

# Tecnologies innovadores per la reutilització d'aigües grises

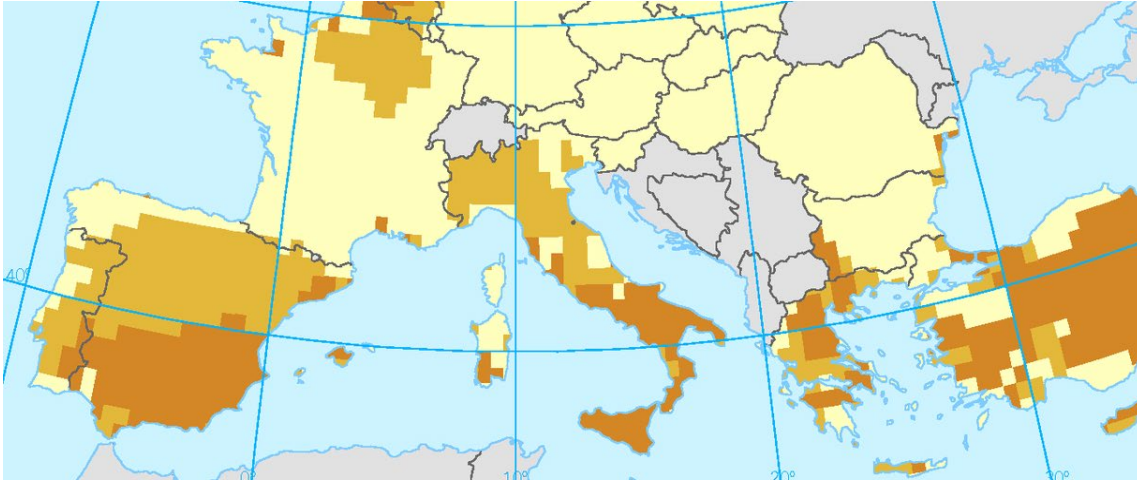
Gianluigi Buttiglieri, Joaquim Comas

Esther Mendoza, Josephine Vosse, Marta Turull, Lucas Alonso, Sara Rodriguez-Mozaz



# Antecedents

**Water exploitation index (%) by 2030**  
(European Environment Agency)



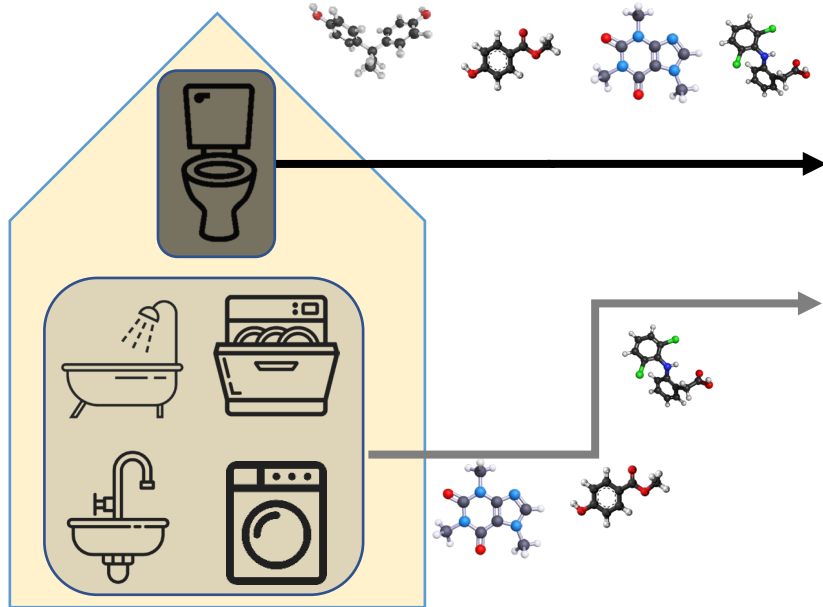
- Reglament (UE) 2020/741 relatiu als requisits mínims per a la reutilització de l'aigua
- Reial decret 1620/2007, pel qual s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades

## Sistemes descentralitzats de separació en origen i reutilització d'aigua?

La segregació de diferents corrents d'aigües residuals (per exemple, aigües negres, aigües grises) ofereix l'avantatge d'establir tractaments més específics per als diferents usos.

→ es pot aconseguir una pràctica de reutilització de l'aigua més eficient?

# Sistemes descentralitzats: aigües grises



L'aigua grisa (GW): procedent de dutxes, piques, cuines, rentadores (excloses les aigües negres):

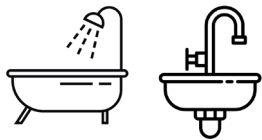
- fins al **75% del volum total** d'aigües residuals domèstiques
- només conté el **30% del càrrega orgànica total** i nivells més baixos de patògens
- varia entre les regions, entre els 15 i els 200 L per persona i dia  
 → un **volum significatiu** per a la reutilització in situ, especialment a les **zones amb escassetat d'aigua o difícil accés** als recursos d'aigua dolça  
 → segregar, tractar i reutilitzar GW representa una font d'aigua addicional i/o per a sistemes d'aigua urbans sostenibles

# Línies de treball

Explorar la viabilitat de l'ús de:

- solucions basades en la natura (NBS)
  - **inclòs per rec de cultius**
- tecnologies de membranes
- altres tecnologies (ozonització, UV H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, electroquímics)
- acoblament de tecnologies
- eines d'ajuda a la decisió

PER A TRACTAR I REUTILITZAR AIGÜES GRISES



**dutxes, piques**



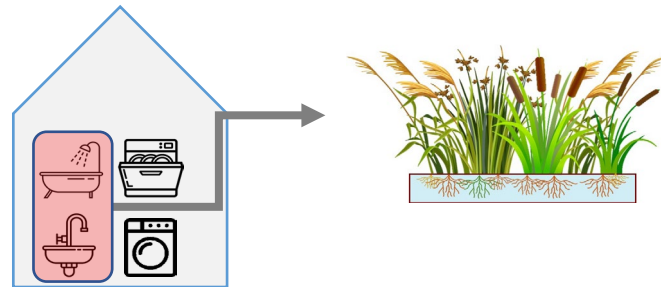
**cuina**



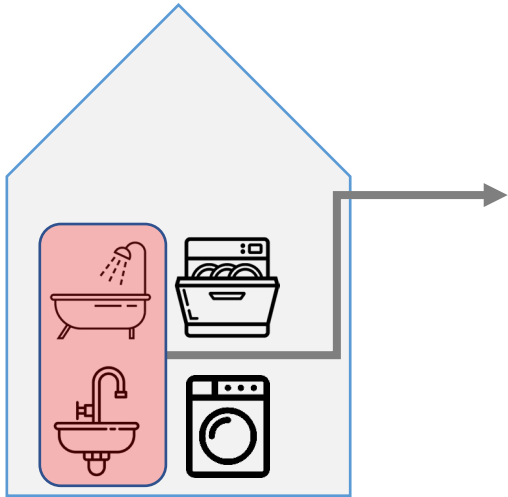
**bugaderia**



# Aigües grises – dutxa/pica NBS



# Aigües grises – dutxa/pica



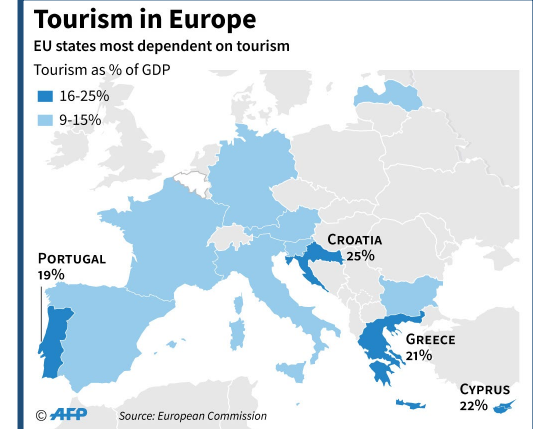
## Solucions basades en la natura (NBS)

- *Co-beneficis*
  - Ecosistema
  - Societat

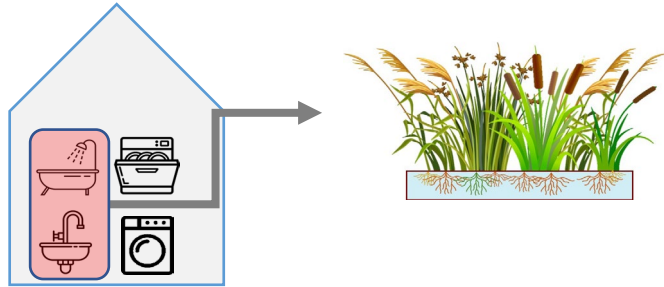


## Hotel Samba (Lloret de Mar):

- Ampli complex (441 habitacions)
- Certificat per EMAS i ISO1400
- Sistema de reutilització aigües grises pels lavabos

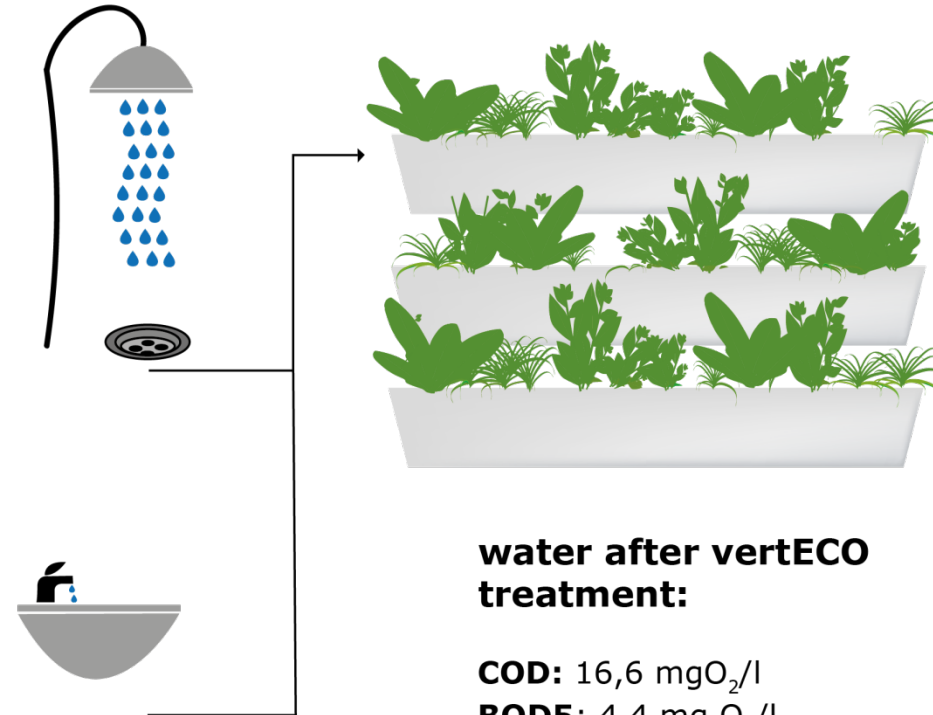


# Aigües grises – dutxa/pica



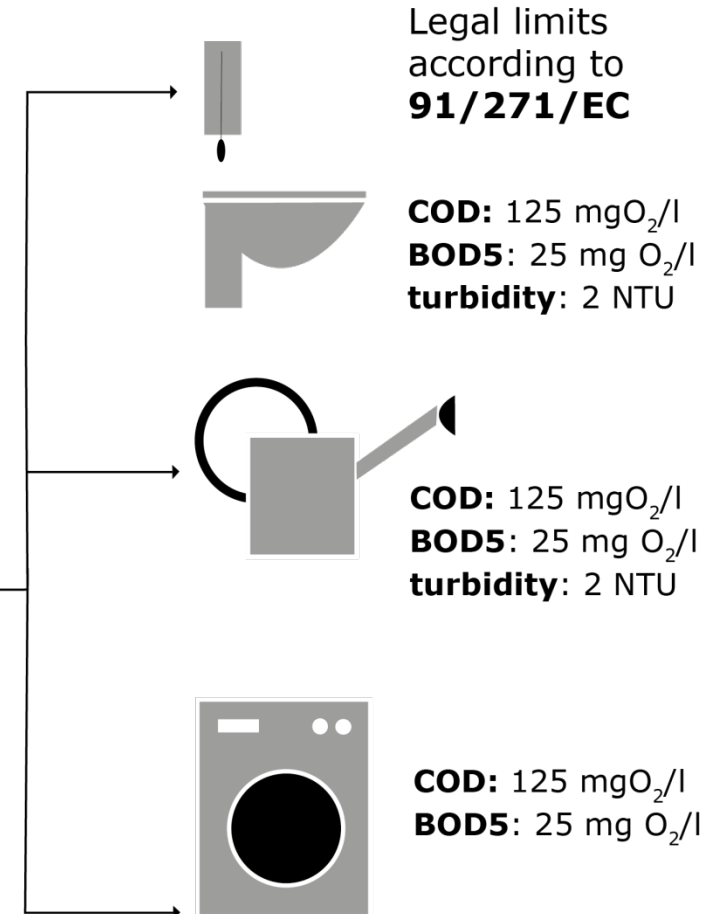
## greywater:

**COD:** 208,5 mgO<sub>2</sub>/l  
**BOD5:** 96,2 mg O<sub>2</sub>/l  
**turbidity:** 67,5 NTU



## water after vertECO treatment:

**COD:** 16,6 mgO<sub>2</sub>/l  
**BOD5:** 4,4 mg O<sub>2</sub>/l  
**turbidity:** 1,6 NTU



Legal limits according to **91/271/EC**

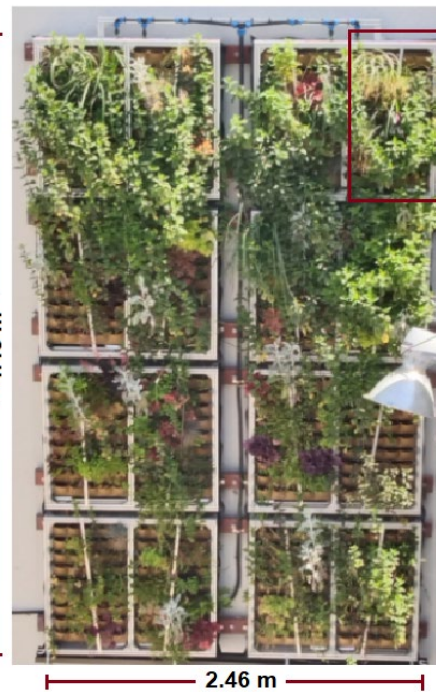
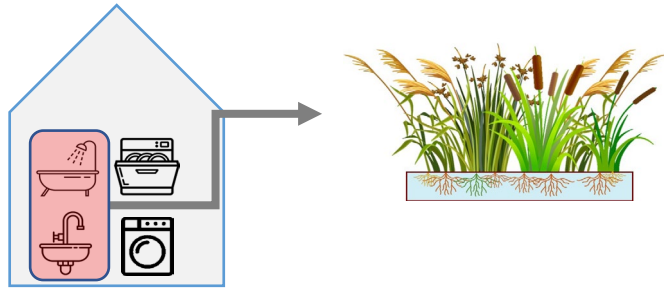
**COD:** 125 mgO<sub>2</sub>/l  
**BOD5:** 25 mg O<sub>2</sub>/l  
**turbidity:** 2 NTU

**COD:** 125 mgO<sub>2</sub>/l  
**BOD5:** 25 mg O<sub>2</sub>/l  
**turbidity:** 2 NTU

**COD:** 125 mgO<sub>2</sub>/l  
**BOD5:** 25 mg O<sub>2</sub>/l

# Aigües grises – dutxa/pica

# Sant Quirze del Vallès



Àrea = 11m<sup>2</sup>

Mòdul (x16)



Unitat modular (x9)  
Cel·la (x5)

L'objectiu principal és avaluar el funcionament d'un **sistema híbrid** de regeneració d'aigües grises que integra una **tecnologia “verda”** (paret verda) amb una **tecnologia “gris”** (ozonització):

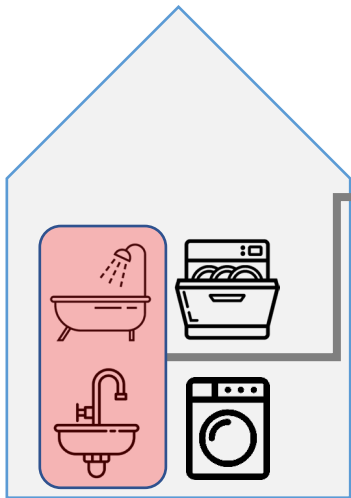
- Eficiències de depuració adequades
- Elevada capacitat de resiliència



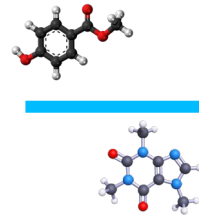
# Aigües grises – dutxa/pica NBS i cultius



# Aigües grises – dutxa/pica



Solucions basades en la natura (NBS)



Cultius regats amb aigua regenerada

## microcontaminants orgànics



- Medicaments
- Microplàstics
- Disruptors endocrins
- ...

- Per avaluar si i quin tipus de tecnologies per a tractaments descentralitzats
- Estimar la càrrega de microcontaminants, avaluar les variacions estacionals
- S'ha d'abordar amb cura la possible acumulació de microcontaminants recalcitrants

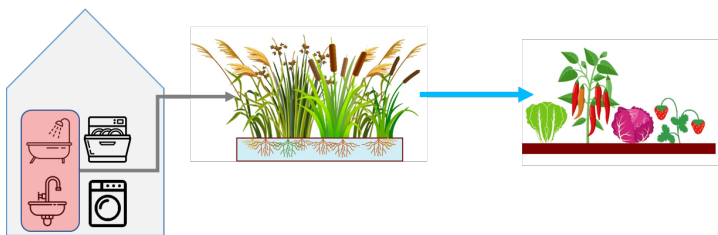


LC-MS-MS



Reusemp<sup>3</sup>

# Aigües grises – dutxa/pica



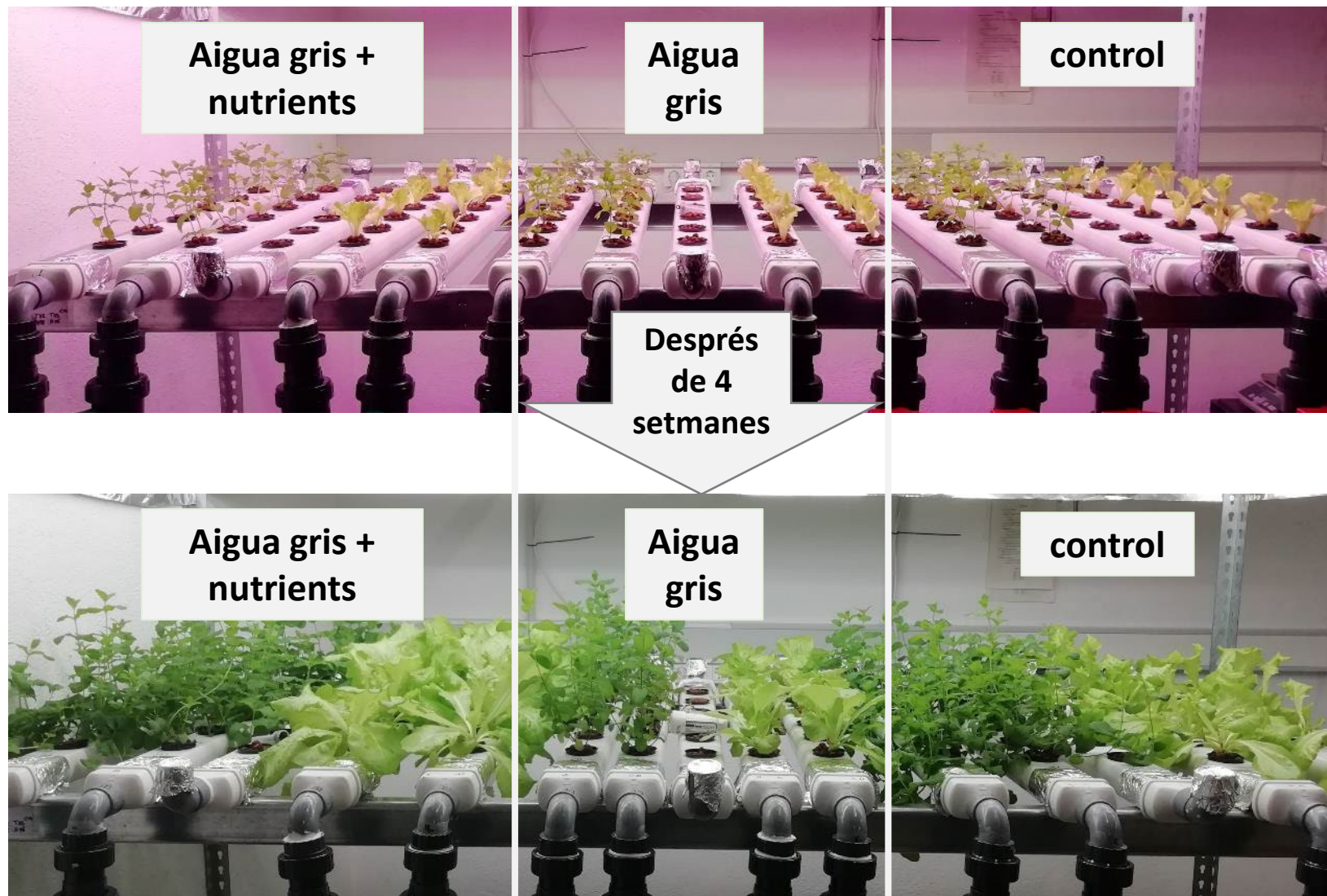
enciam

- cultivar cultius per al consum humà de mida/qualitat suficient

- avaluar el risc per a la salut dels consumidors



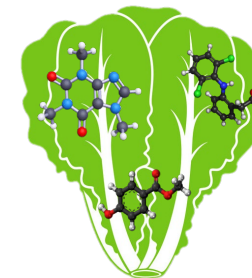
menta



# Aigües grises – dutxa/pica



**Avaluació del risc per a la salut humana**  
(human health risk assessment)



**Estimated Daily Intake (EDI)**

$$EDI = \frac{DI \times Ce}{BW}$$

DI = Daily intake of edible parts of vegetables (g/day)<sup>a</sup>

→ Spain consumption of vegetables for an adult

Ce = Max. conc. PhAC in edible parts of vegetables (µg/g, ww)

BW = Body weight, average of a European adult (70 kg)<sup>b</sup>

**Acceptable Daily Intake (ADI)**

$$ADI = \frac{\text{Lowest daily therapeutic dose}}{1000 \times BW}$$

Lowest daily therapeutic dose (mg/day)

Safety factor (1000)<sup>c</sup>

BW = Body weight (70 kg)

**Hazard Quotient (HQ)**  $HQ = \frac{EDI}{ADI}$

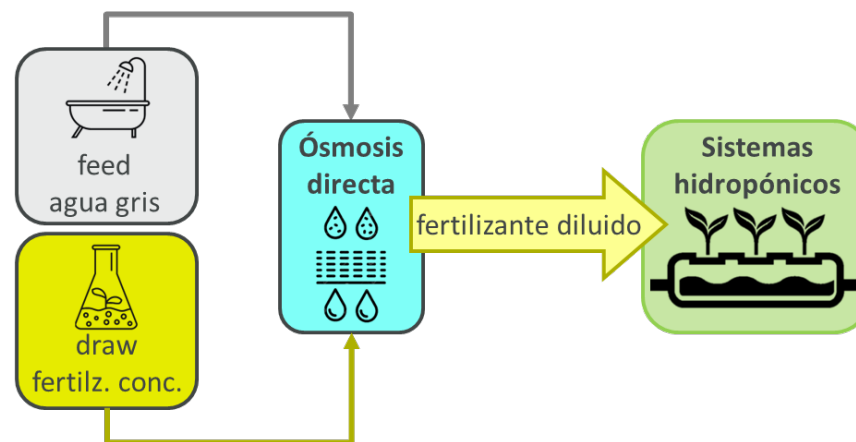
**HQ < 0.1**  
No expected risk to human health



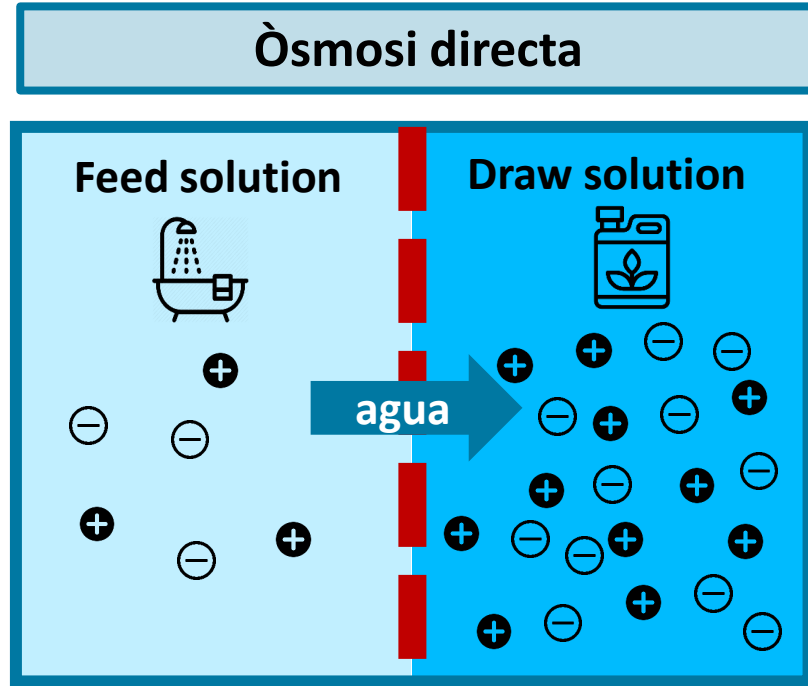
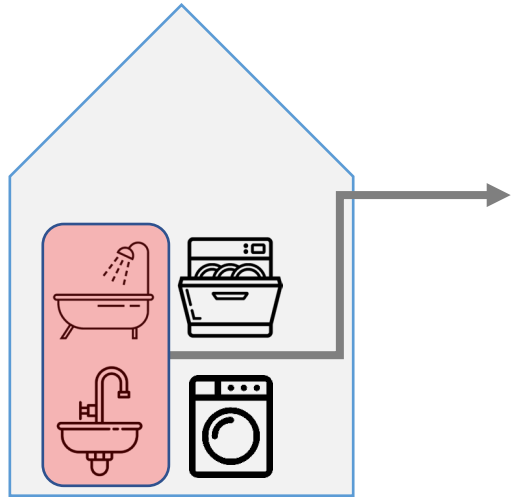
**HQ ≥ 0.1**  
Potential human health risk



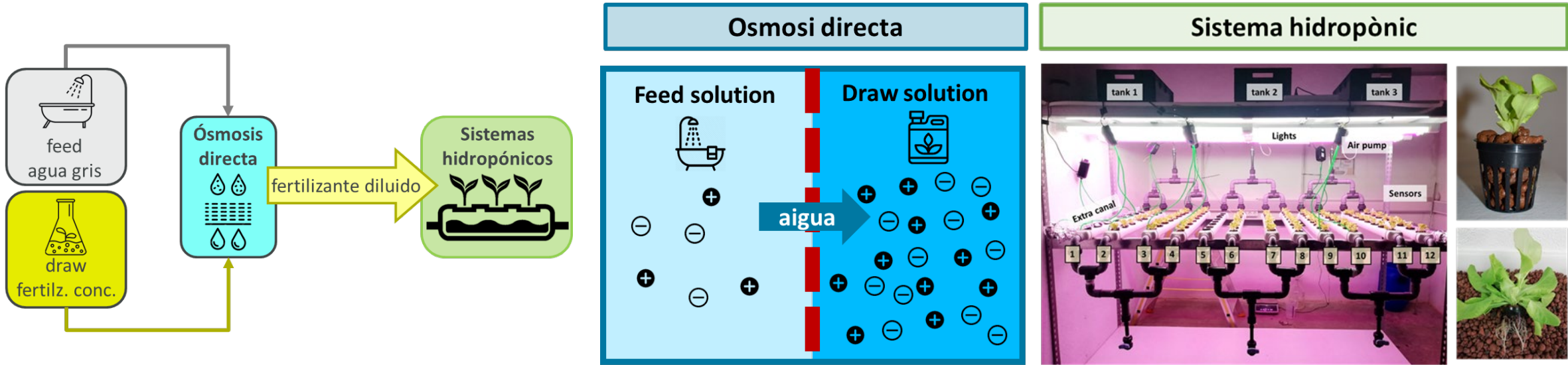
# Aigües grises – dutxa/pica membranes i acoblament amb NBS



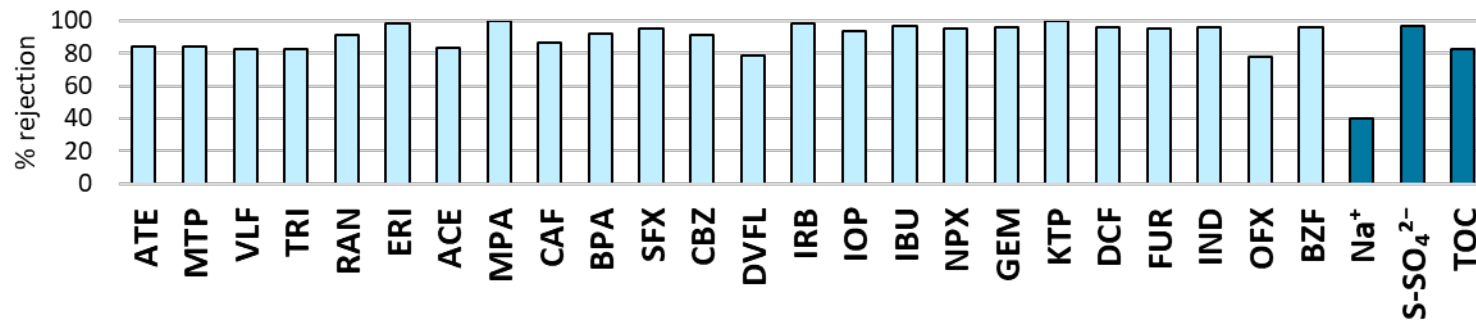
# Aigües grises – dutxa/pica



# Aigües grises – dutxa/pica



Rebuig dels components de l'aigua grisa per part de la membrana

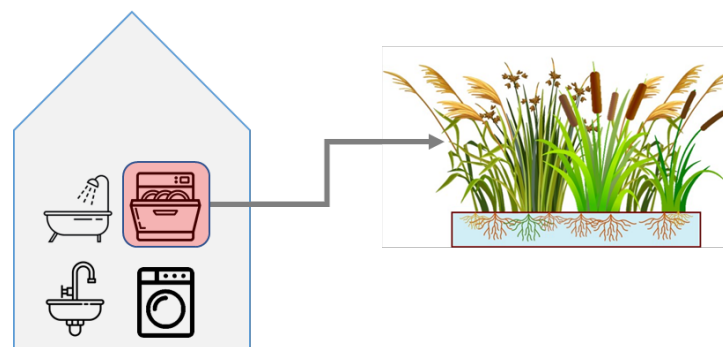


OMP: atenolol (ATE), methylparaben (MTP), venlafaxine (VLF), trimethoprim (TRI), ranitidine (RAN), erythromycin (ERI), acetaminophen (ACE), methylparaben (MPA), caffeine (CAF), bisphenol A (BPA), sulfamethoxazole (SFX), carbamazepine (CBZ), desvenlafaxine (DVLF), irbesartan (IRB), lopromide (IOP); ibuprofen (IBU), naproxen (NPX), gemfibrozil (GEM), ketoprofen (KTP), diclofenac (DCF), furosemide (FUR), indomethacine (IND), ofloxacin (OFX) and bezafibrate (BZF)



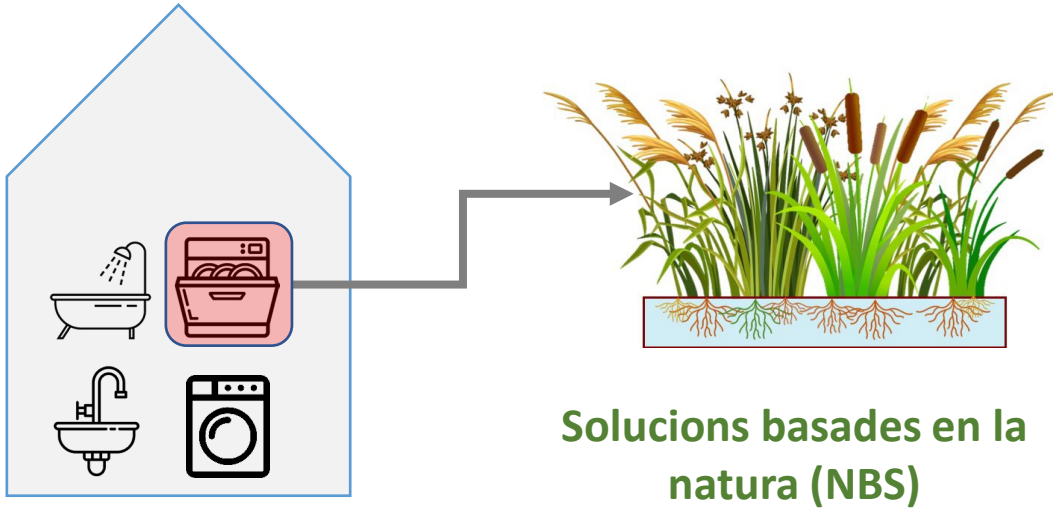
Reusemp<sup>3</sup>

# Aigües grises – cuina

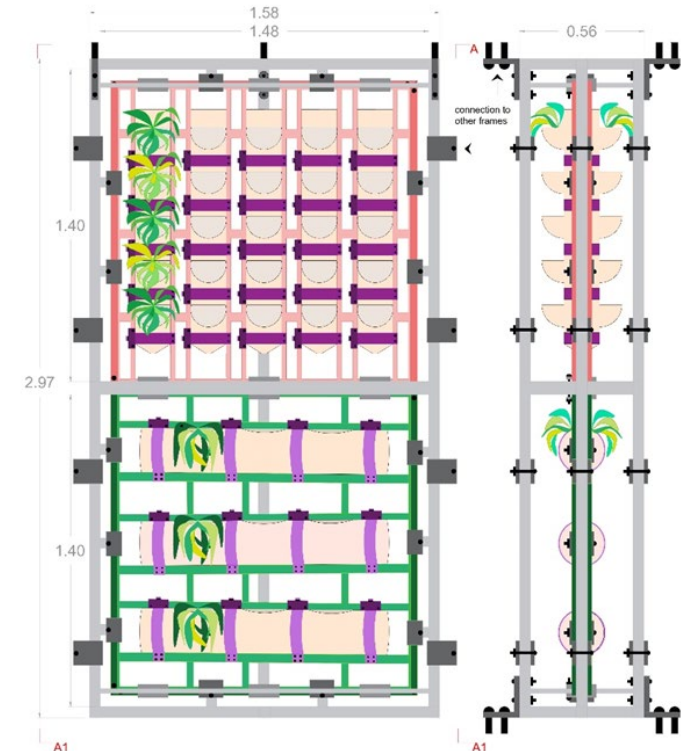




# Aigües grises – cuina

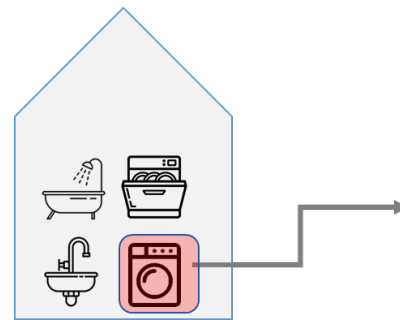


- ✓ El **WETWALL** és una NBS per al tractament i la reutilització d'aigües grises in situ.
- ✓ Aporta la novetat d'integrar un flux de tractament **híbrid**, inspirat en **fluxos verticals i horitzontals** d'aiguamolls construïts, en una estructura de paret verda modular.



- Avaluar la adaptació de les plantes, els mitjans filtrants, el rol de l'alimentació intermitent
- Beneficis complementaris proporcionats (regulació tèrmica, qualitat de l'aire, benestar)

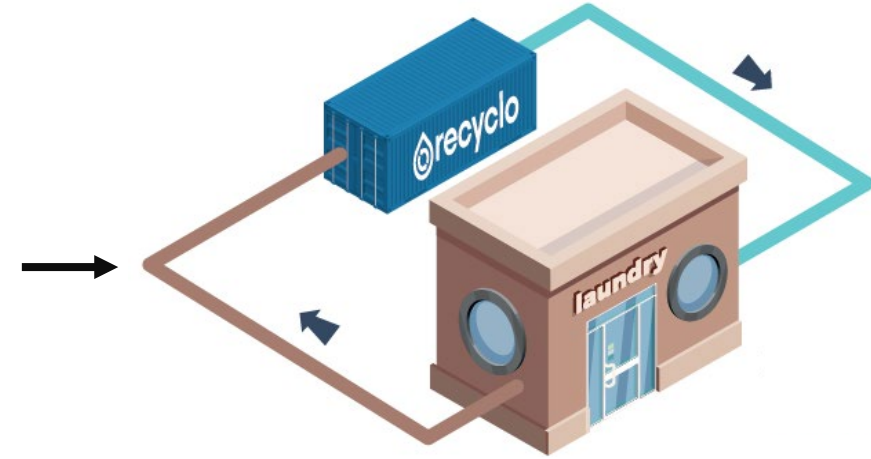
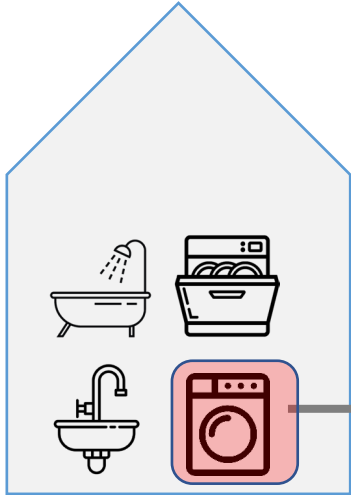
# Aigües grises – bugaderia



# Aigües grises – bugaderia



recycl  
by treewater

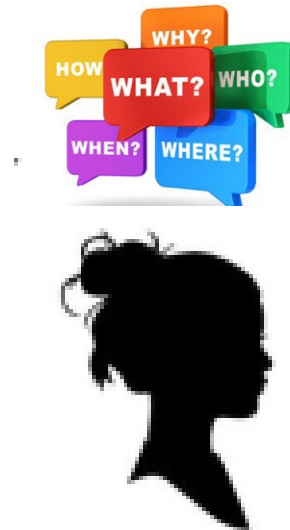


- Les **bugaderies** són grans **consumidors d'aigua** a Europa
- Alhora son fonts importants de **microcontaminants prioritari**s al medi ambient

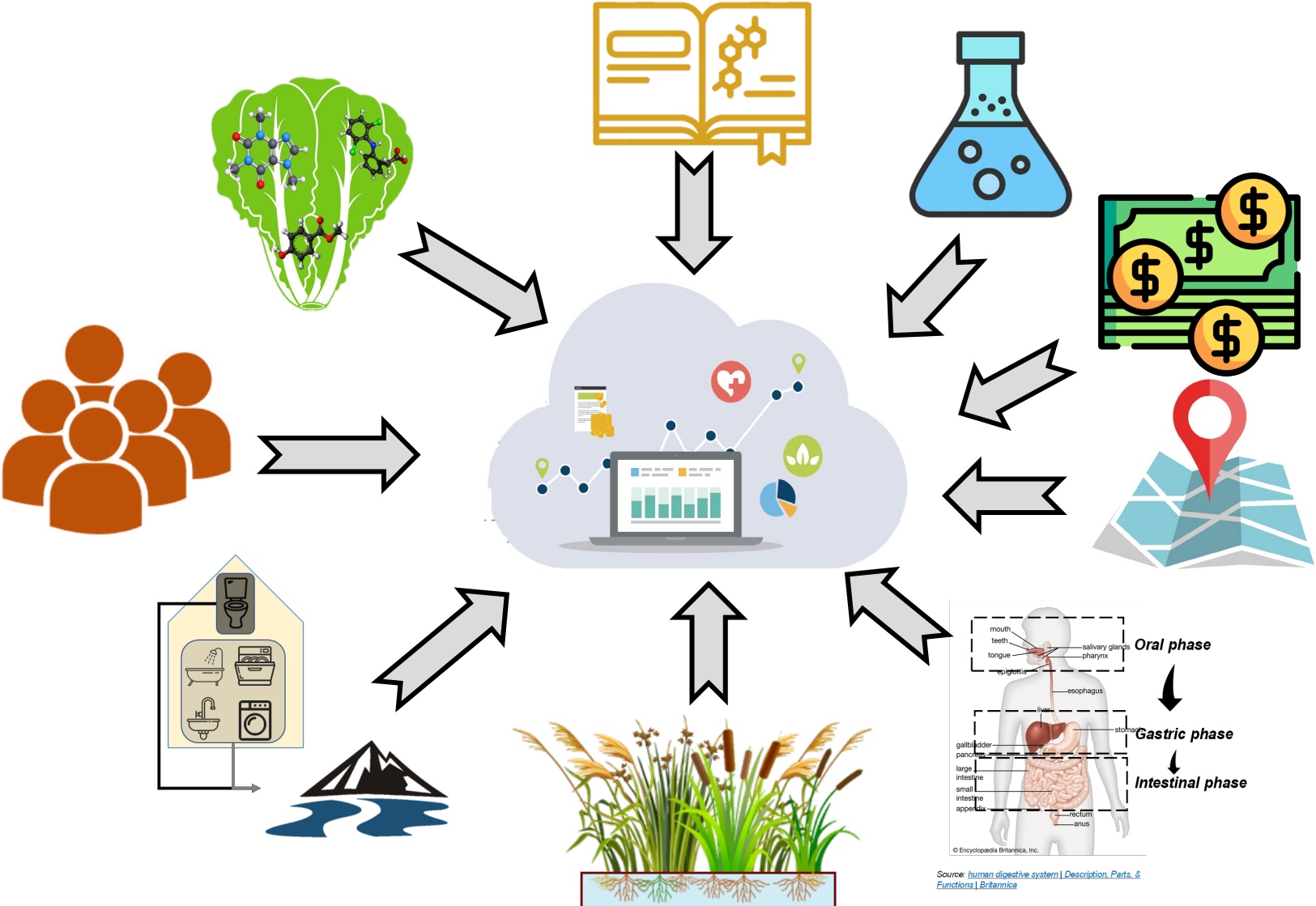
- Es proposa aplicar una nova tecnologia, basada en **oxidació avançada**
  - reactors UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + carbó actiu
- Reciclar com a mínim del 50% al 80% de les aigües grises de la bugaderia
- Demostrar que l'aigua regenerada pel procés RECYCLO es pot **reciclar en activitats de bugaderia**.

Esdeveniment del projecte LIFE RECYCLO el dia 26 d'octubre a l'ICRA

# Eines d'ajuda a la decisió



# Desenvolupament i avaluació d'eines d'ajuda a la decisió



Source: *human digestive system | Description, Parts, & Functions | Britannica*



# Desenvolupament i avaluació d'eines d'ajuda a la decisió



**SAD accessible públicament**

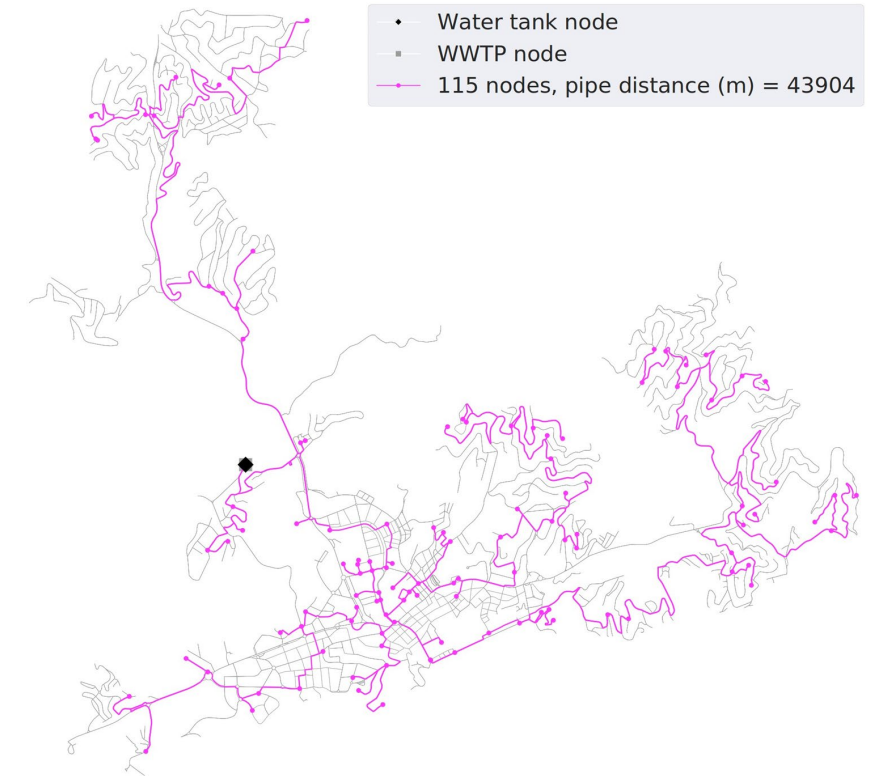




# Desenvolupament i avaluació d'eines d'ajuda a la decisió

## REWATnet

- Sistema d'ajuda a la decisió (SAD) pel disseny òptim de xarxes d'aigua regenerada **a gran escala**.
- Estimació **precisa** de la demanda d'aigua (6% d'error comparat amb el consum real\*).
- Amb molt poques dades entrades per l'usuari, el sistema **maximitza** l'aigua servida (m<sup>3</sup>) per un pressupost limitat.
- El cost per a una ciutat d'aproximadament 100.000 habitants s'estima en un rang de **0,17-0,22 €/m<sup>3</sup>\*\***.
- En menys de **10 minuts**, disseny d'una xarxa òptima que serveix fins a **3 vegades més** aigua comparada amb un disseny habitual (manual).
- Aplicable a **qualsevol ciutat** i permet configurar els usos d'aigua regenerada i la part de la ciutat on es vol servir.



**Execució de l'eina a Lloret de Mar**

\* Validació feta a la ciutat de Girona.

\*\* Considerant un període operatiu de 30 anys.

# Gràcies!

[gbuttiglieri@icra.cat](mailto:gbuttiglieri@icra.cat)

[jcomas@icra.cat](mailto:jcomas@icra.cat)



<https://reusemp3.icra.cat>

*Authors acknowledge the Spanish State Research Agency of the Spanish Ministry of Science and Innovation for ReUseMP3 project (PID2020-115456RB-I00 /MCIN/AEI / 10.13039/501100011033). E. Mendoza and J. Vosse thank Secretariat of Universities and Research from Generalitat de Catalunya and European Social Fund for their FI fellowship (2022FI\_B2 00064 and 2022 FI\_B 00084, respectively). Gianluigi Buttiglieri acknowledges Spanish State Research Agency of the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities for the Grant to the Creation of a permanent position Ramon y Cajal 2014 (RYC-2014-16754). The Acquity UPLC-MS QTRAP 5500, Waters-SCIEX facility and GC-MS/MS Trace 1300 TSQ9000, Thermo Fisher Scientific facilities received support from the CERCA Institute through the CERCAGINYS program, funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation. ICRA researchers thank funding from CERCA program.*



3ª jornada tècnica de l'aigua: Tecnologies innovadores per la reutilització d'aigües grises. 19 d'octubre 2023