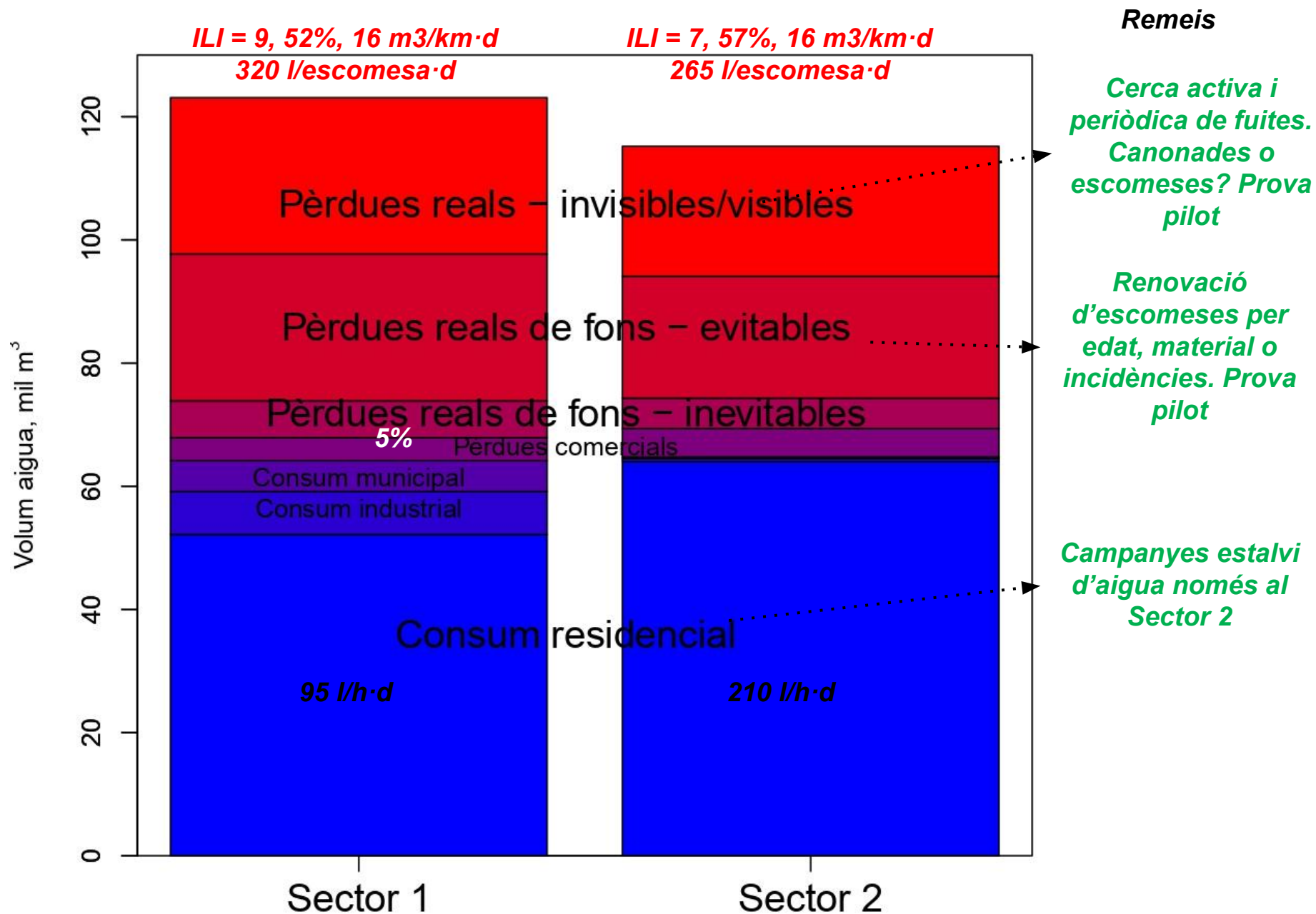
*Campanyes estalvi d'aigua només al Sector 2*

## Exemple 6. Diagnòstic precís

### Cas real: Diagnòstic per la reducció de l'aigua distribuïda



# Exemple 7. Accions segons diagnòstic



# Quantificació de les pèrdues aparents: Eines per la millora del diagnòstic

<b>Subcomptatge</b>	<b>Frau i no facturats</b>	<b>Aigua captada</b>	<b>Pèrdues reals</b>
<p><i>Estimació directa del volum de pèrdues</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Anàlisi del parc de comptadors</li><li>- Rampes d'exactitud dels comptadors dels clients.</li></ul>	<p><i>Estimació indirecta</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Anàlisi detallada de la facturació: perfils de clients, consums inactius, subconsums, etc...</li><li>-Patró de consum i Cadastre</li><li>- Inventari exhaustiu de punts de subministrament, autoritzats i no facturats, hidrants, etc.</li><li>- Campanyes de cerca de frau</li></ul>	<p><i>Verificació de l'exactitud dels cabalímetres de l'aigua captada i subministrada</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-<i>Verificació, testeig i calibratge</i></li><li>- Propagació d'errors</li><li>- Evolució de balanços</li><li>- Prova del buidatge del dipòsit</li></ul>	<p><i>Estimació directe</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cabalímetres horaris.</li><li>- Registradors de pressions per refinar els càlculs de la pressió mitjana</li><li>- Sectorització de cabals (DMAs) i pressions (PMAs)</li></ul>

# Recursos internacionales

## IWA (International Water Association)

Standard water Balances & Indicators

## WRF (Water Research Foundation)

Software, Level 1 Water Audit  
Validation Guidance Manual

## UK water industry · Ofwat

Historical reference, [ukwir.org](http://ukwir.org)



## AWWA, American Water Works Association

[awwa.org](http://awwa.org)

Manuals, main methodology, free software  
M36 Water Audits and Water Loss Control Programms  
M52 Water Conservation Plans

European Commission,  
["EU Reference document Good Practices on Leakage Management"](#)

South Africa Water Research Commission **Software & reviews**  
[wrc.org.za](http://wrc.org.za)

**El més important: les persones**  
**Gestió eficient = Equip de persones motivat**



**Moltes gràcies!**

**Comencem a conèixer els nostres sistemes de proveïment?**

**Josep M. Campanera Alsina**  
**Aigualenc · info@aigualenc.cat · [www.aigualenc.cat](http://www.aigualenc.cat)**

**Vic, 18 de març de 2025**