



# City Water Circles

Manuale online sulla gestione e l'uso circolare delle acque in ambito urbano



# Indice

## Catalogo Tematico 1

Strumenti di valutazione “smart” per la mappatura degli usi potenziali dell'acqua urbana 3

## Catalogo Tematico 2

Soluzioni innovative di tipo ingegneristico e *nature-based solutions* per l'uso circolare delle acque 21

## Catalogo Tematico 3

Strumenti di governance “smart” che promuovono l'uso circolare dell'acqua nelle aree urbane 84

## Il caso pilota di Torino

Soluzioni innovative di tipo ingegneristico e *nature-based solutions* per l'uso circolare delle acque 99



Catalogo Tematico 1

# Strumenti di valutazione “smart” per la mappatura degli usi potenziali dell'acqua urbana



# Indice

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2. CRITERI DI VALUTAZIONE, INDICATORI DI PRESTAZIONE E METODOLOGIE</b>	<b>6</b>
2.1. CRITERI DI VALUTAZIONE	6
2.2. INDICATORI DI PRESTAZIONE	8
2.3. METODOLOGIE DI BASE USATE PER LA VALUTAZIONE DEL RIUTILIZZO DELL'ACQUA	9
2.3.1. Analisi del Ciclo di Vita (LCA-Life Cycle Analysis)	9
2.3.2. Analisi del flusso di materiali (Material Flow Analysis)	9
2.3.3. Valutazione del Rischio Ambientale (Environmental Risk Analysis)	10
2.3.4. Analisi dell'impronta ecologica	10
2.3.5. Valutazione del Rischio per la Salute	11
2.3.6. Analisi a molti criteri (Multi Criteria Analysis)	11
<b>3. ANALISI A MOLTI CRITERI</b>	<b>12</b>
3.1. METODI PRINCIPALI E LORO CARATTERISTICHE GENERALI	12
3.1.1. Analisi a molti criteri classica	12
3.1.2. Analisi gerarchica	15
3.1.3. Metodi Electre	18
3.1.4. Sintesi delle caratteristiche dei diversi metodi	20



# 1. Introduzione

Le città dell'Europa Centrale dovrebbero svilupparsi in modo sostenibile, il che significa che il loro consumo di risorse naturali deve adattarsi alle capacità degli ecosistemi locali, regionali e globali. Per perseguire questo obiettivo, è opportuno che i decisori pubblici tengano conto dei flussi di risorse naturali (ad esempio cibo, acqua ed energia) e li gestiscano in modo efficiente.

Il progetto "City water Circles" si sforza di introdurre e promuovere misure di efficienza idrica e di riutilizzo dell'acqua piovana e delle acque grigie per scopi pubblici e domestici nelle aree urbane dell'Europa centrale.

Gli sforzi del progetto si concentrano sul:

- rafforzare le capacità di creare, nelle città, un sistema strutturato e partecipato di utilizzo circolare dell'acqua,
- promuovere l'adozione di misure innovative attraverso la sperimentazione di nuovi strumenti,
- favorire la diffusione di politiche per l'utilizzo circolare dell'acqua a livello locale, regionale e nazionale.

Nel "Catalogo tematico 1: Strumenti di valutazione "smart" per la mappatura degli usi potenziali dell'acqua urbana" vengono presentati gli strumenti di valutazione che possono supportare i decisori nella pianificazione dei futuri investimenti per l'implementazione di misure per l'uso circolare dell'acqua in ambito urbano.

L'obiettivo generale di uno strumento di valutazione per il riutilizzo dell'acqua urbana è stabilire meccanismi e misure che possono essere applicati al processo di valutazione e fornire un approccio coerente per una valutazione integrata. Ciò comporta l'identificazione di tutte le condizioni essenziali di valutazione tecnica, ambientale, economica e sociale che caratterizzano i processi di riutilizzo dell'acqua.

Esistono molti insiemi di valutazione multidisciplinari e metodologie di analisi, ma il loro uso nel processo decisionale è piuttosto impegnativo. Richiedono una visione chiara sugli obiettivi relativi alle politiche future, diverse conoscenze ed esperienze relative all'attuazione degli investimenti pubblici, una buona disponibilità di dati, lavoro di squadra e molto tempo per la preparazione.

Nel Catalogo 1, non si è stati in grado di dimostrare in dettaglio l'uso delle metodologie e degli strumenti di valutazione disponibili, perché l'uso di metodologie e strumenti è piuttosto complesso e ciascuno richiederebbe un catalogo separato, e, per tale motivi, il catalogo di ambito è focalizzato su:

**Capitolo 2:** Identificazione di possibili criteri di valutazione e indicatori di performance e descrizioni di base delle metodologie e del loro scopo.

**Capitolo 3:** presentazione dell'analisi a molti criteri, metodologia particolarmente adatta al supporto alle decisioni in ambiti complessi quale quello in esame.



## 2. Criteri di valutazione, indicatori di prestazione e metodologie

Il processo metodologico di valutazione degli investimenti in misure per l'uso circolare delle acque dovrebbe includere un approccio globale, che prenda in considerazione:

- la valutazione delle prestazioni delle tecnologie di riutilizzo dell'acqua mediante una serie predeterminata di criteri di valutazione e indicatori di prestazione,
- la selezione dei criteri di sostenibilità rilevanti correlati alle prestazioni tecnologiche, con l'individuazione di impatti, benefici e rischi,
- come fornire un ranking oggettivo e un benchmarking orientato alle migliori pratiche,
- la generazione di dati sulle prestazioni di alta qualità, che possono essere utilizzati come meccanismo con cui misurare, verificare o confrontare le prestazioni.

Alcune domande che dovrebbero essere affrontate in questo contesto:

- Quali problemi dovrà affrontare la città in futuro, se non vi è alcun cambiamento nel modo di gestire le risorse idriche?
- Quali di questi problemi e in che misura possono essere evitati da una gestione circolare delle acque?
- Qual è il valore economico, ambientale e sociale dei problemi che si possono evitare?
- Quali costi e quali benefici sono rilevanti per le proprietà immobiliari in senso stretto e per la municipalità in una visione d'insieme?
- Qual è il rendimento delle soluzioni alternative di riutilizzo dell'acqua rispetto a quelle attuali (convenzionali)?
- Quali impatti socioeconomici positivi o negativi genera il riutilizzo dell'acqua?
- Come prendere decisioni riguardanti la selezione, la progettazione, l'implementazione e il funzionamento di un sistema di riutilizzo dell'acqua?
- Come valutare e confrontare le prestazioni di diversi sistemi di riutilizzo dell'acqua?
- Quali sono i parametri per un processo di valutazione uniforme?
- Quali conoscenze sono necessarie per migliorare il processo decisionale?

### 2.1. Criteri di valutazione

Nel processo di individuazione dei diversi criteri di valutazione e di selezione degli indicatori, l'investitore dovrebbe eseguire una valutazione comparativa, confrontando la situazione gestionale esistente con la nuova soluzione proposta. L'obiettivo della nuova soluzione/investimento è migliorare la gestione dell'acqua esistente.

Di seguito sono riportati quelli che in un caso generico sono i principali criteri di natura tecnica, ambientale, economica e sociale, che possono essere utilizzati a questo scopo. L'elenco non è esaustivo e va adattato e completato in ciascun caso reale.

#### 1. Valutazione tecnica:

- Qualità dell'acqua riciclata (standard di qualità)



## Thematic Catalogue 1

- Funzionamento e manutenzione (spese)
- Prestazione delle tecnologie
- Applicabilità
- Rischi tecnologici
- ecc.

La tecnologia è la caratteristica centrale di un trattamento e la valutazione tecnica è la misurazione delle sue prestazioni e determina se il processo di trattamento raggiunge gli standard richiesti.

### **2. Valutazione Ambientale:**

- Conservazione delle risorse idriche
- Riduzione dell'inquinamento dei corpi idrici ricettori
- Benefici ambientali
- Impatti ambientali
- Impronta ecologica
- Rischi ecologici
- ecc.

### **3. Valutazione economica:**

- Spese in conto capitale
- Spese operative
- Periodo di ammortamento
- Efficienza economica
- Fattibilità finanziaria
- Driver economici
- Vantaggi economici
- ecc.

### **4. Impatti sociali (benefici & rischi): es.:**

- Percezione e accettazione da parte della popolazione
- Partecipazione pubblica e coinvolgimento degli stakeholders
- Occupazione/generazione di reddito
- Inclusione sociale e equità
- Opportunità finanziarie
- Rischi per la salute (sicurezza e salute pubblica)
- Supporto governativo
- ecc.



## 2.2. Indicatori di Prestazione

Gli indicatori di prestazione sono uno degli strumenti che aiutano a quantificare i risultati e gli esiti all'interno del processo di valutazione. Sono definiti come un insieme di indicatori quantitativi o qualitativi (parametri, tassi, limiti, fattori, valutazioni degli esperti, ecc.) e possono ad esempio riguardare le seguenti aree:

- Qualità delle acque reflue affluenti, che possono influenzare il processo nel suo insieme
- Processo di pretrattamento
- Trattamento biologico secondario
- Trattamento avanzato/terziario (es. Flussi di materia, Sistemi biologici a membrana)
- Processo di disinfezione
- Qualità dell'acqua di scarico
- Qualità dell'acqua riciclata
- Emissioni di CO<sub>2</sub>
- ecc.



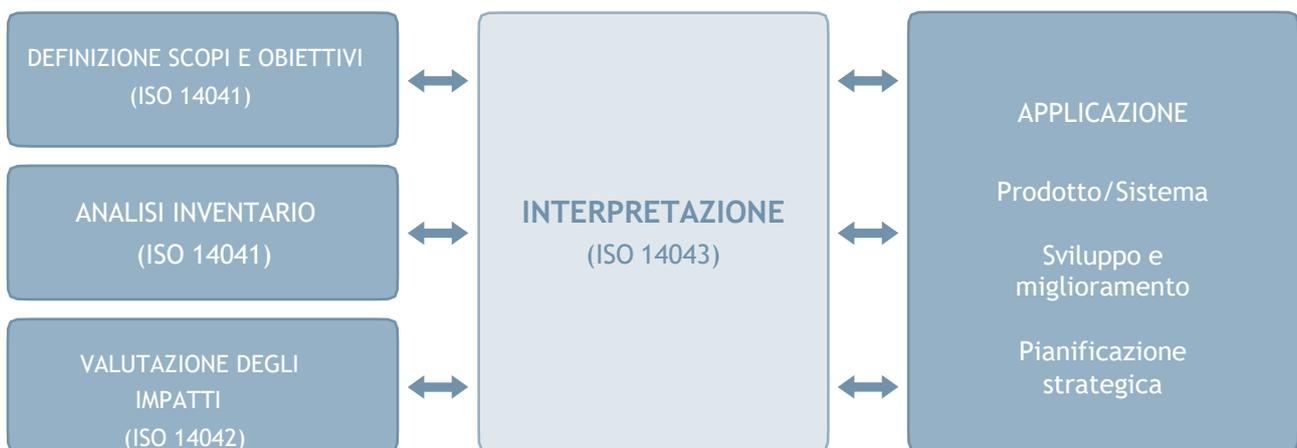
## 2.3. Metodologie di base usate per la valutazione del riutilizzo dell'acqua

Di seguito introduciamo le metodologie principali che possono essere utilizzate per la valutazione degli investimenti di riutilizzo dell'acqua. Come già accennato nel capitolo INTRODUZIONE, l'uso pratico delle metodologie è piuttosto complesso, pertanto in questo paragrafo se ne presentano solo i principi fondamentali e lo scopo.

### 2.3.1. Analisi del Ciclo di Vita (LCA-Life Cycle Analysis)

Secondo la definizione di G. Itskos et al.<sup>1</sup> “L'Analisi del Ciclo di Vita può essere definita come un metodo che studia l'ambiente, gli aspetti e i potenziali impatti di un prodotto o sistema dall'estrazione delle materie prime attraverso la produzione, l'uso e lo smaltimento. Le categorie generali di impatto ambientale da considerare includono l'uso delle risorse, la salute umana e le conseguenze ecologiche. Per consentire un confronto coerente tra i diversi scenari, è necessario definire un riferimento comune per esprimere i risultati per lo stesso output: questo riferimento comune è chiamato unità funzionale. La metodologia tipica iniziale è stata proposta da SETAC<sup>2</sup>. Nel periodo 1997-2000, gli standard ISO hanno introdotto le fasi della metodologia LCA. Ora, gli standard ISO in vigore sono riportati nella direttiva ISO 14044:2006”.

Fasi dell'Analisi del Ciclo di Vita:



### 2.3.2. Analisi del flusso di materiali (Material Flow Analysis)

L'analisi del flusso di materiali<sup>3</sup> (Material Flow Analysis) si riferisce al monitoraggio e all'analisi dei flussi fisici di materiali in entrata, in uso e in uscita da un determinato sistema (di solito quello economico). Si basa generalmente su una contabilità, valutata in maniera metodica, delle unità fisiche. Tale analisi utilizza il principio del bilanciamento di massa per analizzare le relazioni tra flussi di materiali (inclusa l'energia), attività umane (inclusi sviluppi economici e commerciali) e cambiamenti ambientali.

<sup>1</sup> G. Itskos, N. Nikolopoulos, D.S. Kourkoumpas, A. Koutsianos, I. Violidakis, P. Drosatos, P. Grammelis, *Energy and the Environment*, in “Environment and Development: Basic Principles, Human Activities, and Environmental Implications”, Elsevier (2016)

<sup>2</sup> Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) (<https://www.setac.org/>)

<sup>3</sup> MEASURING MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY. Volume I. The OECD Guide, 2008, <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>



## Thematic Catalogue 1

I flussi di materia possono essere analizzati a varie scale e con strumenti diversi a seconda della tematica di interesse e degli oggetti di interesse dello studio. Il termine Analisi dei flussi di materia delinea quindi una famiglia di strumenti che comprende una varietà di approcci analitici e strumenti di misurazione, inclusi bilanci e indicatori.

Gli studi sui flussi di materia e gli approcci statistici ai bilanci dei flussi di materia e ai saldi di materia sono stati avviati negli anni '70. Dalla metà degli anni '90 tali studi stanno riscuotendo un interesse crescente: sia come campo di ricerca promosso in ambito accademico (istituti di ricerca, università), ONG ambientali, e sempre più anche dagli uffici statistici, sia come strumenti politici e informativi per supportare il processo decisionale integrato nei settori delle risorse naturali, dell'inquinamento, dei rifiuti e della gestione dei materiali (a livello aziendale e di governo) e per contribuire ai dibattiti sui temi della sostenibilità. I paesi sono inoltre sempre più interessati a utilizzare gli studi sui flussi di materia per supportare le politiche e le decisioni relative alla crescita economica, al commercio internazionale e alla globalizzazione, allo sviluppo tecnologico e all'innovazione.

### 2.3.3. Valutazione del Rischio Ambientale (Environmental Risk Analysis)

La valutazione del Rischio Ambientale<sup>4</sup> può essere definita come il processo di assegnazione di grandezze e probabilità agli effetti negativi delle attività umane. Il processo prevede l'identificazione dei pericoli (ad esempio il rilascio di sostanze chimiche tossiche nell'ambiente) mediante la quantificazione della relazione tra un'attività associata a un'emissione nell'ambiente e i suoi impatti. In questo contesto sono considerati tutti i livelli ecologici, il che implica che dovrebbero essere considerati gli impatti a livello cellulare, a livello di organismo, a livello di popolazione, a livello di ecosistema e sull'intera ecosfera.

L'applicazione della valutazione del rischio ambientale si basa su due aspetti principali:

- Il costo dell'eliminazione di tutti gli effetti ambientali è incredibilmente alto,
- La decisione nella gestione pratica dell'ambiente deve sempre essere presa sulla base di informazioni incomplete.

La valutazione del rischio ambientale è un processo complementare alla valutazione dell'impatto ambientale (VIA), e con quest'ultimo viene utilizzato per valutare gli impatti di un'attività umana. La valutazione dell'impatto ambientale è predittiva e comparativa e si occupa di tutti i possibili effetti sull'ambiente, compresi gli effetti secondari e terziari (indiretti), mentre la valutazione del rischio ambientale tenta di valutare la probabilità di un determinato effetto negativo (definito) derivante da un'attività umana considerata.

### 2.3.4. Analisi dell'impronta ecologica

L'impronta ecologica<sup>5</sup> è un metodo promosso dal Global Footprint Network per misurare la domanda

---

<sup>4</sup> *Developments in Water Science*, in "Lake and Reservoir Management" Editori S.E. Jørgensen, H. Löffler, W. Rast, M. Straškraba

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological\\_footprint](https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_footprint)



## Thematic Catalogue 1

umana sul capitale naturale, ovvero la quantità di risorse naturali necessarie per sostenere una popolazione o un'economia. Tiene traccia di questa domanda attraverso un sistema di contabilità ecologica. La valutazione contrappone l'area biologicamente produttiva che le persone utilizzano per il loro consumo con l'area biologicamente produttiva disponibile all'interno di una regione o del mondo (ossia la biocapacità, area produttiva che può rigenerare ciò che le persone richiedono alla natura). In breve, è una misura dell'impatto umano sull'ambiente.

L'analisi dell'impronta ecologica è ampiamente utilizzata in tutto il mondo a supporto delle valutazioni di sostenibilità. Consente alle persone di misurare e gestire l'uso delle risorse in tutti i settori dell'economia ed esplorare la sostenibilità dei singoli stili di vita, beni e servizi, organizzazioni, settori industriali, quartieri, città, regioni e nazioni.

### 2.3.5. Valutazione del Rischio per la Salute

La valutazione del rischio per la salute umana<sup>6</sup> (Health Risk Assessment) è un processo inteso a stimare il rischio per una popolazione derivante dall'esposizione a una sostanza che potrebbe essere pericolosa. Il processo considera il tipo e la composizione della sostanza, il potenziale danno, il modo in cui le persone possono essere esposte (ad esempio attraverso l'esposizione diretta, l'inalazione di aria o il consumo di cibo e acqua), per quanto tempo le persone sono esposte e in che misura. La qualità di una valutazione del rischio per la salute dipende dall'accuratezza delle informazioni disponibili su tutte queste questioni.

Il processo deve considerare tutte le sostanze a cui le persone sono esposte e il modo in cui interagiscono. Una corretta valutazione del rischio per la salute identificherà anche chiaramente eventuali incertezze, ipotesi e limitazioni considerate durante il processo di valutazione. Un'elevata incertezza è associata a una gestione del rischio più precauzionale.

### 2.3.6. Analisi a molti criteri (Multi Criteria Analysis)

L'analisi a molti criteri<sup>7</sup> è un approccio strutturato utilizzato per determinare le preferenze complessive tra le opzioni alternative, in cui le opzioni hanno effetti su diversi settori, e consentono di raggiungere in modo differente gli obiettivi prefissati, con differenti impatti sia positivi che negativi (ad esempio diversa percentuale di acqua piovana riutilizzata e costi diversi). Nell'analisi a molti criteri vengono specificati tutti i criteri di valutazione che si vogliono considerare e vengono identificati gli attributi, o indicatori, corrispondenti, in base ai quali i criteri sono misurati. Il valore degli indicatori, che possono essere sia quantitativi che qualitativi, è stimato in unità di misura consone a ciascun indicatore, dato che essi rappresentano criteri diversi, che possono essere ambientali, sociali, economici. L'analisi a molti criteri consente pertanto ai decisori di includere una gamma completa di criteri sociali, ambientali, tecnici, economici e finanziari, dando esplicito riconoscimento al fatto che una varietà di criteri sia monetari sia non monetari può influenzare le decisioni politiche; per questo motivo questo strumento è particolarmente indicato per valutare misure alternative che riguardano l'efficienza idrica e il riutilizzo dell'acqua piovana e delle acque grigie e nel prossimo capitolo ne vengono introdotti i principali metodi.

---

<sup>6</sup> [https://ww2.health.wa.gov.au/Articles/F\\_I/Health-risk-assessment](https://ww2.health.wa.gov.au/Articles/F_I/Health-risk-assessment)

<sup>7</sup> *Communities and local governments: Multi-criteria analysis: a manual*. Department for Communities and Local Government, London, 2009



## 3. Analisi a molti criteri

Vengono analizzati i principali approcci all'analisi a molti criteri. Di ognuno degli approcci studiati sono approfonditi in particolare la logica secondo la quale è impostato il problema decisionale, il significato dei passi e delle operazioni da compiere, i vantaggi e i limiti sia dal punto di vista concettuale che da quello operativo, le fasi ed eventualmente tipologie di progetto a cui sono più adatti. Vengono infine comparate le caratteristiche principali dei metodi.

### 3.1. Metodi principali e loro caratteristiche generali

Confrontare e scegliere tra varie alternative in presenza di diversi criteri di valutazione, spesso tra loro conflittuali, è un compito non semplice, ma da cui i decisori non possono esimersi.

Per selezionare le alternative e ordinarle secondo una classifica di gradimento che tenga conto di tutti i criteri che il decisore ritiene importanti sono stati ideati diversi metodi, ciascuno dei quali ha una sua logica ed è applicabile in contesti diversi.

Qualunque sia il metodo utilizzato, il risultato dipenderà fortemente dai criteri di valutazione utilizzati, che devono perciò essere scelti con cura, cercando da un lato di considerare tutti i fattori che il decisore ritiene significativi, dall'altro di evitare "doppi conteggi".

Tra i vari metodi di valutazione vengono qui presentati l'analisi a molti criteri classica, l'analisi gerarchica e la famiglia dei metodi Electre. Oltre a trattarsi dei metodi più conosciuti e utilizzati, essi sono paradigmatici di tre differenti tipi di approccio al problema decisionale. I tre metodi vengono introdotti per comprenderne la logica, individuando quindi anche i principali vantaggi e limiti di ciascuno e le fasi del processo decisionale a cui meglio si confanno

#### 3.1.1. Analisi a molti criteri classica

Un primo modo di procedere per confrontare e scegliere tra varie alternative in presenza di diversi criteri di valutazione si basa sull'analisi a molti criteri "classica" di Keeney e Raiffa<sup>8</sup>. Questo approccio consente di generare un ordinamento delle alternative, attribuendo a ciascuna di esse un punteggio che è una misura della prestazione dell'alternativa rispetto a tutti i criteri considerati.

Il punto di partenza è la matrice di valutazione (vedi Tab.3.1), ossia la matrice rettangolare, con tante righe quanti i criteri e tante colonne quante le alternative, i cui elementi  $g_i(k)$  (riga  $i$ , colonna  $k$ ) rappresentano o gli indicatori o gli impatti dell'alternativa  $k$  (riportata sulla colonna  $k$ -esima e indicata come  $A_k$  in Tab.3.1) sul criterio  $i$  (riportato sulla riga  $i$ -esima e indicato come  $cr.i$  in Tab.3.1).

	A1	A2	...	A <sub>k</sub>	...
cr.1	$g_1(1)$	$g_1(2)$	...	$g_1(k)$	...
cr.2	$g_2(1)$	$g_2(2)$	...	$g_2(k)$	...
⋮	⋮	⋮		⋮	
cr.i	$g_i(1)$	$g_i(2)$	...	$g_i(k)$	...
⋮	⋮	⋮		⋮	

Tab.3.1 - La struttura di una matrice di valutazione: gli elementi  $g_i(k)$  rappresentano o gli indicatori o gli impatti dell'alternativa  $k$  (riportata sulla colonna  $k$ -esima) sul criterio  $i$  (riportato sulla riga  $i$ -esima).

<sup>8</sup> Keeney R., H. Raiffa, *Decisions with multiple objectives: Preferences and Value Trade-offs*. John Wiley & Sons, New York, 1976.



## Thematic Catalogue 1

Sia indicatori che impatti misurano l'effetto delle alternative sui vari criteri, una volta che ad essi è stata associata un'unità di misura. Un semplice esempio potrà tuttavia chiarire la differenza tra impatto e indicatore. Si consideri il criterio inquinamento da NO<sub>2</sub>, e ad esso sia associata l'unità di misura  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ . L'indicatore di un'alternativa rispetto a questo criterio è la misura (o meglio la stima) di  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  una volta realizzata l'alternativa, mentre l'impatto è la differenza tra tale valore e quello che si avrebbe se l'alternativa non venisse realizzata. Così, se la realizzazione dell'alternativa fa salire il valore di  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  da 60 a 100, l'indicatore vale 100 e l'impatto 40. In genere si preferisce utilizzare gli indicatori, perché danno più informazione: ad esempio, a parità di impatto (pari a 40) il decisore potrebbe considerare molto meno grave passare da 60 a 100  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  che non da 180 a 220, superando il limite di legge (200  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ), ma se fossero noti solo gli impatti non sarebbe possibile distinguere tra le due situazioni.

Data la matrice di valutazione, a ciascun criterio  $i$  va associata una "funzione di utilità"  $v_i(\cdot)$ , che mette in relazione i valori  $g_i$  assunti dall'indicatore (o impatto) con misure adimensionali, comprese tra due valori arbitrari (generalmente 0 e 1), della "soddisfazione" corrispondente. La funzione di utilità può avere una forma qualsiasi; un andamento possibile della funzione di utilità relativa al criterio costi è quello lineare a tratti riportato in Fig.3.1: il massimo della funzione, quindi della soddisfazione del decisore, si ha in corrispondenza del minimo costo ammissibile  $C_{\min}$ , mentre al di sopra di un dato costo  $C_d$ , che potrebbe corrispondere alla massima cifra disponibile, la funzione assume comunque valore nullo.

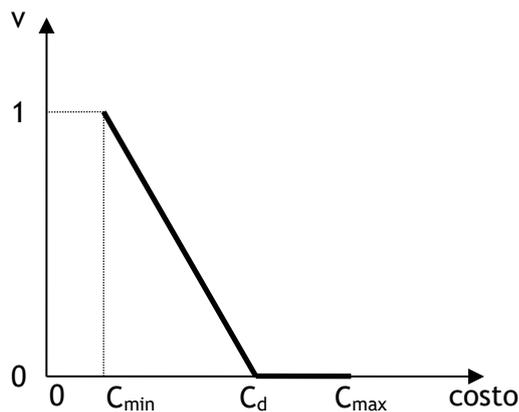


Fig.3.1 - Una possibile funzione di utilità per il criterio costi, valutata nell'intervallo  $C_{\min} - C_{\max}$ .

L'applicazione della funzione di utilità del criterio  $i$ -esimo all'indicatore corrispondente consente pertanto di ottenere da ogni elemento della riga  $i$ -esima della matrice di valutazione un valore  $v_i(g_i(k))$  compreso tra 0 e 1, dove 1 indica la massima "soddisfazione" e 0 la massima "insoddisfazione" per il comportamento dell'alternativa  $k$  rispetto al criterio  $i$ . Poiché ogni criterio ha una sua specifica funzione di utilità, l'operazione va ripetuta per tutte le righe della matrice di valutazione, ottenendo dei valori che vengono abitualmente ordinati in una seconda matrice (vedi Tab.3.2), delle stesse dimensioni della matrice di valutazione. Data un'alternativa i valori assunti dagli indicatori per ciascun criterio vengono così trasformati in numeri che rappresentano la prestazione dell'alternativa rispetto ai singoli criteri.



## Thematic Catalogue 1

	A1	A2	...	Ak	...
cr.1	$v_1(g_1(1))$	$v_1(g_1(2))$	...	$v_1(g_1(k))$	...
cr.2	$v_2(g_2(1))$	$v_2(g_2(2))$	...	$v_2(g_2(k))$	...
⋮	⋮	⋮		⋮	
cr.i	$v_i(g_i(1))$	$v_i(g_i(2))$	...	$v_i(g_i(k))$	...
⋮	⋮	⋮		⋮	

Tab.3.2 - La matrice di valutazione dopo l'applicazione delle funzioni valore: gli elementi  $v_i(g_i(k))$  sono numeri compresi tra 0 e 1, dove 1 indica la massima "soddisfazione" e 0 la massima "insoddisfazione" per il comportamento dell'alternativa k rispetto al criterio i.

Infine, la prestazione complessiva di ogni alternativa si ottiene come somma pesata delle sue prestazioni rispetto ai singoli criteri. È perciò necessario associare ad ogni criterio i un peso  $w_i$ , che ne indica l'importanza rispetto agli altri criteri; i pesi possono essere ordinati e rappresentati tramite il vettore dei pesi W (vedi Tab.3.3). Il vettore dei pesi dovrebbe essere fornito dal decisore, poiché ne rispetta la struttura delle preferenze. Ciò non è sempre facile e immediato. La procedura per ottenere il vettore dei pesi in modo rigoroso richiede una interazione tra chi esegue l'analisi dal punto di vista tecnico e il decisore, e può risultare piuttosto complessa e lunga per il decisore.

	W
cr.1	$w_1$
cr.2	$w_2$
⋮	⋮
cr.i	$w_i$
⋮	⋮

Tab.3.3 - Il vettore dei pesi W il cui generico elemento  $w_i$  indica l'importanza relativa del criterio i.

Una volta definiti i pesi, è immediato calcolare la prestazione complessiva  $V(k)$  di ogni alternativa k come somma pesata delle sue prestazioni rispetto ai singoli criteri.

	A1	A2	...	Ak	...	W
cr.1	$v_1(g_1(1))$	$v_1(g_1(2))$	...	$v_1(g_1(k))$	...	$w_1$
cr.2	$v_2(g_2(1))$	$v_2(g_2(2))$	...	$v_2(g_2(k))$	...	$w_2$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
cr.i	$v_i(g_i(1))$	$v_i(g_i(2))$	...	$v_i(g_i(k))$	...	$w_i$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮

V	V(1)	V(2)	...	V(k)	...

Tab.3.4 - Le prestazioni parziali delle alternative, i pesi associati ai criteri e le prestazioni complessive delle alternative.

Può essere funzionale rappresentare insieme come mostrato in Tab.3.4 le prestazioni parziali delle



## Thematic Catalogue 1

alternative, i pesi associati ai criteri e le prestazioni complessive delle alternative: in questo modo le prestazioni complessive vengono lette per ogni alternativa sulla rispettiva colonna (ultima riga), e sono ottenute dai dati riportati nella colonna stessa e nella colonna dei pesi:

$$V(k) = w_1 v_1(g_1(k)) + w_2 v_2(g_2(k)) + \dots + w_i v_i(g_i(k)) + \dots$$

Note le prestazioni complessive è possibile costruire un ordinamento delle alternative, in cui la prima alternativa sarà quella con punteggio maggiore e le successive quelle con punteggio via via a scalare. Il risultato risulta fortemente dipendente dal vettore dei pesi assegnato e riflette perciò la soggettività del decisore (nella scelta del vettore). Potenziali conflitti tra i soggetti interessati possono essere studiati attribuendo diversi vettori dei pesi e andando a calcolare i diversi ordinamenti a cui conducono. Molto utile risulta anche una analisi di sensitività che studi come cambia la soluzione al variare dei pesi e determini quindi la solidità dell'ordinamento trovato con uno specifico vettore dei pesi.

L'analisi a molti attributi classica è l'unico metodo rigoroso da un punto di vista formale e fornisce un ordinamento completo delle alternative. Tuttavia si basa su ipotesi (separabilità e additività) che non è facile verificare nei casi reali e richiede una interazione complessa con il decisore (stima delle funzioni valore e del vettore dei pesi).

L'analisi a molti attributi classica risulta adatta a trattare problemi ben strutturati, in una fase del processo decisionale in cui la maggior parte delle stime possono essere valutate in modo quantitativo.

### 3.1.2. Analisi gerarchica

L'analisi gerarchica<sup>9</sup> (AHP) è una metodologia sviluppata nel corso degli anni settanta da Saaty<sup>10</sup> e successivamente formalizzata come teoria assiomatica<sup>11</sup> (Saaty, 1986). Anche l'analisi gerarchica attribuisce a ciascuna alternativa un punteggio che ne rappresenta la prestazione complessiva, punteggio ottenuto come somma pesata delle prestazioni sui singoli criteri. L'analisi gerarchica è più complessa dell'analisi classica a molti criteri dal punto di vista matematico, ma tende a semplificare l'interazione con il decisore ed è in grado di trattare problemi in cui la gran parte dei dati è qualitativa.

Il metodo si articola in tre fasi: decomposizione, confronti a coppie, ricomposizione gerarchica.

La fase di decomposizione consiste nella definizione di una struttura gerarchica. In questa struttura ci sono sempre un livello iniziale che è l'obiettivo generale (ad esempio selezionare l'alternativa "migliore"), e un livello finale che rappresenta le alternative; ci sono poi una serie di livelli intermedi, i vari criteri e sottocriteri. Nel caso più semplice la gerarchia ha tre livelli: obiettivo generale → criteri → alternative (vedi Fig.3.2).

---

<sup>9</sup> Vargas L.G., J.M. Kats, An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications, *European Journal of Operational Research*, 48, 2-8, 1990.

<sup>10</sup> Saaty T.L., *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw Hill, New York, 1980.

<sup>11</sup> Saaty T.L., Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 32, pp. 841-855, 1986.



## Thematic Catalogue 1

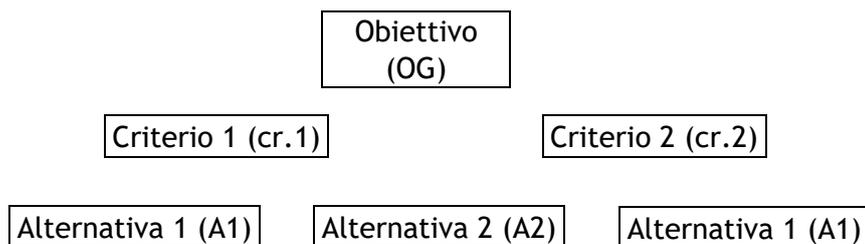


Fig.3.2 - Una gerarchia a tre livelli: obiettivo generale → criteri → alternative, con 2 criteri e 3 alternative.

La prima operazione che si compie è l'effettuazione di confronti a coppie tra elementi della gerarchia. In particolare ciascun elemento di un livello va confrontato con gli elementi del suo stesso livello dal punto di vista di ciascuno dei criteri del livello superiore. Il decisore deve pertanto rispondere a domande del tipo: "Di quanto è preferibile l'alternativa  $i$  all'alternativa  $j$  dal punto di vista del criterio  $k$ ?", oppure: "Di quanto è più importante il criterio  $l$  del criterio  $m$  rispetto all'obiettivo generale?". Il decisore può rispondere in modo quantitativo, cioè numerico, ma ciò può non essere sempre possibile, per cui Saaty propone che possano essere date anche risposte qualitative, secondo la scala riportata in Tab.3.5, che prevede anche una "traduzione" dei valori qualitativi in valori numerici, secondo quanto riportato nella stessa figura.

### SCALA DI IMPORTANZA RELATIVA DI SAATY

Intensità di preferenza di $i$ su $j$	Traduzione numerica
uguale	1
debole	3
significativa	5
forte	7
assoluta	9
valori intermedi	2, 4, 6, 8

Tab.3.5 - La scala di Saaty per i confronti a coppie: preferenza o importanza relativa dell'elemento  $i$  su  $j$  rispetto a un criterio del livello superiore. La preferenza o importanza relativa di  $j$  su  $i$  è il reciproco di quella di  $i$  su  $j$ .

Le risposte  $m_{ij}$  del decisore vengono organizzate in matrici di confronti a coppie (vedi Tab.3.6), in cui, dato che la preferenza o importanza relativa di  $j$  su  $i$  è il reciproco di quella di  $i$  su  $j$ ,  $m_{ji}=1/m_{ij}$ . Tali matrici sono quadrate e hanno dimensione pari al numero di elementi del livello gerarchico che si sta considerando. La matrice dei confronti a coppie è anche consistente, se, dati tre elementi qualunque  $m_{ij}$ ,  $m_{ik}$ ,  $m_{jk}$ , risulta  $m_{ik} = m_{ij} * m_{jk}$ : se l'alternativa A1 vale il doppio della A2 e la A2 il doppio della A3 (sempre rispetto allo stesso criterio) e vale la proprietà di consistenza allora l'alternativa A1 vale quattro volte la A3. Se il decisore fosse consistente tutte le colonne della matrice dei confronti a coppie conterrebbero la stessa informazione, risultando proporzionali l'una all'altra, e sarebbe sufficiente fare pochi confronti ( $n-1$  opportunamente scelti se  $n$  è l'ordine della matrice) per ricavare la matrice completa. I confronti a coppie vengono invece effettuati tutti proprio per tener conto delle eventuali inconsistenze del decisore. La gravità degli errori di consistenza può poi essere valutata tramite opportuni indici.

Per ogni livello gerarchico si devono generare tante matrici dei confronti a coppie quanti sono gli elementi del livello superiore.



## Thematic Catalogue 1

cr.1	A1	A2	A3
A1	1	$m_{12}$	$m_{13}$
A2	$1/m_{12}$	1	$m_{23}$
A3	$1/m_{13}$	$1/m_{23}$	1

Tab.3.6 - La matrice dei confronti a coppie delle tre alternative (vedi Fig.7.2) rispetto al criterio 1; l'elemento  $m_{ij}$  è la risposta del decisore alla domanda "Di quanto è preferibile l'alternativa i all'alternativa j dal punto di vista del criterio 1?". Ovviamente sulla diagonale principale compaiono degli 1, il risultato del confronto di un'alternativa con se stessa

Da ogni matrice di confronti a coppie si ricava un ordinamento degli elementi del livello gerarchico considerato rispetto al singolo criterio coinvolto, che appartiene al livello gerarchico superiore. Se la matrice considerata è consistente le preferenze del decisore sono modellizzate in modo esatto e il vettore di ordinamento è l'autovettore dominante della matrice (proporzionale a ciascuna colonna della matrice). A causa dell'inevitabile approssimazione delle risposte del decisore, spesso la matrice dei confronti a coppie non è consistente. L'inconsistenza è addirittura quasi inevitabile se il decisore risponde alle domande sui confronti a coppie utilizzando la scala di importanza relativa di Saaty, dato che questa ha un limite superiore: se ad esempio l'intensità di preferenza di i su j è forte ( $m_{ij} = 7$ ) e quella di j su k è significativa ( $m_{jk} = 5$ ), l'intensità di preferenza di i su k può essere al più assoluta ( $m_{ik} = 9 \neq 7 \times 5$ ). Se l'errore di consistenza è sufficientemente piccolo, Saaty propone di utilizzare ancora l'autovettore dominante della matrice come miglior approssimazione dei giudizi del decisore, ma sono stati suggeriti anche altri metodi.

Ottenuti i vettori di ordinamento di ogni livello rispetto ai singoli elementi del livello superiore si può risalire la gerarchia per determinare il vettore di ordinamento globale delle alternative rispetto all'obiettivo generale. Nel caso di una gerarchia a tre livelli i vettori di ordinamento che si ottengono sono quelli delle alternative rispetto a ciascun criterio e dei criteri rispetto all'obiettivo generale. Data un'alternativa, il punteggio che le viene attribuito nel vettore di ordinamento globale è di fatto la somma pesata degli elementi del suo vettore di ordinamento rispetto ai criteri, dove i pesi sono gli elementi del vettore di ordinamento dei criteri rispetto all'obiettivo generale.

Rispetto all'analisi classica, l'analisi gerarchica semplifica il compito del decisore consentendogli sia di rispondere a domande più semplici e sempre dello stesso tipo, anche se più numerose (i confronti a coppie), sia di esprimere le sue preferenze in modo qualitativo.

Un limite dell'analisi gerarchica è l'introduzione di elementi soggettivi non gestibili dal decisore, quali la scelta della scala di importanza relativa nel caso le preferenze siano espresse in modo qualitativo, o la scelta della soglia di inconsistenza accettabile e del metodo di passaggio da una matrice di confronti a coppie al rispettivo vettore di ordinamento nel caso di inconsistenza.

Nell'analisi gerarchica l'ordinamento finale dipende dalle alternative prese in considerazione. In particolare l'ordinamento, compreso la sua prima posizione, può variare (rank reversal) con l'introduzione di alternative anche irrilevanti (cioè non candidate a classificarsi al primo posto). Questo fa sì che il risultato possa essere pilotato; infatti tramite semplici considerazioni geometriche è possibile capire quali alternative devono essere introdotte per ottenere un determinato ordinamento finale. Sono state date delle risposte, anche se non completamente soddisfacenti, a questo problema, introducendo varianti al metodo, che non saranno però discusse in questa sede.

La critica fondamentale che viene mossa all'analisi gerarchica riguarda però la modalità di effettuazione dei confronti a coppie. Le domande a cui il decisore deve rispondere sono mal formulate: non ha senso chiedere, ad esempio, di quanto è più importante il criterio economia del criterio ambiente rispetto all'obiettivo generale, perché la risposta deve dipendere da quanto i criteri possono variare. Se l'ambiente potesse variare da "invivibile" a "ottimo" e l'economia da "buono" a "molto buono" sembrerebbe probabilmente ragionevole considerare molto più importante il criterio ambiente; se invece l'ambiente potesse variare da "ottimo" a "superlativo" e l'economia da "disastroso" a "buono" il criterio economia dovrebbe essere considerato il più importante.



L'analisi gerarchica è adatta a trattare anche stime qualitative e quindi si adatta bene alle fasi preliminari, in cui il giudizio degli esperti è più frequente dell'utilizzo di modelli quantitativi.

### 3.1.3. Metodi Electre

I metodi Electre<sup>12</sup> (Elimination Et Chioix Traduisant la REalité) sono frutto della scuola francese<sup>13</sup>. Nascono dall'idea che i rigorosi assiomi matematici sono inadatti a descrivere una realtà complessa come quella dei processi decisionali reali, intrinsecamente ricca di contraddizioni che non devono essere ignorate. Come indica anche l'acronimo, l'obiettivo dei metodi Electre è pertanto di realizzare un metodo il più possibile aderente al processo decisionale reale, anche a costo di mantenere delle contraddizioni dal punto di vista matematico.

Sia l'analisi a molti criteri classica che l'analisi gerarchica sono metodi compensativi, secondo i quali è sempre possibile compensare una perdita su un criterio con un adeguato guadagno su un altro: ad esempio un'alternativa che fornisce un'elevata qualità di servizi ma ha un costo elevato può risultare equivalente ad una che fornisce servizi scadenti a basso costo. I metodi Electre prevedono invece che possa esistere l'incomparabilità, ossia l'impossibilità di stabilire una relazione di preferenza o di indifferenza in un confronto: nella realtà non sempre è verificato il principio di compensazione e non è detto che una forte insoddisfazione per il comportamento di un'alternativa rispetto a un'altra su un criterio possa essere compensata dalla prevalenza della stessa alternativa dal punto di vista dei rimanenti  $n-1$  criteri. Nella scelta di una autovettura, ad esempio, nessuno sarà indeciso tra una piccola utilitaria e un'automobile di lusso: la differenza di prezzo è tale da rendere le due alternative incomparabili. La scelta viene di fatto effettuata tra opzioni comparabili, che appartengono alla stessa "categoria".

I metodi Electre considerano inoltre in modo esplicito il fatto che la capacità di discriminazione può essere finita.

Queste ipotesi fanno saltare la transitività: se  $A_1$  è preferito ad  $A_2$  e  $A_2$  è preferito ad  $A_3$ , non è detto che  $A_1$  sia preferito ad  $A_3$ .

I metodi Electre si basano sulla definizione di surclassamento. Si dice che l'alternativa  $A_i$  surclassa la  $A_j$  quando ci sono validi motivi per preferirla ad essa; per l'esistenza della relazione di surclassamento si esaminano sia le ragioni che giocano a favore o che almeno non si oppongono (concordanza), che devono essere sufficientemente forti affinché l'area di non conflitto sia elevata, sia le ragioni contro (discordanza), che devono essere sufficientemente deboli affinché il rammarico dovuto all'eventuale eliminazione di  $A_j$  da parte di  $A_i$  sia limitato. Per calcolare la concordanza e la discordanza è necessario disporre di una matrice di valutazione monotona (una matrice di valutazione è monotona quando ciascun indicatore è da massimizzare o minimizzare per ottenere il massimo di soddisfazione) e di un vettore dei pesi che esprima l'importanza relativa dei criteri.

Esiste una varietà di sfumature riguardo a come calcolare e integrare tra loro concordanza e discordanza e a cosa ricavare come risultato finale dell'analisi. La concordanza è comunque un indicatore dell'insieme dei punti di vista che non si oppongono al surclassamento, mentre la discordanza è legata alla massima differenza di prestazioni che gioca contro il surclassamento.

#### *Electre I*

Il metodo Electre I si basa sulla definizione di due soglie, di concordanza  $C$  e di discordanza  $D$ , che sono il valore minimo dell'insieme dei pesi dei criteri che non si oppongono al surclassamento e il valore massimo di rammarico che il decisore può tollerare; un'alternativa surclassa un'altra soltanto se la concordanza è maggiore di  $C$  e la discordanza minore di  $D$ . Poiché non sempre, data una coppia di alternative, esiste una relazione di surclassamento, Electre I genera un grafo di surclassamenti non completo. A causa di questo, oltre che dell'intransitività, non è possibile ricavare dal grafo dei surclassamenti un ordinamento. È tuttavia possibile ricavare il "nucleo", cioè l'insieme delle

<sup>12</sup> Roy B., *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes e Cas*, Economica, Paris, 1993.

<sup>13</sup> Maystre L.Y., J. Pictet, J. Simos, *Méthodes Multicritère ELECTRE*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1994.



## Thematic Catalogue 1

alternative, tra loro incomparabili, che non è possibile scartare perché non surclassate da nessun'altra alternativa del nucleo. Non si parla di alternative "migliori", ma di alternative che si possono scartare e alternative che sono candidate alla scelta.

### **Electre II**

Electre II è una evoluzione di Electre I, ideata allo scopo di tentare di generare un ordinamento. Vengono fissati a tal fine due coppie di soglie, una "forte" e una "debole" e vengono così creati due grafi di surclassamento: uno "povero", associato alle soglie forti, e uno "ricco", associato alle soglie deboli. Il grafo povero ha pochi surclassamenti (ma molto significativi) e molte incomparabilità, mentre il grafo ricco ha più surclassamenti (con significatività però anche molto differenti tra loro) e poche incomparabilità. Se, per generare l'ordinamento, si utilizzasse solo il grafo povero, avendo pochi surclassamenti le alternative risulterebbero tra loro quasi tutte incomparabili. Se al contrario si utilizzasse il grafo ricco, avendo molte relazioni di surclassamento si genererebbero delle situazioni talmente intricate (comprendenti eventualmente cicli del tipo A1 surclassa A2 che surclassa A3 che surclassa A1) da rendere la situazione ingestibile. L'ordinamento si ricava perciò in due tempi: dal grafo forte si ricava un primo ordinamento di gruppi di alternative tra loro incomparabili, quindi dal grafo debole si ricavano ulteriori informazioni che consentono di discriminare all'interno dei gruppi. A causa dell'incompletezza dei grafi, l'ordinamento calcolato con un algoritmo discendente (migliore → peggiore) può essere diverso da quello calcolato con un algoritmo ascendente (peggiore → migliore). La proposta di Electre II è di calcolarli entrambi e costruire un ordinamento finale come intersezione dei due. L'ordinamento risultante è comunque un ordinamento parziale, a causa dell'esistenza di incomparabilità.

### **Electre III**

Electre III nasce dalla critica alle soglie usate in Electre I e II; la critica riguarda l'arbitrarietà dei valori che si fissano per tali soglie e la difficoltà di comprenderne il significato, nonostante il risultato finale ne dipenda fortemente. Perciò queste soglie vengono sostituite con altre, di significato più intuitivo perché legate ai singoli criteri: si tratta, per ogni criterio, di una soglia di indifferenza I, una di preferenza P e una di veto V. Le soglie stimano l'importanza di una differenza di prestazione tra due alternative. Da questa base Electre III calcola, attribuendo dei pesi di importanza ai singoli criteri, una matrice di credibilità dei surclassamenti, da cui ottiene con un algoritmo detto di distillazione i due ordinamenti ascendente e discendente che tratta come in Electre II.

Electre III rappresenta affinamento di Electre I e II, ed è descritto estesamente nel paragrafo 7.1.4.

### **Electre IV**

Electre IV tenta di evitare la difficoltà del decisore di assegnare i pesi ai criteri. A causa di ciò è però applicabile correttamente solo nei casi in cui i criteri hanno più o meno la stessa importanza (ossia i pesi sono sostanzialmente uguali), il che lo rende inadatto ai casi in cui i criteri sono numerosi e articolati, come nella valutazione di impatto ambientale.

I metodi Electre sono, più degli altri, aderenti al buon senso con cui viene affrontato il processo decisionale reale, tengono conto del fatto che la capacità di discriminazione è limitata e considerano in modo esplicito l'incomparabilità. Tuttavia vengono loro fatte diverse critiche.

Innanzitutto l'ordinamento finale, come nell'analisi gerarchica, dipende dalle alternative presenti. Inoltre, a causa dell'incomparabilità, risulta anche differente a seconda che venga calcolato in modo ascendente, discendente o come sintesi dei due. Se la dinamica decisionale non predilige una delle due direzioni di calcolo, la procedura che ottiene un terzo ordinamento, quello finale, come intersezione dei due può essere discutibile. A causa dell'incomparabilità gli ordinamenti risultanti non sono completi ma parziali.

Una seconda critica riguarda il fatto che alcune delle semplificazioni effettuate sono solo apparenti: vengono utilizzati dei pesi per i criteri senza analizzare in nessun modo le modalità della loro assegnazione e vengono eliminate le funzioni di utilità presenti nell'analisi classica, ma postulando matrici di valutazione monotone.

Un'ultima critica riguarda il fatto che il risultato finale dipende fortemente da soglie e/o parametri che non hanno un preciso significato fisico.



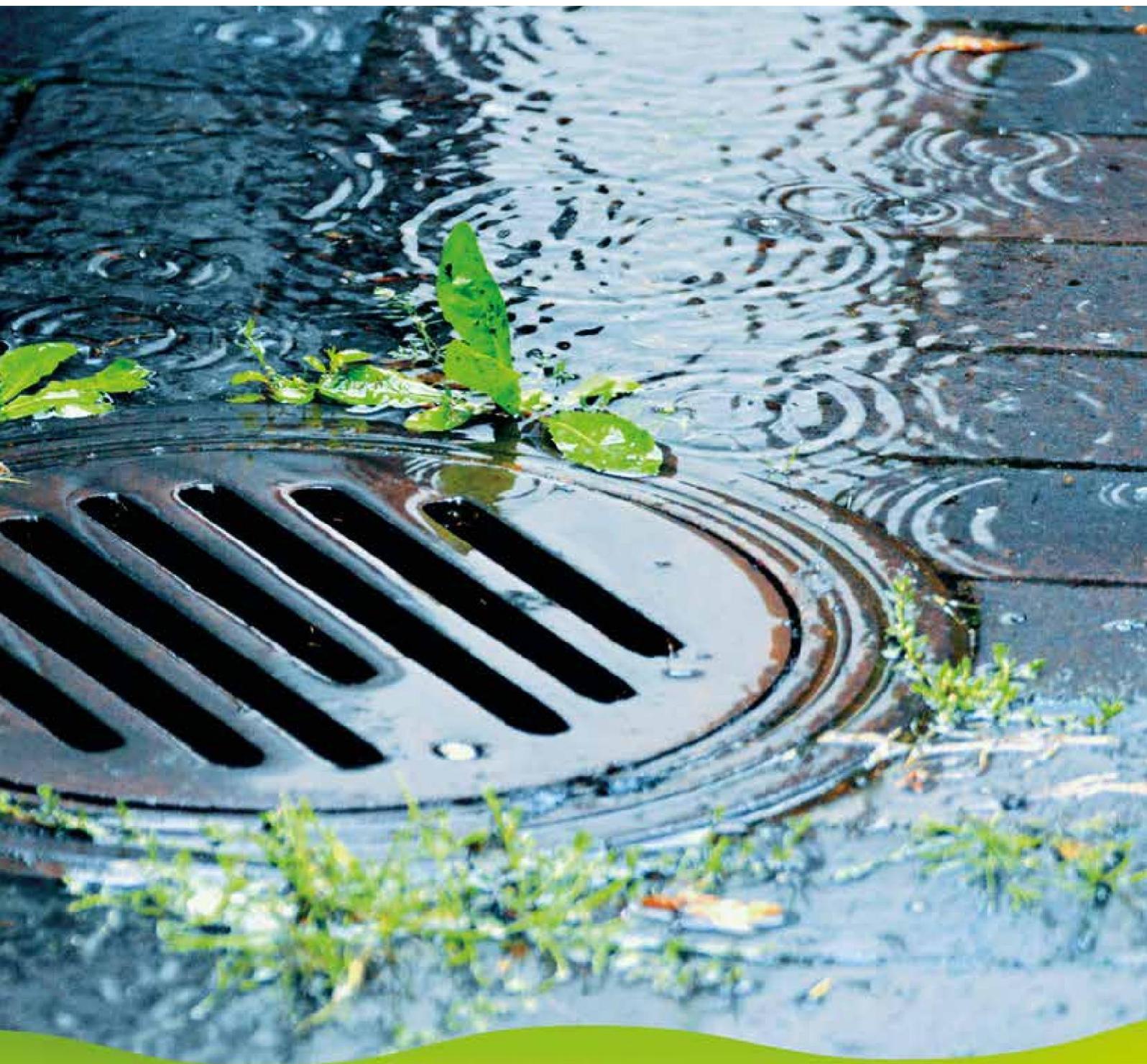
### 3.1.4. Sintesi delle caratteristiche dei diversi metodi

Le considerazioni fatte sulle caratteristiche dei diversi metodi sono riassunte in Tab.3.7. Le voci considerate sono:

- il tipo di risultato ottenuto (risultato);
- il rigore dal punto di vista matematico (rigore matematico);
- la dipendenza del risultato dalla presenza di alternative irrilevanti e la conseguente possibilità di rank reversal (rank reversal);
- l'aderenza del metodo al processo decisionale reale, ossia la vicinanza della procedura indicata dal metodo con il "buon senso" con cui vengono solitamente affrontate le decisioni (aderenza al processo decisionale reale);
- la semplicità o complessità dei passi che deve compiere il decisore (semplicità per il decisore);
- la possibilità per il decisore di comprendere tutto il percorso decisionale con le implicazioni di ogni possibile scelta (trasparenza per il decisore);
- la flessibilità del metodo per quanto riguarda la possibilità di trattare anche dati qualitativi e quindi di adattarsi a differenti fasi del processo decisionale (possibilità di trattare dati qualitativi).

	AMC	AHP	Electre
Risultato	<ul style="list-style-type: none"> <li>•punteggio per ogni alternativa</li> <li>•ordinamento completo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•punteggio per ogni alternativa</li> <li>•ordinamento completo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•nucleo</li> <li>•ordinamenti parziali</li> </ul>
rigore matematico	<ul style="list-style-type: none"> <li>•si</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•pesi assegnati in modo non rigoroso</li> <li>•arbitrarietà nella scelta della scala qualitativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•arbitrarietà nell'assegnazione di alcune soglie</li> </ul>
rank reversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>•no</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•dipendenza dalle alternative irrilevanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•dipendenza dalle alternative irrilevanti</li> </ul>
aderenza al processo decisionale reale	<ul style="list-style-type: none"> <li>•prevale l'aspetto teorico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•prevale l'aspetto teorico, ma si ammette l'inconsistenza del decisore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•aderenza al buon senso</li> <li>•ammette l'incomparabilità</li> </ul>
semplicità per il decisore	<ul style="list-style-type: none"> <li>•domande complesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•domande abbastanza semplici ma numerose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•semplice</li> </ul>
trasparenza per il decisore	<ul style="list-style-type: none"> <li>•possibilità di comprendere tutti i passaggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•arbitrarietà nella scelta della scala qualitativa</li> <li>•complessità dal punto di vista matematico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•arbitrarietà nell'assegnazione di alcune soglie</li> <li>•complessità dal punto di vista matematico</li> </ul>
possibilità di trattare dati qualitativi	<ul style="list-style-type: none"> <li>•scarsa: i dati qualitativi devono essere tradotti in quantitativi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ottima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•buona</li> </ul>

Tab.3.7 - Sintesi delle caratteristiche principali dei tre metodi analisi a molti attributi classica (AMC), analisi gerarchica (AHP), metodi Electre (Electre).



Catalogo Tematico 2

**Soluzioni innovative di tipo ingegneristico  
e *nature-based solutions*  
per l'uso circolare delle acque**



# Indice

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>23</b>
1.1. LA CRISI IDRICA IN ITALIA	24
<b>2. L'ACQUA NELLE NOSTRE CASE: SOLUZIONI PER RIDURRE I CONSUMI</b>	<b>25</b>
2.1. I CONSUMI IDRICI NELLE NOSTRE CASE	25
2.2. PRATICHE E TECNOLOGIE DI RISPARMIO IDRICO PER LA CASA	27
2.2.1. Lavarsi con meno acqua	29
2.2.2. Dispositivi per ridurre i consumi dello scarico del WC	33
2.2.3. Elettrodomestici a risparmio idrico	34
2.2.4. Quanto è possibile ridurre i consumi con il risparmio?	35
2.3. LA RACCOLTA DELLA PIOGGIA	36
2.4. LA "RACCOLTA DIFFERENZIATA" DEGLI SCARICHI	40
2.4.1. Acque nere e acque grigie	40
2.4.2. Una risorsa inaspettata: la pipì	45
2.4.3. Il WC senz'acqua: la composting toilet	49
2.5. CONSUMI IDRICI E SCARICHI NELLA "CASA IDEALE"	51
2.5.1. Consumare meno di 100 litri/giorno di acqua potabile	51
2.5.2. I benefici della gestione sostenibile delle acque domestiche	56
<b>3. LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE NELLE CITTÀ</b>	<b>57</b>
3.1. ACQUA E CITTÀ: 5 REGOLE PER LA GESTIONE "ECOSOSTENIBILE"	57
3.2. LE RETI DI DISTRIBUZIONE IDRICA	59
3.3. LE RETI FOGNARIE E LA DEPURAZIONE	62
3.3.1. Depurazione decentrata o centralizzata?	62
3.3.2. Le tecniche di depurazione naturale	65
3.3.3. Pioggia e scarichi	68
3.4. IL RIUSO DELLE ACQUE DI SCARICO	76
3.4.1. Riuso: più acqua, meno scarichi	76
3.4.2. I vincoli al riuso in agricoltura	77
3.4.3. Soluzioni tecniche e scelte operative per il riuso	81
3.5. GLI EFFETTI DELLA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE ALLA SCALA URBANA	83



# 1. Introduzione<sup>14</sup>

I problemi idrici sono destinati ad aumentare, in Europa e non solo, nei prossimi anni, a causa dei cambiamenti climatici e della pressione antropica. Entro il 2030 nel mondo la richiesta d'acqua potrebbe superare del 40% la fornitura (Figura 1). Parallelamente, l'80% delle acque reflue attualmente viene reimpressa nell'ambiente senza alcun trattamento. È perciò urgente esplorare soluzioni di gestione circolare delle acque e sviluppare un sistema ad anello chiuso con riutilizzo ottimale per evitare la perdita di questa risorsa preziosa. Il modello convenzionale centralizzato di gestione delle acque in ambito urbano sta affrontando molte difficoltà dovute in buona parte all'invecchiamento delle infrastrutture, alla loro crescente dimensione e ai loro costi, alla debolezza delle strutture di governance e alle poche opportunità di investimento per sviluppare nuovi progetti infrastrutturali. Stiamo anche assistendo a un rapido cambiamento, legato al cambiamento climatico, nello scenario di disponibilità dell'acqua

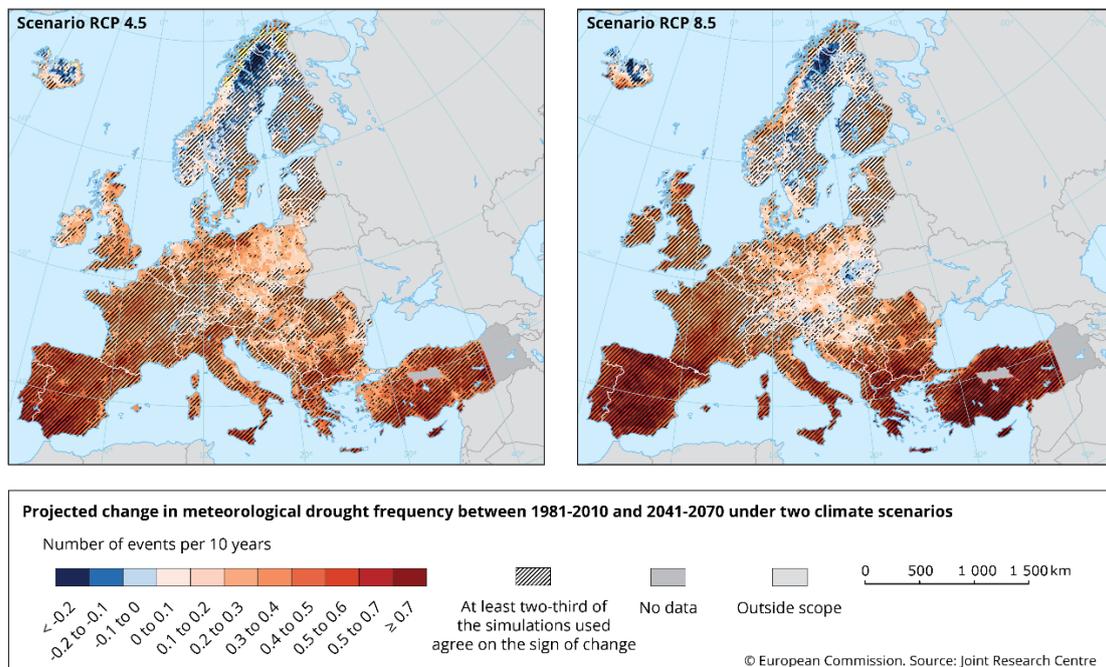


Figura 1: Entro il 2030 nel mondo la richiesta d'acqua potrebbe superare del 40% la fornitura

È perciò urgente esplorare soluzioni di gestione circolare delle acque e sviluppare un sistema ad anello chiuso con riutilizzo ottimale per evitare la perdita di questa risorsa preziosa. Il modello convenzionale centralizzato di gestione delle acque in ambito urbano sta affrontando molte difficoltà dovute in buona parte all'invecchiamento delle infrastrutture, alla loro crescente dimensione e ai loro costi, alla debolezza delle strutture di governance e alle poche opportunità di investimento per sviluppare nuovi progetti infrastrutturali. Stiamo anche assistendo a un rapido cambiamento, legato al cambiamento climatico, nello scenario di disponibilità dell'acqua.

<sup>14</sup> Questo catalogo fa riferimento, oltre che alla versione integrale in inglese dell'[Handbook CWC](#), al libro di Giulio Conte [Nuvole e sciacquoni](#)



## 1.1. La crisi idrica in Italia

Le risorse idriche disponibili in Italia attualmente ammontano a circa 52 miliardi di metri cubi all'anno: a fronte di questa disponibilità, ne utilizziamo ogni anno circa 35 miliardi, 9.5 dei quali destinati all'uso civile. Il volume complessivo utilizzato non dovrebbe crescere nel futuro, perché l'unico settore che ha ancora una tendenza in crescita è quello civile, mentre i consumi agricoli e industriali sono attualmente in fase di contrazione.

Quindi la situazione italiana sembrerebbe in ordine: le risorse disponibili sono sufficienti a garantire i fabbisogni con un cospicuo margine di 17 miliardi di metri cubi all'anno. Nessun problema allora? Le ormai frequenti situazioni di "emergenza" ci dicono che le cose non vanno così lisce. Un primo problema è dovuto al fatto che la domanda si concentra nei mesi estivi: i dati di disponibilità e di consumi infatti sono annuali, ma gran parte dei consumi si concentra nei mesi della tarda primavera e dell'estate. La domanda irrigua, tipicamente, va da aprile - o addirittura da marzo in alcune regioni del Sud - a ottobre. A partire da giugno però, cresce anche la domanda per gli usi civili, per la domanda di irrigazione di orti e giardini e l'aumento delle presenze turistiche. La mancanza d'acqua in qualche zona d'Italia di cui sentiamo notizia periodicamente, ma ci sono aree del paese dove la "turnazione" della fornitura d'acqua ricorre annualmente, legata alla concomitanza di picco di domanda. La situazione è aggravata dagli effetti del cambiamento climatico, che tende a determinare una distribuzione delle piogge con alternanza di periodi di siccità e periodi di precipitazioni intense.

Ma c'è un altro fondamentale aspetto che dobbiamo considerare. Se il prelievo di 35 miliardi di metri cubi sembra teoricamente compatibile con una disponibilità di 52, non è altrettanto compatibile con la qualità delle acque dei nostri fiumi e falde. In altre parole, la stima delle risorse utilizzabili non tiene conto della necessità di mantenere una "circolazione idrica naturale": nelle stagioni critiche, le portate dei nostri fiumi e falde tendono ad essere quasi completamente sfruttate e non rimane un deflusso naturale sufficiente, non solo a mantenere vivo l'ecosistema - nel caso dei corsi d'acqua - ma nemmeno a diluire gli inquinanti che, seppur trattati dai depuratori, è necessario scaricare.

Sono inoltre necessarie misure incisive per raggiungere il "buono stato delle acque" richiesto dalla Direttiva Europea Quadro sulle acque (2000/60). Tali misure hanno cominciato ad essere individuate dai Piani Regionali di Tutela delle Acque. Le misure sono sostanzialmente di due tipi: quelle volte a ridurre il carico inquinante (riducendo i carichi alla fonte o aumentando la capacità di depurazione) e quelle rivolte ad aumentare le "portate naturali", ovvero ridurre i prelievi. Ad oggi le politiche per ridurre i prelievi sono ancora poco definite e in alcuni casi assurdamente contraddittorie, ma si sta sviluppando la consapevolezza che l'attuale livello di prelievo delle risorse naturali è incompatibile con il buono stato delle risorse idriche; anche spingendo al massimo le tecniche di depurazione è praticamente impossibile ridurre il carico a livelli compatibili con corpi recettori che hanno portate ormai limitatissime - in molti casi costituite esclusivamente da scarichi. Quindi anche in Italia, pur senza considerare gli andamenti legati al cambiamento climatico e fenomeni di urbanizzazione, occorre al più presto adottare misure opportune.



## 2. L'acqua nelle nostre case: soluzioni per ridurre i consumi

Negli ultimi anni si moltiplicano le campagne informative sull'uso razionale dell'acqua, che ci invitano a non lasciar correre l'acqua quando ci laviamo i denti o a sorvegliare rubinetti gocciolanti. Queste misure sono importanti, ma permettono solo una limitata riduzione dei consumi e non danno alcun contributo alla riduzione dell'inquinamento. È però possibile ridurre i consumi di più del 30% ricorrendo a soluzioni tecniche semplici, installabili nei nostri appartamenti. Ma ristrutturando l'impianto idrico di casa in modo che sfrutti la pioggia e permetta il recupero delle acque non contaminate è possibile realizzare abitazioni che consumano meno di un terzo dei nostri consumi attuali e che hanno effetti positivi anche sulla funzionalità dei depuratori. Infine, è possibile immaginare soluzioni semplicissime - come la raccolta separata delle urine - che avrebbero benefici inattesi su tutto il sistema urbano di gestione dell'acqua.

### 2.1. I consumi idrici nelle nostre case

Da molti anni quando la mancanza di pioggia scatena una delle crisi idriche che periodicamente si verificano da qualche parte d'Italia, compaiono regolarmente sulle pagine dei giornali i titoli sulle "reti colabrodo che disperdono il 50% dell'acqua potabile". Il problema dell'efficienza delle reti effettivamente esiste ma non gli vanno attribuite tutte le responsabilità della cattiva gestione dell'acqua. I consumatori finali hanno un ruolo importante nell'evitare gli sprechi.

Il settore idrico civile, in tutti i paesi del mondo occidentale, coincide con le utenze idriche servite da una rete acquedottistica e fognaria. Nell'ambito degli usi civili, vengono considerati usi domestici solo le utenze residenziali vere e proprie, che a livello medio nazionale ammontano a circa il 75% degli usi civili. Molti usi "extradomestici", però, sono assimilabili ai domestici: sono le acque destinate ad uffici, negozi, ristoranti, alberghi, stadi, cinema, ecc., che svolgono le stesse funzioni per cui le usiamo nelle case (servizi igienici, lavaggi, cucina, irrigazione, ecc.), seppure con differenze importanti in termini di quantità utilizzate. Una frazione molto modesta dei consumi civili (dell'ordine dell'1-2%) è destinata ad usi effettivamente particolari, come l'artigianato, il servizio antincendio, ecc....

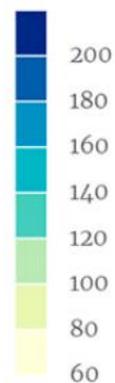
Ci concentriamo qui sugli usi domestici e assimilati. I consumi d'acqua nelle case occidentali possono variare notevolmente secondo il clima, le condizioni sociali, le abitudini, la tipologia edilizia: Gli italiani sono i maggiori consumatori di acqua in Europa, con 220 litri al giorno pro capite contro una media europea di 165 litri<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> <https://resourcewatch.org/dashboards/water>



# WATER CONSUMPTION HOUSEHOLD

Litres per person  
and day



Data: EurEau, 2020

Infographic: Hidrología Sostenible

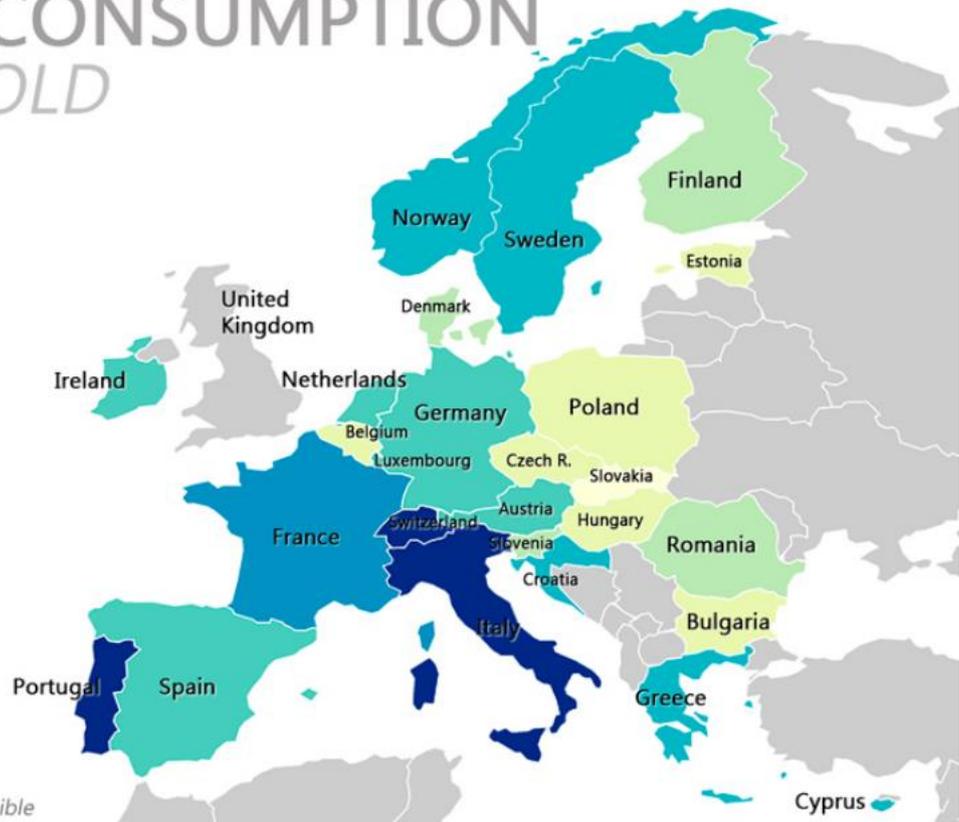


Figura 2: consumo d'acqua in ambito domestico nel mondo (fonte: <https://smartwatermagazine.com/news/locken/water-ranking-europe-2020>)

Osservando i consumi pro capite nelle principali città Europee si nota una notevole variabilità: tra la città più “attenta” e quella più “sprecona” c’è un rapporto di 1 a 3. Inoltre non c’è corrispondenza tra consumi idrici domestici e condizioni climatiche: non è detto che in condizioni climatiche più calde, dove ci si potrebbe aspettare un maggior uso dell’acqua, vi siano consumi idrici più elevati. Tra le città con i consumi più bassi vi sono città Nord Europee, in particolare quelle storicamente avanzate nella gestione dell’ambiente urbano come Hannover e Heidelberg, ma anche città di climi caldi, come Barcellona e Saragozza.

Ma da che dipende una così ampia variabilità di consumi nelle diverse città? Gli studi di dettaglio sui consumi domestici non sono moltissimi e riguardano prevalentemente i paesi anglosassoni (Inghilterra, USA, Australia). Uno degli studi più approfonditi è quello realizzato dalla Water Corporation di Perth, nell’Australia occidentale, che analizza un campione di 720 utenze di diverse tipologie (ville unifamiliari e multifamiliari con giardino, appartamenti in edifici ad un piano o a più piani), struttura familiare e con diversi livelli di reddito. Seppure riguardante un luogo lontanissimo dall’Italia sotto il profilo culturale, oltre che geografico, si tratta di uno studio interessante perché la Regione di Perth presenta un clima tipicamente mediterraneo. I risultati dello studio evidenziano che una voce importante dei consumi domestici è l’irrigazione di parchi e giardini - che oscilla tra i 707 l/giorno/ per le famiglie in ville monofamiliari e i 389 l/giorno per le famiglie in appartamento (i dati sono per utenza, non per abitante!) dovuto alla grande estensione del verde privato delle città australiane. Si conferma inoltre, se consideriamo i consumi al netto della quota destinata all’irrigazione, la sostanziale indipendenza dei consumi da fattori climatici: dal confronto sui consumi mensili delle famiglie emerge che l’aumento di consumi idrici nei mesi caldi è limitato alle famiglie a reddito alto, residenti in case unifamiliari (che per l’irrigazione possono più che raddoppiare i consumi, passando da 500 a oltre 1200 l/giorno) mentre



## Catalogo Tematico 2

il consumo delle famiglie residenti in appartamenti in edifici multipiano resta sostanzialmente invariato nel corso dell'anno (intorno ai 280 l/giorno a famiglia). Sia lo studio Australiano che il confronto tra città europee chiariscono quindi che consumi domestici elevati non sono la conseguenza inevitabile di avverse condizioni climatiche, ma il frutto delle politiche idriche messe in atto nei diversi paesi, oltre che delle attitudini al consumo.

Entrando nel dettaglio dei consumi domestici nelle abitazioni, non è facile ottenere un dato affidabile da applicare al contesto italiano analizzando le fonti disponibili sulla ripartizione dei consumi. Ciò è dovuto alla mancanza di studi aggiornati sul nostro territorio, ma anche alla notevole variabilità dei consumi individuali, che dipendono, come abbiamo visto, da molti fattori. La figura che segue è stata elaborata da Giulio Conte a partire dai dati disponibili. Secondo tale stima, ed ipotizzando un consumo medio pro-capite di 200 litri giorno, ciascuno di noi utilizza ogni giorno circa 70 litri per l'igiene personale (una doccia più lavaggio mani, denti, ecc.), 54 per lo scarico del WC (6-9 scarichi al giorno), 24 litri per la lavatrice, 30 per la cucina e la lavapiatti, 22 litri tra pulizia di casa, innaffiamento e usi esterni.

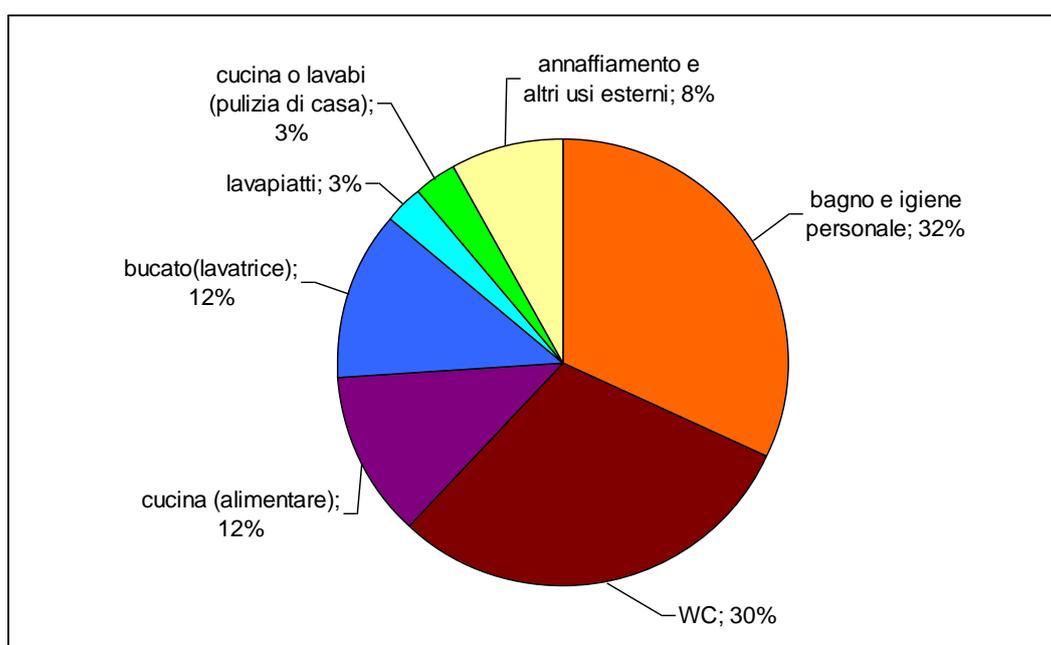


Figura 3: Ripartizione dei consumi idrici per usi domestici

Nei prossimi paragrafi vengono proposte soluzioni per ridurre l'acqua consumata per ciascuno di questi usi, ma già ora è possibile evidenziare un aspetto importante: la maggior parte dei consumi idrici riguarda usi per cui non sarebbe necessaria acqua potabile, basterebbe un'acqua chiarificata, inodore, ma non necessariamente potabile. Gli usi che richiedono acqua veramente potabile, a voler essere prudenti, potrebbero essere limitati a bagno e igiene personale (32%), cucina alimentare (12%), lavapiatti (3%), ossia meno della metà dei consumi domestici attuali!

## 2.2. Pratiche e tecnologie di risparmio idrico per la casa

If it's yellow let it mellow, if it's brown flush it down ("se è gialla lasciala a galla, quando è marrone tira lo sciacquone") è uno dei consigli per il risparmio idrico proposti dall' ex sindaco ambientalista di Londra, Ken Livingstone, durante una delle recenti crisi idriche in Inghilterra. La



## Catalogo Tematico 2

versione italiana di questa strofetta - che, dobbiamo ammetterlo, non suona bene come l'originale - è stata proposta su Nuova Ecologia del Dicembre 2007, suscitando, nel numero successivo, la lettera indignata di una lettrice che parlava di "incipit disgustoso", sottolineando che ben altro ci si aspetterebbe dalla "rivista storica degli ambientalisti". Eppure il tema sollevato dalla filastrocca non è secondario: nasce dalla semplice osservazione che ogni volta che facciamo pipì, buttiamo letteralmente "nel cesso" dai 6 ai 15 litri di preziosa acqua potabile! D'altra parte lo stato d'animo della lettrice è anch'esso comprensibile ed è indice di un fatto evidente: è molto difficile modificare gli stili di vita a cui siamo abituati da molto tempo, in particolare quando hanno a che fare con cose molto "private" come le nostre cacche e pipì.

Il consiglio di Ken LInvingstone è solo uno dei tanti proposti dalle ormai numerosissime campagne informative sulle "buone pratiche" per contenere i consumi idrici domestici. Forse il sito web più ricco in materia è l'americano [www.wateruseitwisely.com](http://www.wateruseitwisely.com), ma ormai anche in Italia sono disponibili molti siti di consigli pratici per il risparmio idrico domestico, che vanno da semplici - ma importanti - abitudini, quali l'eliminazione delle perdite, non lasciare rubinetti inutilmente aperti, fare la doccia invece del bagno, ecc. all'adozione di tecnologie semplici, che permettono una riduzione dei consumi idrici. Non vi è dubbio che il ricorso a soluzioni tecnologiche che - a parità di utilizzo e funzionalità - riducono i volumi d'acqua consumati rappresenta oggi la strategia più promettente per ridurre i consumi. Tra gli apparecchi che riducono i consumi domestici, i più conosciuti sono senz'altro i "frangigetto", che sono stati spesso distribuiti gratuitamente in occasione di campagne informative. In realtà le soluzioni tecniche che agiscono sui punti di erogazione sono diverse e possono agire sulla quantità del flusso di erogazione o sul tempo di erogazione. Alcune tecniche sono più idonee per l'uso domestico vero e proprio (residenziale), altre per usi commerciali o pubblici: nel prossimo paragrafo riportiamo una breve descrizione dei dispositivi di risparmio idrico normalmente utilizzati e facilmente reperibili in commercio, evidenziandone i principi di funzionamento e le caratteristiche di installazione.

1- I rubinetti Evitare di consumare acqua inutilmente è la principale fonte di risparmio. Il rubinetto tradizionale del bagno ha una portata di oltre 10 litri al minuto, lasciandolo aperto mentre ci si lavano i denti, più di 30 litri di acqua potabile se ne fuggono per lo scarico e arrivano al depuratore senza averne bisogno. Quando ci si rade si può raccogliere l'acqua nel lavandino per sciacquare il rasoio: un rubinetto aperto non aumenta l'efficienza della rasatura. Mentre ci si massaggiano i capelli con lo shampoo o il balsamo, chiudere il rubinetto evita un inutile spreco.

2- Le gocce Al ritmo di 90 gocce al minuto si sprecano 4.000 litri di acqua in un anno. Controllare se i rubinetti hanno una perdita mettendo sotto il rubinetto un piccolo contenitore durante la notte o le assenze da casa può rilevare anche una minima perdita. Nella cassetta del water si può vuotare, prima di andare a dormire, una boccetta di colorante alimentare (è lavabile e non fa danni!); l'eventuale colorazione delle pareti del water, o dell'acqua sul fondo segnalerà una perdita. Una corretta manutenzione dei rubinetti di casa fa risparmiare acqua e denaro.

3- Lo scarico Oltre il 30% del consumo domestico di acqua è dovuto allo scarico del WC. Ogni scarico consuma 10-12 litri di acqua, spesso solo per un pezzettino di carta igienica. Installare una cassetta di scarico dotata di doppio tasto, o di regolatore di flusso, che eroga quantità di acqua diverse secondo il bisogno, permette di risparmiare decine di migliaia di litri di acqua in un anno. Prima di questo intervento, anche inserire nella cassetta dello scarico un mattone, o una bottiglia piena d'acqua, facendo attenzione a non ostacolare il galleggiante e il meccanismo di scarico, può fare risparmiare parecchi litri d'acqua.

4- La lavatrice Questi elettrodomestici consumano tanta acqua ad ogni lavaggio (80-120 litri), indipendentemente dal carico di panni e stoviglie. Usarli solo quando è necessario e sempre a pieno carico, rispettando la loro portata massima, consente un risparmio notevole di acqua e di energia. Ridurre i lavaggi inoltre allungherà la vita dell'elettrodomestico.

5- L'auto 100 litri di acqua. Quando possibile ridurre i lavaggi e usare sempre il secchio invece



## Catalogo Tematico 2

dell'acqua corrente: bagnare la carrozzeria, insaponare l'auto e risciacquarla, può dare un ottimo risultato sprecando meno acqua. All'autolavaggio, chiedere se l'impianto ha il ricircolo o il recupero dell'acqua.

6- Le piante Annaffiare il giardino con parsimonia e sempre verso sera: quando il sole è calato, l'acqua evapora più lentamente e non viene sprecata ma assorbita dalla terra. Aggiungere abbondante pacciamatura proteggerà le piante dalla siccità e dall'arsura. Quando possibile raccogliere l'acqua piovana, che oltretutto alle piante piace molto. Scegliere piante meno bisognose di acqua (piante xerofile) e installare un sistema di irrigazione "a goccia" programmabile con il timer.

7- I frangigetto I moderni frangigetto sono semplici dispositivi che, attraverso un innovativo sistema, diminuiscono la quantità di acqua in uscita dal rubinetto senza diminuire la resa lavante o il comfort. Costano pochi euro, possono essere acquistati in ferramenta o attraverso internet, si montano in pochi minuti sui rubinetti del bagno e della cucina svitando il terminale di uscita dell'acqua (quello che trattiene la reticella contro i pezzi di calcare), inserendo il piccolo cilindro di plastica e successivamente riavvitando il terminale

8- I piatti Per lavare le verdure un buon lavaggio non si fa lasciando scorrere su di esse molta acqua, ma riempiendo una bacinella o un altro contenitore, lasciando in ammollo le verdure perchè i residui solidi possano ammorbidirsi e sfregando abbondantemente ed energicamente ogni ortaggio con le dita. Allo stesso modo quando si lavano i piatti un ottimo risultato si ottiene riempiendo una bacinella di acqua calda (anche quella della cottura della pasta) aggiungendo il detersivo, lasciando i piatti in ammollo per un po' di tempo e togliendo poi lo sporco con una spugna. L'acqua corrente è bene usarla solo per il risciacquo, in modo da ottenere un ottimo risparmio.

9- La doccia Fare un bel bagno è rilassante ma richiede oltre 150 litri di acqua. Lasciarsi accarezzare dall'acqua che scende dalla doccia, strofinarsi energicamente con un guanto di crine - ricordandosi di chiudere l'acqua mentre ci si insapona - è invece tonificante e rivitalizzante, ma soprattutto richiede molta acqua in meno: mediamente tra i 40 e i 50 litri. Se nella doccia è installato anche un riduttore di flusso, il risparmio sarà ancora più consistente.

10- Il contatore La sera, prima di andare a dormire, controllare che tutti i rubinetti di casa siano ben chiusi e leggere sul contatore dell'acqua il livello di consumo raggiunto. Al mattino appena svegli, prima di iniziare la giornata, controllare di nuovo quanto segna il contatore. Una differenza anche minima significa che c'è una perdita (dallo sciacquone del WC, dai rubinetti o, più probabilmente, dalle tubature) che non solo spreca acqua inutilmente - un foro di un millimetro in un tubo perde oltre 2.300 litri d'acqua potabile al giorno - ma potrebbe causare danni peggiori alle strutture della tua abitazione danneggiando muri, solai e rivestimenti.

### 2.2.1. Lavarsi con meno acqua

Nel mercato esiste un'ampia offerta di rubinetteria e di dispositivi adattabili che razionalizzano il consumo dell'acqua. Fra i sistemi di rubinetteria si trovano i rubinetti monocomando, i rubinetti con temporizzatore, con chiusura elettronica, ecc. Ci sono anche dispositivi che possono essere adattati a differenti sistemi di rubinetteria: riduttori di flusso, frangigetto e interruttori di flusso. Molti modelli nuovi di rubinetteria hanno già incorporati questi dispositivi. Inoltre, questi dispositivi sono quasi sempre compatibili fra loro; ad esempio è possibile trovare modelli che possiedono, allo stesso tempo, un sistema monocomando con frangigetto incorporato.



## Catalogo Tematico 2

	Risparmio atteso per punto di erogazione
Limitatori di flusso	30-40%
Frangigetto	30-70%
Limitatori di pressione	10-40%
Doccia a basso consumo	50%
Rubinetti monocomando	30-40%
Rubinetti con temporizzatore	30-40%
Rubinetti elettronici	40-50%
Rubinetti termostatici	50%

Tabella 1 - Risparmi conseguibili con dispositivi applicabili alla rubinetteria

### Limitatori di flusso

Sono dispositivi che permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione delle necessità e della pressione. Alcune marche commerciali li chiamano anche regolatori d'apertura. Si tratta di dispositivi meccanici che limitano il passaggio massimo dell'acqua. I modelli più moderni di rubinetteria lo inseriscono all'interno della cartuccia, così che possono essere regolati solamente dopo aver smontato la parte superiore. La loro manipolazione per la regolazione del flusso è semplice, basta regolare con un cacciavite l'apertura secondo le necessità in funzione del tipo di rubinetto (lavandino, doccia, ecc.). Il risparmio d'acqua che si può ottenere dipenderà dalla modificazione del flusso, generalmente questi dispositivi permettono di modificare il flusso massimo fino a un 50%.

Si tratta comunque di sistemi che richiedono un utente esperto o l'intervento di un idraulico.

### Frangigetto/Frangiflusso

Spesso anche questo dispositivo è chiamato limitatore di flusso come il precedente, ma funziona diversamente: mentre il primo riduce la portata d'acqua in ingresso al rubinetto o alla doccia, il frangigetto agisce in uscita dal rubinetto miscelando aria ed acqua con il risultato di avere un "getto potente" con molta meno acqua (sono, ad esempio, molto comodi in caso di bassa pressione dell'acqua). L'effetto di miscelazione acqua-aria produce un aumento di volume dell'acqua, in modo che, con un flusso minore, si ottengono lo stesso effetto e la stessa comodità. Sono i dispositivi più comuni, hanno una forma cilindrica e si collocano all'estremità del rubinetto.

Sul mercato esistono molte marche di modelli adattabili ai diversi tipi di rubinetteria (per lavandini, docce, cucina, ecc.) e s'installano mediante una filettatura interna o esterna. Alcuni di questi dispositivi sono stati concepiti anche per evitare i blocchi causati dall'accumulazione del calcare, e ciò aiuta a mantenere in buono stato la rubinetteria e ne allunga la vita utile. Il loro prezzo sul mercato è basso, pochi Euro, e s'installano facilmente. Consentono di ridurre il consumo d'acqua dal 30 al 70%, ma l'efficacia può variare notevolmente da un modello all'altro. I sistemi di rubinetteria più moderni li hanno incorporati dalla fabbricazione.

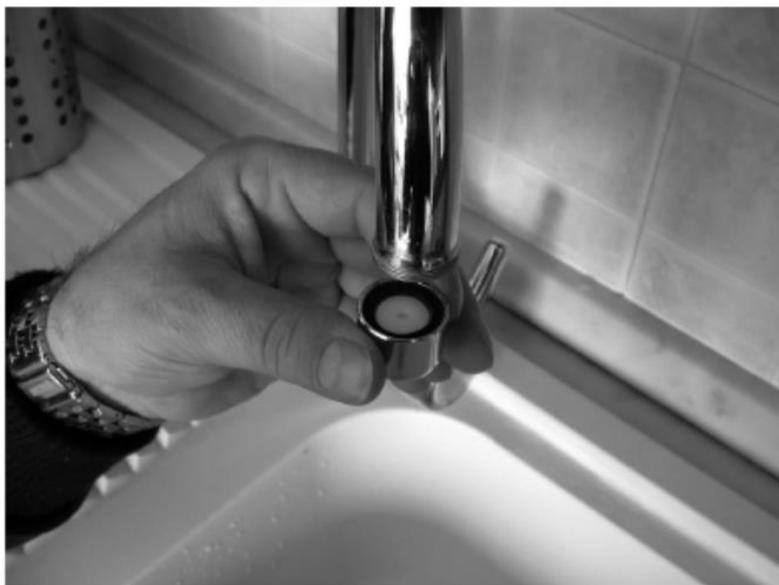


Figura 4: La semplice installazione di un frangigetto

Il problema che viene segnalato dagli enti che hanno distribuito apparecchi frangigetto attraverso campagne informative è il seguente: quando l'acqua distribuita in rete è calcarea, i frangigetto tendono ad otturarsi. In questi casi la reazione degli utenti è l'eliminazione dell'apparecchio e non la normale manutenzione, eliminando il calcare con un bagno di aceto o di prodotto anticalcare. È importante quindi, che la fornitura sia accompagnata da indicazioni precise sulla manutenzione. Il problema sembra sia stato considerato anche dai produttori e sono ora disponibili apparecchi che non presentano i problemi indicati.

### **Limitatori di pressione**

I limitatori di pressione sono dispositivi che possono essere collocati nella tuberia d'entrata dei bagni o anche nella tuberia d'entrata di tutto un piano. Questi dispositivi sono valvole che riducono la pressione dell'acqua. Anche se non consentono un risparmio netto d'acqua, sono utili in quanto evitano i bruschi cambi di pressione della rete, prodotti dall'uso massiccio di docce e di lavandini in determinate ore della giornata.

Queste valvole possono essere regolate secondo le necessità di ogni piano o di ogni bagno, limitando la pressione massima d'entrata dell'acqua.

La loro installazione è raccomandabile non soltanto nelle installazioni alberghiere, dove si consuma molta acqua in determinate ore del giorno, ma anche in eventuali aree separate (es. palestre), dove siano presenti docce collettive, per evitare le differenze di pressione che si producono quando la doccia è utilizzata contemporaneamente da più persone.

Si tratta quindi di soluzioni tecnologiche riguardanti utenze assimilabili al domestico.

### **Docce a basso consumo**

Sono disponibili in commercio diverse alternative di soffioni per doccia che utilizzano lo stesso



## Catalogo Tematico 2

principio dei frangigetto e che permettono un risparmio idrico pari al 50%. Sono applicabili direttamente dagli utenti, svitando il proprio soffione doccia ed avvitando al suo posto il nuovo soffione a basso consumo.

### **Interruttori meccanici di flusso**

Sono dispositivi che si chiudono o si aprono, semplicemente, azionando una leva: hanno in pratica la stessa funzione di un rubinetto monocomando e sono raccomandati per le docce con due entrate d'acqua, dato che questi dispositivi permettono d'interrompere il flusso dell'acqua al momento d'insaponarsi e di riattivare la doccia senza necessità di regolare nuovamente la temperatura. In questo modo si evita il corrispondente spreco d'acqua e di energia che si produce mentre si regolano di nuovo la temperatura ed il flusso. Il risparmio che si può ottenere varia in funzione dell'utilizzo da parte dell'utente, dato che sarà lui ad interrompere il flusso azionando il dispositivo. Tuttavia è possibile ipotizzare una riduzione del consumo d'acqua che varia dal 10 al 30%.

### **Rubinetti con temporizzatore**

I temporizzatori sono dei meccanismi che chiudono il flusso automaticamente, dopo un determinato periodo di tempo. Esistono rubinetti con temporizzatore sia per lavandini che per docce e, usualmente, hanno incorporato un limitatore di flusso. I rubinetti con temporizzatore possiedono un pulsante che, quando viene premuto, fa scendere un pistone interno dentro un piccolo cilindro; questo cilindro si riempie poco a poco e fa salire nuovamente il pistone. Il tempo che viene impiegato dal cilindro a riempirsi d'acqua costituisce la dimensione della "temporizzazione". Sul mercato ci sono marche di rubinetteria che commercializzano rubinetti con temporizzatore sia per lavandini sia per docce, e che permettono di regolare il tempo d'uscita dell'acqua da 5-7 secondi fino a 40-45 secondi. I risparmi d'acqua possono costituire una quota pari al 30-40% per le docce e al 20-30% per i lavandini.

### **Rubinetti monocomando**

I sistemi di rubinetteria monocomando offrono importanti vantaggi, non soltanto perché la maggior parte dei modelli disponibili sul mercato possiedono già dispositivi di risparmio dell'acqua (come limitatori di flusso o frangigetto) ma anche perché permettono di regolare meglio e più velocemente il flusso dell'acqua e la sua temperatura evitando perdite considerevoli. I risparmi che si ottengono dipendono dal limitatore di flusso e dal frangigetto di cui sono forniti; in generale, è ipotizzabile un risparmio pari al 50%.

### **Rubinetti elettronici**

Nella rubinetteria convenzionale, quando ci si lava le mani, si apre un rubinetto all'inizio e non lo si chiude fino alla fine; in un rubinetto elettronico il flusso s'interrompe automaticamente ogni volta che si ritirano le mani dal lavandino.

Il flusso e la temperatura sono pre-regolati, anche se l'utente può modificarli con il comando apposito. Come sistema di sicurezza, nel caso della presenza continua di un oggetto, il rubinetto si chiude automaticamente dopo circa 30 secondi.

È importante tener conto che, per la loro collocazione, è necessario che l'installazione elettrica arrivi fino al rubinetto, a meno che questo non funzioni a batterie (dipende dal modello). Il loro



## Catalogo Tematico 2

prezzo è più elevato rispetto ad altri modelli; tuttavia, consentono di risparmiare circa un 40-50% del consumo dell'acqua.

### Rubinetti termostatici

I rubinetti termostatici possiedono un preselettore di temperatura che mantiene l'acqua alla temperatura selezionata in modo che, quando si chiude e si riapre il rubinetto, l'acqua mantiene la stessa temperatura. Questi rubinetti, utilizzati soprattutto nelle docce, consentono di risparmiare non soltanto acqua ma anche energia, dato che non viene consumata acqua al momento di regolare nuovamente la temperatura. Sono inoltre forniti di limitatori di flusso e diffusori. Si possono ottenere risparmi nel consumo d'acqua fino a un 50%.

## 2.2.2. Dispositivi per ridurre i consumi dello scarico del WC

È possibile ridurre i consumi del WC, senza adottare le sgradevoli pratiche suggerite da Ken Livingstone? Naturalmente sì, a patto di poter intervenire in modo più o meno radicale sui nostri bagni. Proviamo a superare i tabù e ad analizzare le caratteristiche dei nostri WC. Lo scarico ha l'evidente funzione di allontanare le nostre deiezioni dal vaso. Una buona funzionalità dello scarico dipende sostanzialmente da tre aspetti: il vaso (meccanismo di flussaggio e forma), la velocità dell'acqua (e quindi la pressione), la quantità d'acqua. Tanto peggiore è la "prestazione" del sistema per i primi due aspetti, tanto maggiore dovrà essere la quantità d'acqua necessaria a garantire lo scarico. Le cassette di scarico dei WC classiche, quelle "a zaino" sistemate immediatamente dietro il vaso, contengono 12-15 litri d'acqua, che viene completamente scaricata ad ogni uso. Se però avete un bagno realizzato qualche decennio fa, notate che la cisterna è sistemata in alto ed è più piccola (circa 9 litri), comandata "a catena" o a pulsante. Infatti l'altezza permette di aumentare la pressione dell'acqua (a 2 m di quota si ottengono circa 0,2 atmosfere) e la velocità dello scarico, e di ridurre di conseguenza la quantità d'acqua. Questo tipo di cassette sono ancora in uso nelle case non ristrutturate, soprattutto nei piccoli Comuni: secondo alcune stime circa metà della popolazione italiana utilizza ancora questo sistema<sup>16</sup>.

In alcune zone d'Italia - ad esempio a Milano - si usavano tradizionalmente sistemi di scarico allacciati direttamente alla rete idrica, privi quindi di cisterna. Questi sistemi sarebbero teoricamente più efficienti di quelli a cisterna, in quanto sfruttano la pressione dell'acqua dell'acquedotto (circa 2 atmosfere) ed è possibile quindi ridurre la quantità d'acqua usata per ogni scarico oltre che "modularlo" in funzione delle necessità. D'altra parte è anche facile un uso improprio dello sciacquone, lasciandolo aperto per molto tempo. Per questo motivo, recentemente, è stato vietato dal Comune di Milano l'uso di questo sistema di scarico, proprio per ridurre i consumi idrici domestici.

I vasi più moderni presentano meccanismi di flussaggio e idrodinamica molto migliori che in passato e permettono di scaricare efficacemente con 4-6 litri d'acqua, di conseguenza le cassette di scarico - in genere sistemate a incasso nel muro - possono essere regolate in funzione delle necessità del vaso. Il problema è che gli idraulici non sanno (o non hanno interesse) a regolare lo scarico in modo ottimale, per cui spesso anche i nuovi WC scaricano 8-10 litri ad ogni uso.

Nel seguito in sintesi le soluzioni applicabili per il risparmio nel WC.

<sup>16</sup> [www.casasoleil.it/acquapreziosa/index.html](http://www.casasoleil.it/acquapreziosa/index.html)



### Limitare il riempimento delle cassette dei WC

Il sistema più semplice per ridurre il consumo dello scarico del WC consiste nel ridurre il volume della cisterna: introducendo all'interno della cisterna un oggetto (per esempio una bottiglia piena d'acqua) che occupi parte del volume in modo che quando verrà azionata la cisterna si risparmierà l'acqua equivalente al volume dell'oggetto introdotto. È anche possibile regolare il tubo del bacino di traboccamento, impedendo che la cisterna si riempia al massimo della sua capacità e allo stesso tempo regolare il livello del galleggiante della cisterna; è infine possibile l'introduzione di una molla nella parte inferiore della catena della cisterna, in modo che eserciti una pressione costante su questa e che, quando la catena viene rilasciata, blocchi l'uscita dell'acqua (questa molla evita inoltre che le catene rimangano bloccate lasciando aperto lo scarico dell'acqua);

### Sistemi applicabili senza sostituire le cassette dei WC

Si trovano in commercio diversi sistemi che possono essere collocati nelle cassette convenzionali (sia quelle "a zaino" che i vecchi modelli posti in alto). I più semplici sono dispositivi che funzionano come semplici contrappesi. È sufficiente appendere tale apparecchio al tubo che controlla l'uscita dell'acqua e, agendo come peso, permette di dosare meglio lo scarico. Con una pressione leggera del tasto si ha una breve uscita di acqua, premendo più a lungo la vaschetta si svuota completamente. Di recente sono comparse sul mercato anche nuove apparecchiature di scarico per WC, che consentono una semplice installazione nelle cassette esterne. Queste apparecchiature consentono di ottenere 3 modalità di scarico:

- Per scarico ridotto (circa 3 litri): premere a fondo il pulsante e rilasciarlo dopo l'arresto del deflusso dell'acqua.
- Per scarico totale (9/15 litri, secondo la capacità della cisterna): premere a fondo e rilasciare il pulsante. Nella fase di scarico totale si può interrompere il deflusso dell'acqua a piacere, premendo di nuovo il pulsante.
- Scarico che interrompe il flusso secondo la volontà dell'utente.

### Cassette dei WC con interruzione di scarico

Sono cassette di risciacquo che possiedono un unico pulsante con un meccanismo che interrompe lo scarico dell'acqua quando viene premuto una seconda volta oppure quando si smette di premerlo. Questo sistema è disponibile per quasi tutte le marche di sanitari conosciute. Poiché la cisterna si svuota di meno, impiega anche meno tempo a riempirsi e, ovviamente, diminuisce la quantità d'acqua utilizzata. Lo scarico breve può svuotare metà della cisterna (da 4 a 6 litri); quello lungo la svuota completamente (da 9 a 12 litri a seconda della cisterna).

### Cassette dei WC con doppio pulsante

Sono cassette di risciacquo che possiedono un doppio pulsante che permette due quantità di scarico: uno scarico lungo che produce lo svuotamento completo della cisterna e uno breve che produce uno svuotamento parziale. Le quantità di scarico possono essere regolate.

### 2.2.3. Elettrodomestici a risparmio idrico

Mentre comincia ormai a diffondersi nelle scelte dei consumatori l'attenzione ai consumi energetici - anche grazie alla diffusione di specifiche etichettature (seppure non sempre agevolmente comprensibili) -, non altrettanto si può dire per l'acqua: è estremamente raro



## Catalogo Tematico 2

chiederci, quando acquistiamo una lavatrice o una lavastoviglie, quanta acqua consumi. Recentemente però il mercato comincia a richiedere elettrodomestici a basso consumo idrico, soprattutto nei paesi sviluppati dove la crisi idrica è più avanzata e i costi dell'acqua più elevati, come Israele, la California e alcune regioni dell'Australia.

Una lavatrice comune consuma per un lavaggio normale di 5/6 Kg di biancheria circa 100 litri d'acqua. Modelli più efficienti ma facilmente reperibili sul mercato permettono un consumo inferiore ai 12 litri d'acqua per Kg di biancheria: questa è ad esempio la soglia stabilita per rientrare nei parametri previsti dal marchio Ecolabel per la recettività turistica. Alcuni siti web che selezionano prodotti "eco-compatibili" richiedono prestazioni ancora superiori, ad esempio il limite di consumo idrico dei modelli "topten"<sup>17</sup> viene stabilito come segue:

- lavatrice casa unifamiliare: 8.5 litri per kg di carico (max 42.5 litri per 5 kg di carico)
- lavatrice casa plurifamiliare: 10 litri per kg di carico

In Australia, dove le restrizioni sull'uso domestico delle acque sono ormai molto spinte, sono disponibili modelli di lavatrice che consumano circa 35 litri per lavaggio.

Analogamente esistono modelli di lavastoviglie che consumano notevolmente meno dei 30-40 litri/ciclo dei modelli convenzionali: i modelli più efficienti delle macchine familiari arrivano a consumi inferiori ai 10 litri/ciclo. La lavastoviglie non è una voce particolarmente importante del consumo domestico, ma può essere molto importante per utenze non domestiche come bar e ristoranti. Per questi settori esistono lavastoviglie estremamente efficienti, che consumano poco più di 3 litri/ciclo<sup>18</sup>.

### 2.2.4. Quanto è possibile ridurre i consumi con il risparmio?

Ora immaginiamo due consumatori con livelli di "sensibilità" diversi. Il primo è un normale cittadino, informato, che sa che è bene evitare di sprecare l'acqua, si fa la doccia invece del bagno e non lascia rubinetti inutilmente aperti. Ha ritirato i frangigetto distribuiti durante una campagna informativa promossa dal suo Comune e li ha installati su tutti i rubinetti di casa: è l'intervento più semplice e secondo alcune esperienze, in seguito ad una buona campagna informativa che mette gratuitamente a disposizione i frangigetto, circa il 50% dei cittadini ritira ed installa gli apparecchi. Il secondo è la lettrice della Nuova Ecologia, quella di prima, ambientalista convinta ma non al punto da seguire le indicazioni di Ken Livingstone. Lei non solo ha installato i frangigetto e il limitatore di pressione, ha anche acquistato a sue spese un nuovo soffione per la doccia a basso consumo e ha fatto installare nella cassetta del WC un apparecchio che permette lo scarico differenziato. Dovendo cambiare lavatrice e lavastoviglie ne ha acquistati modelli da alta efficienza idrica.

Il primo otterrà una riduzione dei consumi consistente solo alla voce bagno e igiene personale (Tabella 2), una riduzione che, considerato che non interviene sulla doccia, sarà di circa il 25%. Avrà anche una piccola riduzione del consumo in cucina, ma più modesto perché gran parte del consumo - ad esempio l'acqua usata per cucinare o per riempire il lavello e sciacquare la verdura - non dipende dalle tecniche adottate.

<sup>17</sup> <https://www.topten.ch/private/selection-criteria/criteri-di-scelta-lavatrici#>

<sup>18</sup> A questo proposito è possibile fare riferimento al catalogo dei prodotti per la gestione sostenibile delle acque nelle strutture turistiche del progetto SWAMP (<http://swamp-project.org/>)



## Catalogo Tematico 2

L'ambientalista invece riuscirà a ridurre sensibilmente i consumi per bagno e igiene personale (da 70 a 40 litri), quelli per lo scarico del WC da 54 a 30 litri e quelli per lavatrice e lavastoviglie (che potrebbero essere dimezzati). Il consumo in cucina si ridurrà come per il consumatore precedente. Nessuno dei due avrà effetti rilevanti sui consumi per la pulizia della casa, l'annaffiamento e gli usi esterni e gli altri lavaggi.

Il primo avrà complessivamente un riduzione di circa il 10% dei consumi, il secondo consumatore ci dà invece un'idea del massimo risparmio ottenibile ricorrendo esclusivamente a tecniche di risparmio idrico: come si vede dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** può superare il 35%. Si tratta di un bel risparmio, eppure, come vedremo ai prossimi paragrafi siamo ancora molto lontani dalla riduzione dei consumi ottenibile "sposando" i principi della "sustainable sanitation".

	consumo ordinario	consumo con frangigetto	Consumo con il max delle tecnologie di risparmio
bagno e igiene personale	70	55	40
WC	54	54	30
cucina (alimentare)	24	20	20
lavatrice	24	24	12
lavapiatti	6	6	3
cucina e lavabi (pulizia di casa)	6	6	6
annaffiamento e altri usi esterni	16	16	16
TOTALE	200	181	127

Tabella 2: Risparmio idrico domestico ottenibile con diverse soluzioni tecnologiche

Il risparmio idrico è strettamente collegato ad un altro tema chiave all'interno delle strategie per lo sviluppo sostenibile, quello del risparmio energetico. Ridurre i consumi di acqua significa, infatti, anche ridurre l'energia impiegata per il suo riscaldamento. La questione è ancora più interessante se si considera che sono possibili risparmi significativi anche solo realizzando interventi non strutturali come l'introduzione di riduttori di flusso e frangigetto.

### 2.3. La raccolta della pioggia

Da secoli e fino alla fine del '900, la pratica della "raccolta della pioggia" era diffusa in tutto il Sud Italia, come del resto in tutti i paesi mediterranei: sono innumerevoli gli studi sulle tecniche tradizionali per l'accumulo di acque meteoriche e non solo. Uno dei massimi esperti in materia è



## Catalogo Tematico 2

italiano: l'Architetto Pietro Laureano, consulente dell'UNESCO per le zone aride, che ha pubblicato su questi temi una bibliografia vastissima<sup>19</sup>.

Eppure sembra che la grande esperienza di raccolta della pioggia del Sud Italia sia andata rapidamente perduta, anche se ormai sempre più sono in atto tentativi di recuperarla e adattarla alle nuove esigenze e condizioni. In tutto il mondo<sup>20</sup> vi sono strutture pubbliche o associazioni private che promuovono e diffondono cultura e tecnica della raccolta della pioggia: in Germania è attiva da diversi anni addirittura un'organizzazione professionale<sup>21</sup> a cui sono associati progettisti e imprese impegnate nel settore.

In tutta Italia alla fine degli anni '70 arrivò l'acquedotto che portava l'acqua potabilizzata. Ci si allacciò all'acquedotto e si abbandonarono le cisterne e, con loro, il sapere che ne permetteva l'uso. A guardare oggi, con uno sguardo "tecnico", la trasformazione avvenuta in centinaia di migliaia di case, si è passati da un sistema di accumulo estremamente diffuso - una miriade di cisterne e piccoli invasi a gestione prevalentemente familiare - ad uno centralizzato, dipendente da grandi invasi. Per la cultura dell'epoca si trattava di una scelta ragionevole e certamente non potremmo oggi immaginare di rinunciare alle risorse idriche messe a disposizione dai grandi invasi e relativi schemi acquedottistici. Tuttavia è ormai altrettanto evidente che è necessario dotarsi anche di capacità di accumulo diffuso: realizzando nuovi volumi ma anche recuperando le strutture esistenti e, soprattutto, le conoscenze per realizzarle, gestirle e mantenerle efficienti.

L'importanza della raccolta della pioggia per far fronte a parte dei consumi domestici è ormai ampiamente riconosciuta in tutto il mondo. Generalmente le acque meteoriche vengono utilizzate prevalentemente per lo scarico del WC e per gli usi non potabili "esterni" (irrigazione giardini, lavaggio scale e cortili, lavaggio auto, ecc.). Le caratteristiche chimiche delle acque di pioggia - bassa durezza e, più in generale, in bassa concentrazione di sali - le rendono particolarmente idonee per l'uso in elettrodomestici, come la lavatrice, che risentono dell'uso di acqua calcarea: per questo, in particolare in Germania, i progettisti suggeriscono spesso di alimentare con acque di pioggia anche la lavatrice.

Dal punto di vista della qualità, le acque di pioggia raccolte dai tetti presentano in genere concentrazioni di inquinanti sia chimici che microbiologici molto basse; il problema maggiore può essere rappresentato dai solidi, per sui è importante progettare adeguatamente i filtri in ingresso alla cisterna, prevedendo se necessario anche una vasca di sedimentazione<sup>22</sup>.

Anche in Italia si registrano le prime esperienze e cominciano a prendere forma politiche che favoriscono la raccolta delle acque di pioggia per usi non potabili (prevalentemente irrigazione e scarico di WC). Ad esempio, la Regione Emilia Romagna - probabilmente la Regione Italiana più attenta al tema del risparmio idrico<sup>23</sup> - ha elaborato un "Regolamento Edilizio tipo", che prevede, oltre ai requisiti cogenti per una qualità edilizia minima indispensabile, l'introduzione di requisiti tecnici "volontari", che definiscono una qualità aggiuntiva a quella minima indispensabile, per il soddisfacimento dei quali sono assegnati degli incentivi in forma di sconti sugli oneri concessori. Tra questi vi sono "sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura dell'edificio, con apposita rete duale per usi compatibili delle acque meteoriche".

---

<sup>19</sup> Non è un caso che Laureano sia originario di Matera, città che originariamente si approvvigionava d'acqua attraverso un complesso sistema di cisterne. Per approfondimenti si veda il sito web di Laureano stesso ([www.laureano.it](http://www.laureano.it)) o della sua società cooperativa Ipogea ([www.ipogea.org](http://www.ipogea.org)).

<sup>20</sup> Si veda ad esempio il sito <https://www.harvestingrainwater.com/>

<sup>21</sup> fbr (Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V), Associazione Professionale per il riciclo dell'acqua e l'uso dell'acqua di pioggia. E-mail: [info@fbr.de](mailto:info@fbr.de). Website: <http://www.fbr.de>

<sup>22</sup> Per una rassegna delle soluzioni tecniche per migliorare la qualità delle acque di pioggia raccolte si veda il breve rapporto di Luke Mosley Water quality in rainwater harvesting systems. February 2005 (<http://www.sopac.org/data/virlib/MR/MR0579.pdf>)

<sup>23</sup> La Regione Emilia Romagna già da diversi anni è impegnata sul tema dell'uso razionale dell'acqua nei settori civile, agricolo e industriale. Inoltre, su iniziativa della stessa Regione, è stato costituito il *Forum Nazionale sul risparmio e conservazione della risorsa idrica* (<http://www.forumrisparmioacqua.it>), un importante luogo di informazione e confronto tra tecnici e istituzioni.



## Catalogo Tematico 2

Probabilmente l'esperienza di raccolta della pioggia più famosa è quella della Potsdamer Platz, il "centro" della nuova Berlino riunificata, cui hanno lavorato i migliori architetti della scena internazionale, dallo studio Murphy/Jahn a quello di Richard Rogers, da Renzo Piano ad Arata Isozaki. La gestione dell'acqua potrebbe apparire un aspetto marginale nella progettazione di Potsdamer Platz: ma il Comune e i progettisti hanno scelto di usare proprio l'acqua come fulcro del nuovo spazio, dando vita a un sistema di nuovi canali e zone umide di diverse migliaia di metri quadri che creano un piccolo "parco" urbano nel centro di Berlino.



Figura 5 -Potsdamer Platz, Berlino (foto sopra: Ramboll Studiudreizeitl, sotto Marco Schmidt)

Non si tratta solo di uno spazio pubblico per la fruizione: il sistema è un grande serbatoio in grado di accumulare oltre 4000 metri cubi di acque di pioggia, cui si aggiungono alcune centinaia di metri cubi che vengono immagazzinati nei tetti verdi degli edifici. In pratica per eventi meteorici ordinari, **il 100% dell'acqua piovana** che cade sull'area di Potsdamer Platz (diversi ettari di superficie impermeabilizzata) viene immagazzinato e purificato attraverso un sistema di fitodepurazione perfettamente inserito nel paesaggio urbano, riutilizzato per fontane pubbliche e per lo scarico dei WC di alberghi e ristoranti della zona.



## Catalogo Tematico 2

Un moderno sistema di raccolta della pioggia è semplice: si basa fundamentalmente su tre elementi:

- la rete che raccoglie le acque dalla superficie drenata e le filtra prima di immetterle nella cisterna;
- la cisterna;
- il sistema di sollevamento e distribuzione delle acque per gli usi previsti

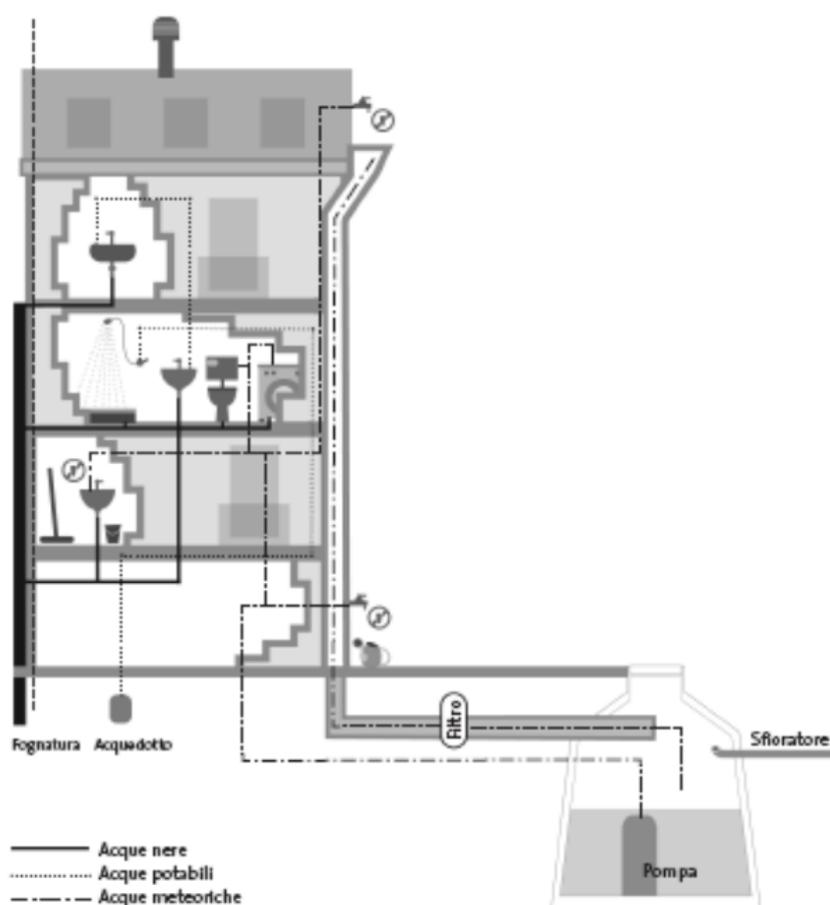


Figura 6: Schema di un sistema di raccolta della pioggia

Forse l'aspetto più critico della progettazione di un sistema di raccolta della pioggia è la stima delle quantità di acque ottenibili in funzione delle superfici di raccolta a disposizione e del volume necessario ad immagazzinarle, che dipende dalla distribuzione media delle piogge e dalle variazioni di uso nei diversi periodi. In genere i sistemi di "rainwater harvesting" tendono a raccogliere le acque che non rischiano di essere contaminate: si limitano quindi ad usare come superfici di raccolta i tetti o i terrazzi delle case. Sarebbe teoricamente possibile accumulare anche le acque provenienti da superfici stradali o parcheggi, ma in questo caso sarebbe necessario separare e trattare le acque di prima pioggia - più inquinate - prima di immagazzinarle: in genere però le superfici "a basso rischio di contaminazione" sono più che sufficienti a riempire cisterne anche di grandi dimensioni. Ben più difficile è risolvere il problema della "regolazione", ovvero, dell'accumulo di quantità sufficienti a far fronte agli usi nei periodi con piogge scarse o assenti. Da questo punto di vista è evidente che i paesi mediterranei, dove in estate possono verificarsi



## Catalogo Tematico 2

periodi di 60-80 giorni senza precipitazioni, sono svantaggiati rispetto a paesi del Centro e Nord Europa: in pratica, a parità di consumi idrici alimentati con acqua meteorica, un sistema di raccolta della pioggia in Italia richiede una cisterna di accumulo molto più grande di quella necessaria in paesi che hanno una distribuzione delle piogge più regolare.

Se dunque può risultare difficile o troppo costoso realizzare in Italia cisterne di dimensioni sufficienti a garantire disponibilità idrica sufficiente per tutta la stagione secca, bisogna tener conto che molto raramente l'acqua meteorica rappresenta l'unica risorsa disponibile. E' quindi possibile realizzare una cisterna di determinate dimensioni, in grado di fornire acqua per usi non potabili per 8-10 mesi e, quando non piove per lunghi periodi, rifornire la cisterna con acqua dell'acquedotto o con acque di diversa provenienza (ad esempio, con acque grigie depurate).

## 2.4. La “raccolta differenziata” degli scarichi

Da alcuni decenni abbiamo imparato che tener differenziati e smaltire separatamente i rifiuti solidi è la chiave per ridurre notevolmente i problemi ambientali che da essi derivano. Il motivo è intuitivo: se mantengo “ordinati” i rifiuti è molto più facile o riutilizzarli come materie prime/secondarie per produrre qualcosa (altra carta, altro vetro, altri metalli, altra plastica) oppure trasformarli senza rischio in qualcosa che ne riduca l'impatto (compost, biogas o al limite cenere, che occupa poco spazio ed è inerte), producendo al contempo energia.

Qualcosa di molto simile può avvenire con i “rifiuti liquidi”, ovvero gli scarichi prodotti nelle nostre abitazioni. Per comprendere a fondo il problema, e concepire soluzioni veramente adeguate, dobbiamo capire che fine fanno gli scarichi delle acque nelle nostre case.

### 2.4.1. Acque nere e acque grigie

Come abbiamo visto, solo una piccolissima parte delle acque che usiamo in casa viene effettivamente “consumata”. Quella che beviamo, quella che utilizziamo per lavare la casa ed evapora dopo l'uso, quella che usiamo per irrigare le piante dell'appartamento: dei 200 litri/abitante/giorno solo 1-3 litri, vengono effettivamente consumati, il resto lo scarichiamo nelle fogne dopo l'uso. L'acqua che scarichiamo ha caratteristiche molto diverse a seconda dell'uso che ne facciamo: lo scarico che proviene dal WC, che contiene feci e urine umane, conterrà acque con una composizione chimica e microbiologica diversa dalle acque scaricate dai lavabi e dalle docce. Convenzionalmente si dividono gli scarichi provenienti da un'abitazione domestica in *acque grigie* e *acque nere*<sup>24</sup>. Le acque grigie sono la maggior parte: circa il 70%, pari a 140 litri/abitante/giorno, sono acque grigie, mentre il 30% sono le acque nere provenienti dai WC. In realtà, è spesso conveniente unire alle acque nere, anche gli scarichi provenienti dal lavabo della cucina, che, pur non essendo particolarmente contaminati, contengono una grande quantità di solidi (residui di cibo e dei lavaggi, polvere di caffè, ecc.). In questo modo la ripartizione tra acque grigie e nere si attesta su un rapporto di 60 a 40 %.

---

<sup>24</sup> Preziosi approfondimenti sulle acque grigie sono contenuti nel lavoro di C.Lindstrom *Greywater: what it is...how to treat it...how to use it*, disponibile su [www.greywater.com](http://www.greywater.com)



## Catalogo Tematico 2

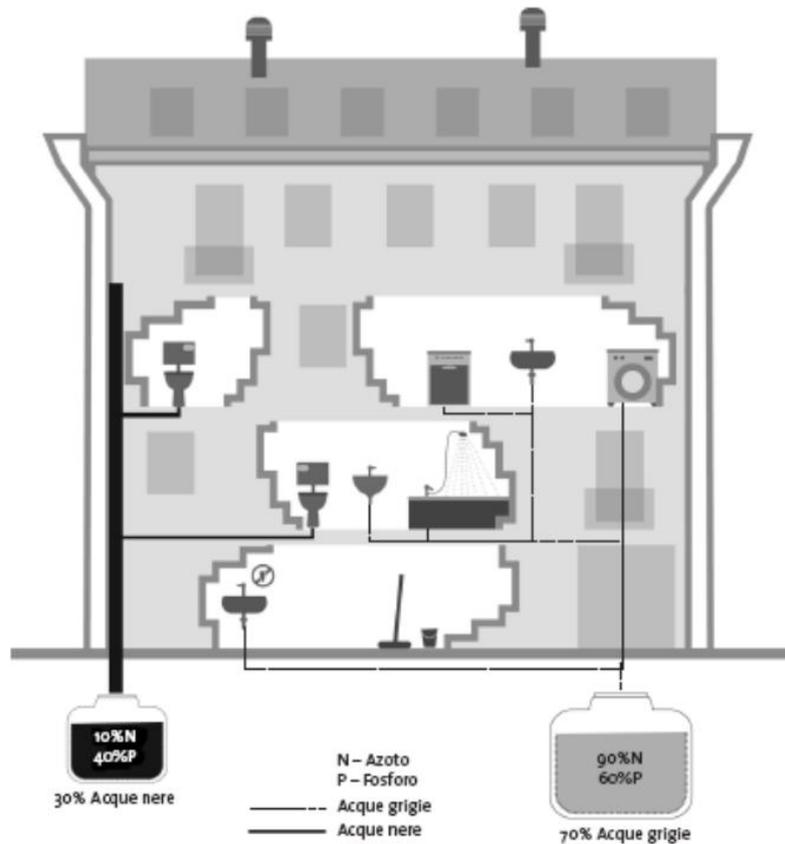


Figura 7 Acque nere e grigie all'interno dell'abitazione

La quantità di sostanze inquinanti nelle acque grigie e nere è evidenziata nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**: si nota che le differenze maggiori riguardano il contenuto in azoto, ammoniacale e nitrico, ed il carico dei coliformi fecali (patogeni); ma vi sono altre importanti differenze.

Contrariamente a quanto ci si potrebbe attendere, il carico organico biodegradabile (BOD5) è leggermente maggiore nelle acque grigie, mentre è l'opposto per il carico organico complessivo (COD, che include le sostanze più persistenti). Un'importante differenza tra acque grigie e acque nere consiste nella diversa velocità di degradazione degli inquinanti. Si potrebbe pensare che le acque grigie, che contengono saponi e altri residui di prodotti per l'igiene domestica, siano meno biodegradabili: in realtà avviene l'esatto contrario. Le acque nere contengono sostanze organiche che hanno subito uno dei processi degradativi più efficienti in natura: quello che avviene nel nostro apparato gastro-intestinale. La sostanza organica che rimane nelle feci dopo la digestione è composta in larga parte di materia cellulosica (le famose "fibre" che i dietologi ci invitano a mangiare proprio per favorire le funzioni fisiologiche), ovvero la lunga molecola organica di cui sono fatti la carta ed il legno, sostanze che - sebbene di origine naturale - tutti sappiamo si degradano molto lentamente a temperatura ambiente<sup>25</sup>. Inoltre nelle acque nere - in particolare nelle urine - si trova la maggior parte dell'azoto, che richiede tempi lunghi e grandi quantità di ossigeno per essere eliminato. Alcuni studiosi svedesi hanno studiato il processo biologico degradativo della sostanza organica contenuta nelle acque grigie e nere: in cinque giorni di processo, solo il 40% della sostanza organica presente nelle acque nere subisce una completa mineralizzazione, mentre nel caso delle acque grigie si raggiunge nello stesso periodo una

<sup>25</sup> La carta di cellulosa impiega da 1,5 a 6 mesi per essere completamente degradata, a seconda delle condizioni ambientali. Il fatto che la cellulosa contenuta nelle nostre feci sia già fortemente frammentata e disciolta in acqua ne favorisce molto la biodegradabilità all'interno degli impianti di depurazione, che comunque richiede più di 24 ore.



## Catalogo Tematico 2

riduzione del 90% della sostanza organica. Questo rapido decadimento della sostanza organica presente nelle acque grigie può essere spiegato con l'abbondanza di zuccheri, proteine e grassi, facilmente disponibili alla flora batterica, caratteristica di questa tipologia di acque di scarico.

Parametri	Acque grigie	Acque nere	Grigie + Nere	Grigie %	Nere %
BOD <sub>5</sub> g/AE·d	25	20	45	56%	44 %
COD g/AE·d	48	72	120	40 %	60 %
Fosforo Tot. g/AE·d	2,2	1,6	3,5	58 %	42 %
Azoto totale (Kjeldahl) g/AE·d	1,1	11	12,1	9 %	91 %
Solidi sospesi totali g/AE·d	77	53	130	58 %	41 %
Residuo Fisso g/AE·d	33	14	47	70 %	30 %
Solidi sospesi volatili g/AE·d	44	39	83	53 %	47 %
Solidi sospesi non filtrabili g/AE·d	18	20	48	38 %	62%
Residuo fisso non filtrabile g/AE·d	3	5	8	38 %	62 %
Solidi sospesi volatili non filtrabili g/AE·d	15	25	40	38 %	62 %
Coliformi fecali	1,7·10 <sup>9</sup>	3,8·10 <sup>9</sup>	6·10 <sup>9</sup>	31 %	69 %

Tabella 3: Quantità e Percentuali di inquinanti in acque grigie e nere: si noti che le acque grigie contengono solo 1/10 dell'azoto totale e meno della metà del carico organico rispetto alle acque nere. Fonte. [www.greywater.com](http://www.greywater.com)

In conclusione, nelle nostre case produciamo circa il 60% di acque di scarico grigie, inquinate da sostanze facilmente biodegradabili, poco contaminate da batteri e virus patogeni -la cui gestione non comporta particolari rischi sanitari; il restante 40% invece sono acque nere, il cui trattamento è più complesso, sia dal punto di vista biochimico che microbiologico.

Ora nelle abitazioni le acque grigie e le acque nere, che presentano caratteristiche così diverse, vengono normalmente mescolate ed immesse in fogna. Possiamo dire che oggi facciamo con le acque di scarico ciò che facevamo, fino a pochi decenni fa, con i rifiuti solidi. Ancora non ci rendiamo conto delle opportunità che derivano dal mantenere separati i nostri scarichi: le acque grigie, infatti possono essere destinate a coprire una parte consistente del fabbisogno domestico.



## Catalogo Tematico 2

Per fortuna in molti paesi le cose cominciano a cambiare: la pratica del riutilizzo delle acque grigie si sta ormai diffondendo rapidamente, ricorrendo a soluzioni tecnologiche molto diverse. Nei paesi poveri, come la Palestina, l'acqua grigia proveniente da lavabi e docce viene semplicemente accumulata in recipienti all'esterno delle abitazioni e da qui usata, prevalentemente per lavaggi esterni e irrigazione

Altro riuso possibile, che non richiede necessariamente un trattamento delle acque grigie, è l'alimentazione delle cassette di scarico dei WC. In pratica le acque grigie vengono accumulate in una piccola cisterna - in genere posta sotto il lavabo - e da qui, attraverso una pompa, alimentano la cassetta di scarico del WC: la mancanza di trattamento può però provocare maleodoranze nella cisterna di accumulo e, in qualche caso, anche nel vaso.

Anche se queste esperienze possono sembrare un po' "estreme", sono ormai molti gli esempi di separazione, recupero e riuso delle acque grigie applicati in contesti dove si vive una vita del tutto simile alla nostra. Nel centro di Berlino, in un palazzo dei primi del '900 un condominio di "innovatori" decise già negli anni '80 di sperimentare se era possibile recuperare parte delle acque grigie per alimentare gli sciacquoni, irrigare il giardino e lavare scale e cortili del palazzo. Fu individuato così un locale cantina di proprietà condominiale dove fu sistemato un piccolo filtro percolatore per chiarificare le acque grigie. Le acque così trattate erano poi inviate attraverso una rete di tubazioni per l'acqua non potabile in ogni appartamento, per alimentare lo sciacquone, e ad alcuni rubinetti da cui poteva essere usato per tutti gli usi non potabili, e l'impianto di trattamento e recupero delle acque grigie è ancora perfettamente funzionante, da oltre 30 anni.

Lo stesso principio è stato poi sperimentato in molte realtà in tutto il mondo, ricorrendo a diversi sistemi di trattamento delle acque grigie.

Un esempio più recente sempre da Berlino riguarda un edificio a più piani ad Arnimplatz, con 123 appartamenti. Un sistema di riciclo delle acque grigie combinato con recupero di calore dalle acque grigie è stato installato nel 2011, e fornisce ai residenti 3 - 4 m<sup>3</sup> al giorno di acqua per lo sciacquone del WC. I

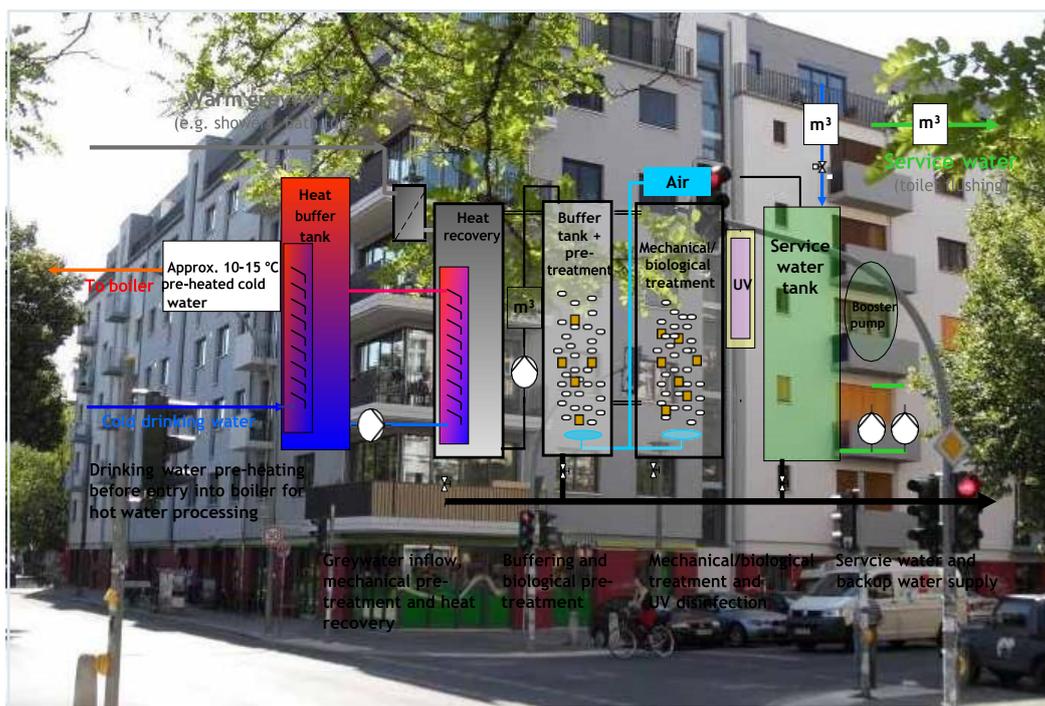


Figura 8: diagramma schematico del sistema di riciclaggio delle acque grigie con recupero di calore ad Arnimplatz



Figura 9: il sistema di riciclaggio delle acque grigie e recupero del calore, nelle cantine dell'edificio

Lo schema tipico di un sistema di separazione e riuso delle acque grigie è quello riportato in Figura 10. Le acque provenienti da docce e lavabi sono raccolte, trattate e inviate, tramite una pompa, ai punti di riutilizzo: in genere lo scarico dei WC, la lavatrice e alcuni rubinetti di acqua non potabile da destinare al lavaggio pavimenti, spazi esterni, irrigazione, ecc..

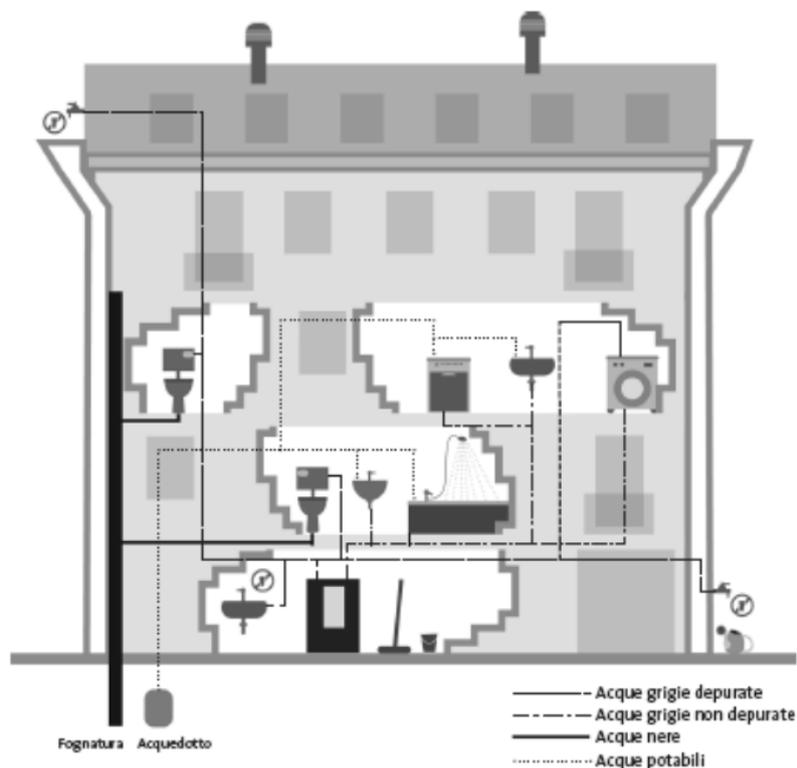


Figura 10: Schema tipo di riuso delle acque grigie



## Catalogo Tematico 2

Tra le soluzioni più interessanti vi sono certamente gli impianti che prevedono il trattamento mediante sistemi di fitodepurazione, integrati nell'arredo a verde degli edifici, quale ad esempio quello realizzato a Preganzol.



PREGANZIOL (TV)- FITODEPURAZIONE PER ACQUE GRIGIE

Figura 1 Sistemi di fitodepurazione di Preganzol (Foto: Massimo Sansonetti)

La pratica della depurazione locale e riuso delle acque grigie si sta diffondendo abbastanza rapidamente nei paesi in cui è maggiore il costo dell'acqua. Per questo, alcune case produttrici hanno messo in commercio sistemi di depurazione estremamente compatti e automatizzati, installabili facilmente anche in una cantina, che producono acque chiarificate in apparenza del tutto simili all'acqua potabile e che rispettano con tranquillità alle analisi chimiche e microbiologiche tutti i parametri previsti dalla normativa europea per la balneazione. Oggi un prodotto del genere ha un costo troppo elevato per avere una diffusione significativa in Italia, ma un eventuale crescita delle tariffe idriche potrebbe ridurre notevolmente i tempi di ammortamento e favorire quindi la diffusione di questi sistemi.

### 2.4.2. Una risorsa inaspettata: la pipì

La separazione domestica delle acque grigie è una soluzione tecnologica che richiede alcune importanti modifiche strutturali nelle nostre case: le reti delle acque grigie devono essere mantenute separate da quelle nere fino ai piedi dell'edificio o, comunque, fino al sistema di trattamento, serve poi il "depuratore" delle acque grigie - sia esso interno o esterno all'abitazione, individuale o condominiale, quale che sia la sua tecnologia... - è necessaria una rete di distribuzione delle acque non potabili (le acque grigie depurate) che alimenti i WC e gli altri possibili usi. Una volta progettate e realizzate queste modifiche in fase di costruzione o



## Catalogo Tematico 2

ristrutturazione della casa, la presenza di una rete delle acque grigie non modifica quasi in nulla i nostri comportamenti abituali: dovremo solo evitare di bere l'acqua dal tubo quando laviamo la macchina o irrigiamo il giardino - perché sarà acqua non potabile - e insegnare ai nostri figli a non fare pipì nella vasca quando fanno la doccia o il bagno. Ovviamente, se abbiamo un sistema di trattamento acque grigie individuale, dovremo aggiungere la sua manutenzione alle incombenze domestiche: ma si tratta di un cambiamento accettabile, qualcosa di simile alla manutenzione della caldaia, a cui tutti coloro che sono passati dal riscaldamento centralizzato a quello individuale si sono rapidamente abituati. Lo stesso discorso vale per le tecniche per il risparmio idrico e per la raccolta delle acque meteoriche presentate ai paragrafi precedenti: il loro utilizzo non modifica radicalmente le nostre pratiche ed abitudini quotidiane, né il rapporto - certamente non facile - con i nostri escrementi.

In questo paragrafo proviamo ad andare oltre: dobbiamo cacciare lo sguardo fin dentro il vaso del nostro WC, un tabù da niente direbbero gli psicologi...

Per facilitarci il compito proviamo a partire da qualcosa di più nobile dei nostri escrementi: il corpo umano. Abbiamo accennato poco fa a come funziona bene il nostro apparato Gastrointestinale, che riesce a trasformare il cibo in un tempo brevissimo e digerirlo, estraendone solo le sostanze nutritive utili. Ma forse ancora più stupefacenti sono i nostri reni, che hanno il compito di individuare tra i milioni di molecole trasportate dal sangue, solo le sostanze che possono nuocerci ed eliminarle: per questo alcune sostanze - e tra queste i sali in eccesso - sono presenti in quantità superiore nelle urine, rispetto alle feci (Tabella ).

Elementi	Urine	Feci	Urine + feci
Azoto	11,0	1,5	12,5
Fosforo	1,0	0,5	1,5
Potassio	2,5	1,0	3,5
Carbonio organico	6,6	21,4	30
Peso umido	1.200	70-140	1.200-1.400
Peso secco	60	35	95

Tabella 4: Sostanze contenute negli escrementi umani (grammi per persona/giorno). Fonte: Gerd Wach: presentazione tenuta alla ZERO-M Conference on Sustainable Water Management 15 - 16 March 2005, Istanbul, Turchia

Tra le sostanze che eliminiamo con le urine, la più importante è certamente l'azoto. Sostanza strana, l'azoto è una componente essenziale delle molecole biologiche, in particolare di quelle "intelligenti", che permettono la vita: gli acidi nucleici (il DNA per capirci) e le proteine. Sono alcuni atomi di azoto, insieme ad altri elementi in minime quantità, che permettono alle molecole biologiche di funzionare, svolgendo le reazioni necessarie alla vita. Quando però il nostro organismo processa le proteine che mangiamo per ricavarne nutrimento - quindi zuccheri - rilascia l'azoto sotto forma di ammoniaca, che è però estremamente tossica, e va eliminata al più presto: per ridurre la tossicità, nel nostro sangue l'ammoniaca viene trasformata in "urea", un composto organico dell'azoto che lo rende meno tossico e quindi accumulabile a concentrazioni relativamente alte<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> Se dovessimo smaltire l'azoto in eccesso in forma di ammoniaca, come fanno ad esempio i pesci, dovremmo bere molta più acqua: la trasformazione dell'ammoniaca in composti meno tossici, come l'urea o l'acido urico, è uno degli "adattamenti" che, nel corso dell'evoluzione, hanno caratterizzato la conquista delle terre emerse, ed è comune a tutti i vertebrati terrestri: ci permette di ridurre enormemente la



## Catalogo Tematico 2

Dunque i nostri reni filtrano, tra l'altro, l'azoto in eccesso che deriva dal metabolismo delle proteine. Per questo le urine contengono una grande quantità di azoto sotto forma di urea (Figura 12).

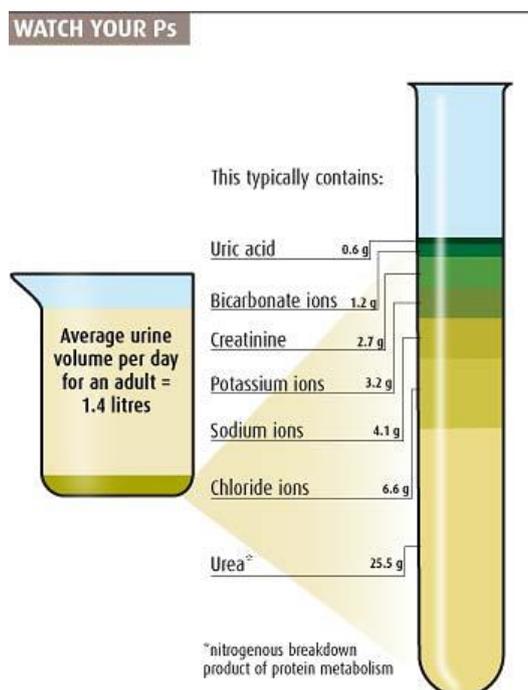


Figura 12: cosa contengono le nostre urine (Fonte: New Scientist, 20 December 2006, 2583:45-47)

Sebbene le nostre urine contribuiscano per meno dell'1% nel volume dei nostri scarichi, esse contengono circa l'80% dell'azoto e il 45% del fosforo presente nelle acque di scarico. Quando facciamo pipì nel vaso diluiamo queste sostanze in una grande quantità d'acqua e la spediamo nelle fogne, da cui, nel migliore dei casi, arrivano ad un depuratore. Quando gli scarichi arrivano al depuratore, l'urea della nostra pipì è ritornata ammoniaca e nell'impianto è necessario ossidarla a nitrato - reazione che consuma un bel po' di ossigeno, e quindi energia per ossigenare la miscela - poi il nitrato deve essere eliminato, ed è uno dei processi degradativi più lunghi e difficili. Per questo quando i depuratori devono rimuovere, oltre la sostanza organica anche l'azoto, devono essere molto più grandi e complessi: i depuratori "normali" si limitano in genere al trattamento *primario* (eliminazione dei solidi) e *secondario* (rimozione della sostanza organica - il BOD - e ossidazione di buona parte dell'ammoniaca), ma non rimuovono i nitrati. Per rimuovere i nitrati è necessario aggiungere un "terzo stadio" di depurazione (trattamento terziario), che trasforma i nitrati in azoto molecolare restituendolo all'atmosfera. Anche per il fosforo è più o meno lo stesso: solo una parte del fosforo sedimenta durante il trattamento secondario, ma una quota importante rimane disciolto nelle acque che vengono scaricate in uscita dal depuratore. Per rimuovere il fosforo dalle acque di scarico, analogamente all'azoto, è necessario un trattamento terziario aggiuntivo (defosfatazione), con la differenza che questo elemento non può essere eliminato del tutto rispedendolo in atmosfera, e rimane quindi nei fanghi di risulta degli impianti di defosfatazione. Alla fine con tempo, energia e impianti grandi e costosi, saremo riusciti a degradare l'urea e a rimuovere l'azoto e il fosforo contenuto nelle nostre urine.

Ma adesso viene il bello: se entrate in un consorzio agrario o in un qualsiasi rivenditore di prodotti per l'agricoltura, troverete in commercio un prodotto chiamato "urea agricola" che non è altro che la stessa urea contenuta nelle nostre urine realizzata sinteticamente in un processo industriale e venduta a caro prezzo come concime.

Dunque ricapitoliamo, eliminare la pipì dai nostri scarichi renderebbe molto più semplice e breve il processo di depurazione degli scarichi; la pipì è la componente degli scarichi domestici che contiene la quota maggiore di sostanze fertilizzanti necessarie per l'agricoltura ed è, tra l'altro, la componente delle acque nere che presenta meno problemi igienico sanitari, essendo virus,



## Catalogo Tematico 2

batteri e parassiti veicolati prevalentemente attraverso le feci. Ma allora non sarebbe possibile pensare di riutilizzare la pipì?

Molti riterranno che un'ipotesi del genere sia roba da “ambientalisti profondi”, ma la questione è più seria di quanto si potrebbe pensare. Gli studi e le sperimentazioni in materia, avviati negli anni '90, sono ormai molto avanzati: un articolo apparso sul *New Scientist*<sup>27</sup> già nel 2006 fa il punto della situazione. Secondo Jac Wilsenach<sup>28</sup>, ingegnere civile che studia da anni il problema presso diversi centri di ricerca, l'eliminazione “alla fonte” della metà delle urine che finiscono negli scarichi civili, permetterebbe ad un normale impianto di depurazione (dimensionato per rimuovere il carico organico, ma non l'azoto e il fosforo), di abbattere completamente anche l'azoto e il fosforo. In pratica, riuscire a separare le urine, vorrebbe dire rendere inutili, rimanendo in Italia, tutti gli impianti di trattamento terziario - reattori nitro-denitro e impianti di defosfatazione - che i Piani di Tutela delle Acque prevedono di costruire per ridurre l'inquinamento: stiamo parlando di investimenti da milioni di euro, senza considerare i costi di gestione ed il relativo consumo energetico!

Dunque la separazione delle urine non è una fantasia ambientalista ma una possibile strategia che potrebbe avere conseguenze rilevanti su tutto il sistema urbano di gestione delle acque. Ma in cosa consiste praticamente? Si tratta di spingere ulteriormente la “raccolta differenziata degli scarichi”, distinguendo oltre alle acque grigie e le acque nere, le “acque gialle” (yellow water): le prime vengono trattate e riusate, le acque nere vanno in fognatura e da qui al depuratore, mentre le acque gialle vengono accumulate a parte per poter essere riusate come fertilizzanti.

Molti produttori di sanitari, soprattutto del Nord Europa, hanno già in produzione “urine separation toilet”, ovvero vasi concepiti per la separazione delle urine dalle feci; ne esiste ormai una vasta scelta<sup>29</sup>. In pratica si tratta di un vaso assolutamente normale nella parte posteriore, mentre quella anteriore ha una zona concava che raccoglie le urine. Quando si aziona lo sciacquone, una valvola chiude il condotto per la raccolta delle urine (Figura 13).



Figura 13 Un vaso per la raccolta delle urine (Roovac Trenntoilette). Foto: Martin Regelsberger

<sup>27</sup> *New Scientist* magazine, 20 December 2006, issue 2583 page 45-47

<sup>28</sup> Wilsenach, ha lavorato per 6 anni in Olanda presso la Delft University of Technology, uno dei centri di ricerca sulle acque più quotati al mondo, per studiare l'ottimizzazione dei sistemi di depurazione. Attualmente continua le sue ricerche a Stellenbosch, Sud Africa. Per approfondimenti scientifici sui risultati degli studi di Wilsenach sulla separazione delle urine si veda il suo articolo su *Journal of Environmental Engineering*, vol 132, p 331

<sup>29</sup> Se digitate su un motore di ricerca “urine separation toilet” escono diverse migliaia di siti: si vedano ad esempio <https://www.roediger-vacuum.com/en/> e <https://shop.berger-biotechnik.de/>



## Catalogo Tematico 2

La pratica della separazione delle urine si può applicare più agevolmente e con maggior efficacia ad utenze non residenziali (uffici, utenze commerciali, stazioni, aeroporti, stadi, autogrill, ecc.) dove il rapporto tra acque nere e acque gialle è in genere molto sbilanciato in favore di queste ultime. I bagni degli uomini, in queste strutture, sono già dotati di urinali (che quindi già separano in partenza), ma si stanno ormai diffondendo anche gli urinali per donne, già presenti, ad esempio nell'aeroporto di Dortmund (<http://en.wikipedia.org/wiki/Urinal>).

Dunque i sanitari per la separazione delle urine non appaiono in fin dei conti così diversi da quelli che usiamo abitualmente: una pratica che facciamo fatica a concepire, tanto ci sembra assurda, potrebbe alla fine rivelarsi non così strana, almeno per quanto riguarda l'uso domestico delle tecnologie necessarie a metterla in pratica. Ma immaginando di adottare nelle nostre case sanitari "separatori delle urine", cosa succede dopo? dove vanno a finire le urine una volta separate? Proviamo a vedere cosa è successo dove la separazione l'hanno effettivamente messa in pratica.

Le prime esperienze sono state realizzate in Svezia negli anni '90, in "ecovillaggi" o quartieri che furono concepiti fin dall'inizio con WC per la separazione delle urine. In pratica i sistemi funzionano così: le "acque gialle" vengono inviate a cisterne di raccolta, generalmente interrate. Le dimensioni delle cisterne variano, a seconda del tipo di toilet usata: dipende infatti dalla quantità d'acqua usata per risciacquare, che può variare da 0 (waterless urinals) a 2-3 litri. Le toilet usate in Svezia permettono la raccolta delle urine con risciacqui di meno di 0,5 litri per uso, e le dimensioni delle cisterne di raccolta erano di circa 2 metri cubi a famiglia. Questa dimensione permette l'accumulo delle urine per un anno: tempo sufficiente a garantire la degradazione di eventuali patogeni presenti. A questo punto le urine vengono raccolte e trasportate con autobotti, direttamente presso le aziende agricole che le utilizzano.

Jönsson, che lavora presso una facoltà di agraria, dedica particolare attenzione all'uso delle urine come fertilizzanti, cui è stato dedicato un monitoraggio di 3 anni. Dai suoi studi emerge che "l'urina umana è un fertilizzante completo e ben bilanciato e i suoi nutrienti sono rapidamente assimilabili dalle piante" e l'effetto della applicazione agricola di urine è molto vicino a quello che si ottiene con fertilizzanti chimici. Le emissioni in aria di ammoniaca durante l'applicazione sono modeste (comprese tra 1 e 10%, con una media del 5%) e non sono stati osservati effetti tossici di nessun tipo. Anche la concentrazione di metalli pesanti appare essere molto bassa. Jönsson fa notare come, nonostante questo, l'Unione Europea permette l'uso di urina umana solo per agricoltura convenzionale, ma non per agricoltura biologica: una delle non poche regole incomprensibili che vengono dalla nostra amata Europa Unita...

Dunque la raccolta separata e il riuso delle urine, dalle esperienze fatte, non sembra particolarmente complessa: basta avere un sistema idraulico domestico predisposto ed una cisterna di dimensioni tutto sommato modeste. Ma Wilsenach, che studia le potenzialità della separazione su larga scala, sostiene che non è pensabile il riuso diretto delle urine di grandi centri urbani e propone quindi un riuso "indiretto". In altre parole, estrarre i nutrienti dalle urine e convertirli in fertilizzanti: qualcosa di molto simile al progetto di "ammoniapolis" concepito nella Parigi "pre-fognature" che forse, con soli 200 anni di ritardo potrebbe essere infine realizzato!

### 2.4.3. Il WC senz'acqua: la composting toilet

Al punto a cui ci siamo spinti non è difficile fare l'ultimo passo: potremmo arrivare ad un WC che non utilizzi affatto acqua? Dal punto di vista tecnico la cosa è assolutamente possibile: la tecnica del compostaggio degli escrementi è studiata da decenni e da altrettanto tempo sono disponibili sul mercato "composting toilet" (toilet a compostaggio). Si tratta di una evoluzione tecnologica del principio antico della latrina: una fossa dove si accumulano gli escrementi, al di sopra della quale si realizza un piccolo manufatto dove fare i nostri bisogni, che finiscono nella fossa. Ma con le moderne composting toilet levatevi dalla testa una maleodorante latrina da campo: si tratta di vasi da bagno molto simili a quelli che utilizziamo oggi, con l'unica differenza che presentano un foro ed un tubo di scarico molto grande, che scende verticalmente o al massimo con una inclinazione di 45°.



## Catalogo Tematico 2

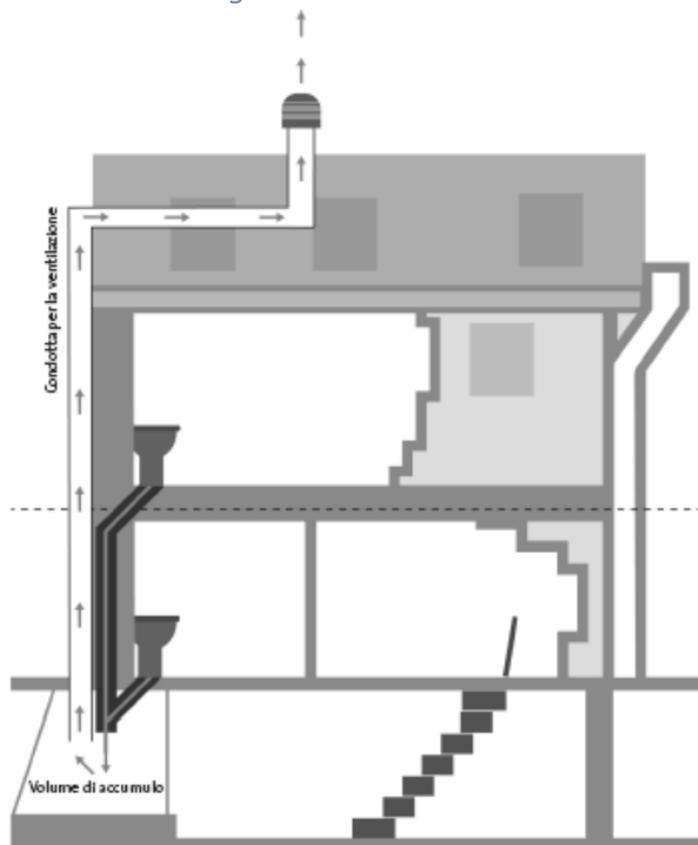


Figura 14 Schema di una composting toilet

La produzione “commerciale” di Composting toilets risale agli anni '60: già nel 1975 erano disponibili sul mercato Norvegese almeno 20 differenti modelli. Uno dei modelli più popolari è la toilet *clivus multrum*<sup>30</sup>, inventata da un'ingegnere svedese negli anni '30 e brevettata nei '60. In questo modello feci ed urine sono depositate insieme in un'unica camera; la decomposizione ha luogo in tempi molto lunghi - dell'ordine di anni - e la miscela scende gradualmente verso la parte bassa della camera da cui il compost “maturo” si immette nella zona da cui può essere rimosso. Tre elementi sono essenziali per un buon funzionamento delle composting toilet: la ventilazione (non solo per eliminare gli odori, ma soprattutto per garantire una buona ossigenazione della miscela), la composizione della miscela (che deve avere le giuste condizioni di umidità, un giusto rapporto carbonio/azoto) e la temperatura (che deve essere compresa tra 10° e 55°).

Il modello *clivus multrum* ha avuto un notevole successo ed è stato venduto in tutto il mondo. Basta visitare il sito dell'azienda per rendersi conto che il prodotto “tiene il mercato”. È opportuno però ricordare che la gestione di una composting toilet è essenziale per garantirne un buon funzionamento: il testo di Joseph Jenkins, uno dei massimi esperti in materia<sup>31</sup>, riporta molti casi in cui una cattiva installazione e manutenzione hanno provocato problemi - soprattutto di odori - che hanno portato ad una rapida disaffezione verso questa soluzione tecnologica.

<sup>30</sup> <http://www.clivusmultrum.com/>

<sup>31</sup> Forse il testo più completo sul compostaggio degli escrementi umani è il volume di Joseph Jenkins *The Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure*, pubblicato la prima volta nel 1994, ed ora disponibile in versioni progressivamente aggiornate sia come ipertesto che come volume scaricabile in pdf (<http://weblife.org/humanure/index.html>).



Oggi sono in commercio moltissimi modelli di composting toilet, con soluzioni tecnologiche diverse tra loro; alcune prevedono anche la separazione delle urine, che vengono riutilizzate direttamente, altre utilizzano energia solare per accelerare i processi degradativi: si va da modelli semplicissimi che possono essere autocostruiti con poche decine di euro a soluzioni “superlusso” da più di 10.000 euro. Digitando su un motore di ricerca “composting toilet”, si hanno a disposizione decine di migliaia di siti di approfondimento e di prodotti sul mercato. Visitando residenze servite da composting toilet ben gestite si rimane stupiti dall’assoluta assenza di cattivi odori.

La composting toilet sembra al momento destinata a rimanere un prodotto “di nicchia” nel mondo occidentale, limitato a contesti di piccolissime dimensioni dove la carenza d’acqua è fortissima (ad esempio, centri visita turistici in zone aride) o ad utenti che la richiedono per una forte motivazione “ideale” (ecovillaggi, centri di ricerca e formazione sulle tecniche “ecosostenibili”). Al contrario, nei paesi in via di sviluppo e in particolare nei contesti rurali, nelle periferie abusive ed in tutte le situazioni dove i sistemi fognari non ci sono o sono precari, la “sanitation a secco” rappresenta forse la migliore soluzione possibile<sup>32</sup>: è proprio lo smaltimento in acqua degli escrementi, infatti, che facilita la diffusione delle patologie legate all’acqua, contro cui si battono organizzazioni internazionali ed ONG di cooperazione allo sviluppo. In questi contesti rispondere con soluzioni di tipo “convenzionale” come fognature e depuratori, sarebbe costosissimo. I costi di investimento potrebbero eventualmente essere coperti dalla cooperazione internazionale, ma sono i costi di gestione che renderebbero insostenibili le tariffe dell’acqua per gli abitanti. Sarebbe bello, nei prossimi anni, ascoltare per radio una campagna di raccolta fondi per l’Africa che ci dicesse: “mandando un sms al numero XYZK potrai permettere ad un bambino del Burundi di fare la popò senza contaminarne altri 10”!

## 2.5. Consumi idrici e scarichi nella “casa ideale”

### 2.5.1. Consumare meno di 100 litri/giorno di acqua potabile

Ora guardiamo cosa succede ai consumi idrici domestici, ricorrendo alle tecnologie descritte al paragrafo precedente. Abbiamo visto che solo con i frangigetto si consumano circa 180 litri/ab/giorno, mentre spingendo al massimo le tecniche di risparmio si arriva ad un consumo di circa 130 litri/ab/giorno.

Proviamo ora a verificare i consumi ricorrendo alla raccolta della pioggia, al riuso delle acque grigie ed alle altre soluzioni presentate. Ipotizziamo di avere utenti che ricorrono ai principali sistemi di risparmio: frangigetto, docce a basso consumo e WC a doppio pulsante, che hanno quindi consumi per l’igiene personale e per il WC già ridotti a circa 130 litri/ab/giorno.

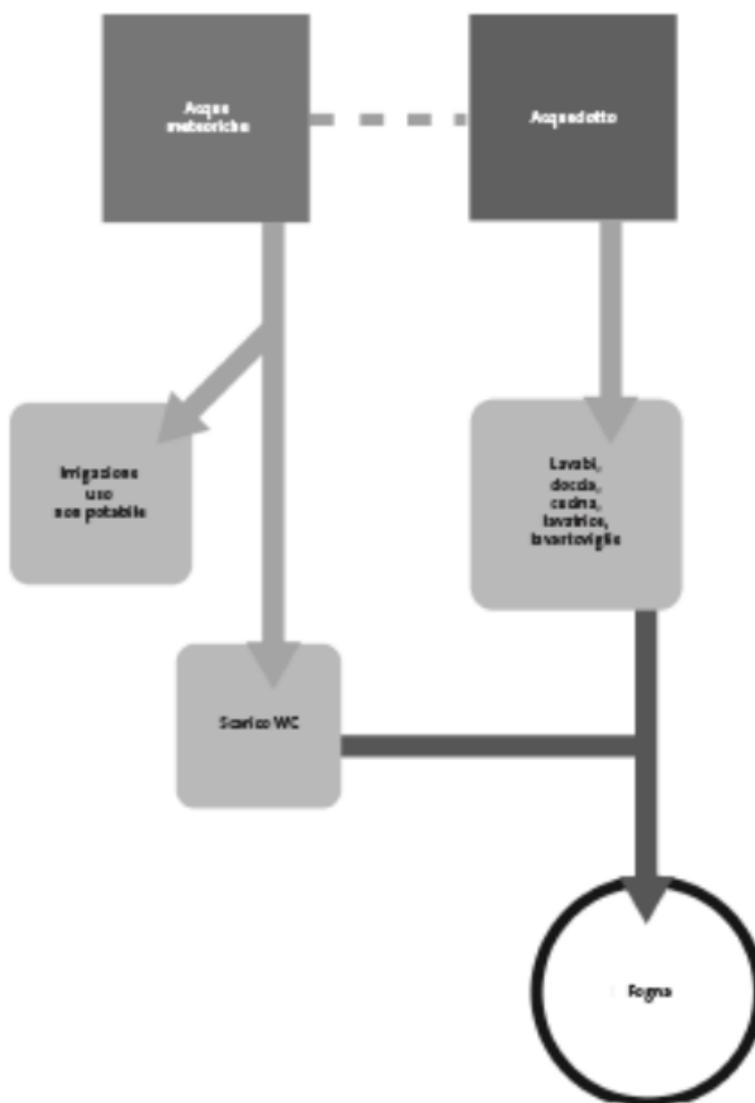
---

<sup>32</sup> Un manuale dettagliato sul compostaggio degli escrementi umani, specificamente pensato per l’Africa, è stato curato dal programma di cooperazione svedese EcoSanRes, [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org) (Peter Morgan. *Toilets That Make Compost. Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context.* Stockholm Environment Institute. EcoSanRes Programme. 2007.



## Catalogo Tematico 2

### Il signor Rainbow ha un Sistema di raccolta della pioggia



Il signor Rainbow dispone di una cisterna che raccoglie le acque di pioggia di medie dimensioni. Dalla cisterna l'acqua viene inviata allo scarico dei WC ed a due rubinetti di acqua non potabile, uno interno, per lavare pavimenti, irrigare le piante dell'appartamento, ecc. ed uno esterno per l'irrigazione del giardino ed i lavaggi esterni. Le dimensioni della cisterna non permettono di accumulare abbastanza acqua per far fronte alle necessità durante i periodi poco piovosi: per cui in quei periodi la cisterna viene riempita con l'acqua dell'acquedotto. Quindi solo una parte dei consumi del WC, della pulizia della casa e degli usi esterni potranno essere soddisfatti con le acque di pioggia raccolte: diciamo che dei 30 litri destinati allo scarico del WC, 20 provengono dalle acque di pioggia e 10 dall'acquedotto. Analogamente l'acquedotto fornisce 2 dei 6 litri/giorno necessari la pulizia di casa e 6 dei 16 destinati agli usi esterni. Nella tabella che segue mettiamo a confronto i consumi del signor Rainbow con quelli dell'ambientalista della **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Pur non ricorrendo ad elettrodomestici a basso consumo, il signor Rainbow riduce i suoi consumi domestici a circa 110 litri giorno. Se la sua cisterna fosse sufficientemente grande, il signor Rainbow potrebbe ridurre i suoi consumi di ulteriori 18 litri (10 WC, 2 pulizia di casa, 6 usi esterni), riuscendo a consumare meno di 100 litri giorno.

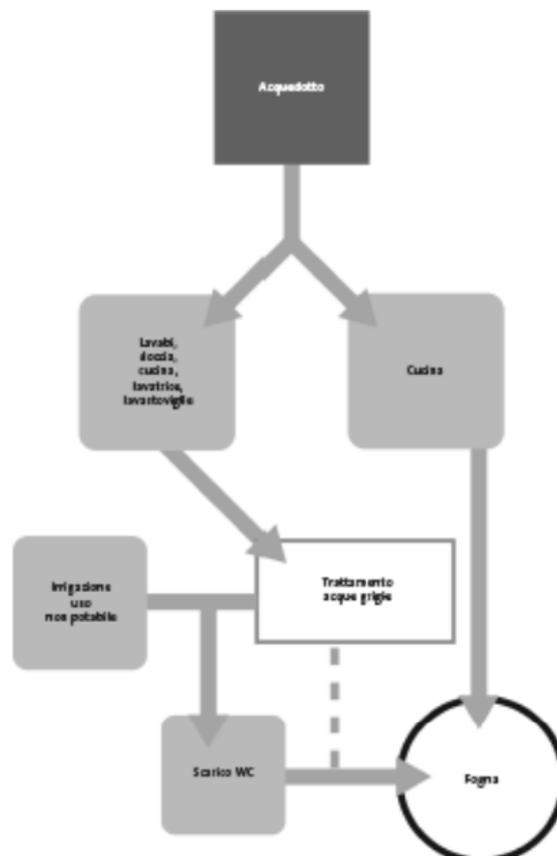


## Catalogo Tematico 2

	C	D
	consumo con il max delle tecnologie di risparmio	Signor Rainbow: Risparmio + Raccolta pioggia (cisterna medie dimensioni)
bagno e igiene personale	40	40
WC	30	10
cucina (alimentare)	20	20
Lavatrice	12	24
Lavapiatti	3	6
cucina e lavabi (pulizia di casa)	6	2
annaffiamento e altri usi esterni	16	6
<b>TOTALE</b>	<b>127</b>	<b>108</b>

Tabella 5 Risparmio ottenibile con la raccolta della pioggia

### Il signor Grey ha un Sistema di separazione e riuso delle acque grigie





## Catalogo Tematico 2

Il signor Grey vive in un condominio che ha deciso di installare un sistema di depurazione delle acque grigie, che tratta le acque dei lavabi e della doccia e le riutilizza per alimentare gli sciacquoni, per la pulizia della casa e gli usi esterni. Il lavabo delle cucine, per precauzione, non è collegato al sistema di trattamento delle acque grigie, ma finisce nella fogna insieme agli scarichi dei WC. Il sistema del signor Grey permette di azzerare i consumi per lo sciacquone e di ridurre i consumi per usi esterni a soli 6 litri/giorno, riducendo i consumi domestici a circa 100 litri/giorno. Se adottasse anche una lavatrice e una lavapiatti a basso consumo, potrebbe arrivare a consumare meno di 90 litri/giorno.

	C	D
	consumo con il max delle tecnologie di risparmio	Signor Grey Risparmio + riuso acque grigie
bagno e igiene personale	40	40
WC	30	0
cucina (alimentare)	20	20
Lavatrice	12	24
Lavapiatti	3	6
cucina e lavabi (pulizia di casa)	6	6
annaffiamento e altri usi esterni	16	6
TOTALE	127	102

Tabella 6: Risparmio ottenibile con il riuso delle acque grigie

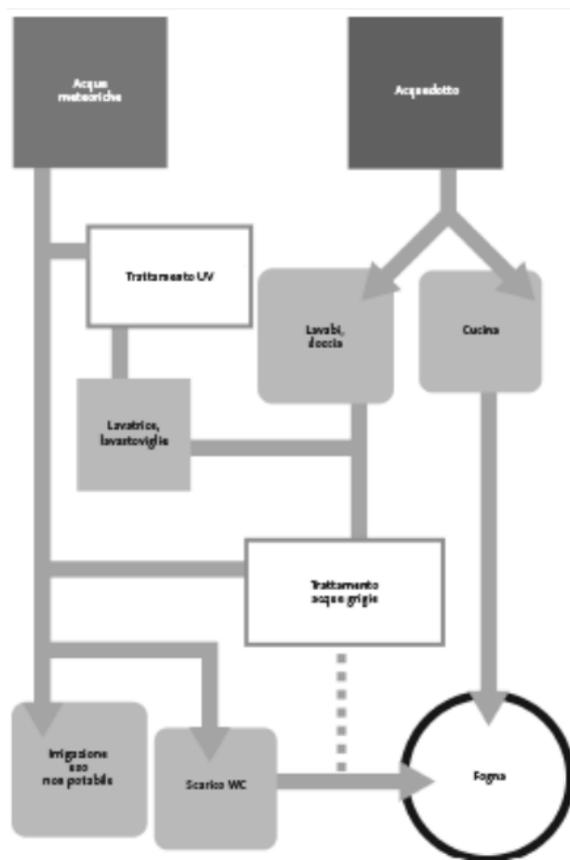
### Il signor Waterless ha sia raccolta meteoriche che riuso delle acque grigie

Il signor Waterless vive in un nuovo complesso edilizio dotato di una cisterna per la raccolta di acqua della pioggia e di un sistema di depurazione delle acque grigie. La disponibilità di acque grigie depurate, che vengono prodotte anche nei periodi in cui non piove, ha permesso di ridurre notevolmente il volume della cisterna delle acque meteoriche. Una parte delle acque di pioggia le utilizza per alimentare i suoi elettrodomestici: la lavatrice e la lavastoviglie, per evitare i problemi legati al deposito di sali nei lavaggi. Per garantire l'igiene, le acque di pioggia destinate a questi usi subiscono un trattamento di disinfezione con una lampada UV. Le acque grigie sono destinate prevalentemente allo scarico del WC (30 litri/giorno): quello che rimane si mescola con le acque meteoriche non destinate agli elettrodomestici, e va ad alimentare gli usi esterni e la pulizia della casa. In pratica, l'esigenza di acqua potabile del signor Waterless si riduce all'uso alimentare ed ai lavaggi ed igiene personale: circa 60 litri/abitante/giorno. Se il signor Waterless potesse realizzare una cisterna di maggiori dimensioni, potrebbe aumentare la quota di acque di



## Catalogo Tematico 2

pioggia sottoposte a disinfezione, ed utilizzare quelle anche per il bagno e l'igiene personale, arrivando a consumare solo 20 litri giorno di acqua potabile!



	C	D
	consumo con il max delle tecnologie di risparmio	Signor Grey: Risparmio + raccolta pioggia + riuso acque grigie
bagno e igiene personale	40	40
WC	30	0
cucina (alimentare)	20	20
Lavatrice	12	0
Lavapiatti	3	0
cucina e lavabi (pulizia di casa)	6	0
annaffiamento e altri usi esterni	16	0
<b>TOTALE</b>	<b>127</b>	<b>60</b>

Tabella 7: Risparmio ottenibile con raccolta della pioggia e riuso acque grigie



## 2.5.2. I benefici della gestione sostenibile delle acque domestiche

Nei casi citati al paragrafo precedente non abbiamo ipotizzato il ricorso a soluzioni come la separazione delle urine e le composting toilet: non è stata una dimenticanza, semplicemente, gli effetti in termini di risparmio idrico del ricorso a queste tecniche sono limitati alla riduzione o eliminazione dei consumi dovuti allo scarico nel WC, pari ad un risparmio di circa 30 litri giorno, rispetto ad un utente che già utilizza sciacquoni a doppio pulsante: un risultato ottenibile più facilmente ricorrendo ad acqua non potabile per lo scarico del WC.

Ma i benefici della separazione delle urine e delle composting toilet non riguardano tanto il risparmio idrico possibile, quanto l'ottimizzazione della gestione dei sistemi di trattamento, il recupero dei nutrienti contenuti negli scarichi e la riduzione del rischio sanitario, legato allo smaltimento in acqua di feci e urine. La separazione delle urine, come abbiamo visto, oltre a mettere a disposizione del prezioso fertilizzante, eliminerebbe alla fonte gran parte dell'azoto contenuto nei liquami di fogna, rendendone più semplice e rapido il processo di depurazione. La composting toilet, eliminando alla fonte tutto il materiale fecale, riduce le acque di scarico alle sole acque grigie, molto meno pericolose dal punto di vista igienico e facilmente trattabili e riutilizzabili o smaltibili direttamente sul suolo.

Accanto agli evidenti benefici che deriverebbero dall'applicazione delle tecnologie indicate al paragrafo precedente occorre considerarne anche gli effetti "indesiderati". Ad esempio, in un contesto urbano di tipo "occidentale", una contrazione molto forte dei consumi idrici potrebbe provocare un generalizzato aumento delle concentrazioni e di conseguenza una minor "fluidità" dei liquami fognari. Questa condizione potrebbe provocare qualche problema di gestione delle reti, ad esempio per la maggior sedimentazione di solidi nei pozzetti. Si tratta di problemi registrati in alcuni paesi dove le soluzioni innovative cominciano a diffondersi, ma di eventualità estremamente remote per gran parte delle reti italiane che soffrono oggi del problema opposto, una eccessiva diluizione dei liquami. In ogni caso sono problemi che possono essere agevolmente affrontati con opportune pratiche gestionali.

Ma quali sarebbero gli effetti "finali" di un passaggio generalizzato a soluzioni tipo quelle indicate? Immaginiamo che delle politiche chiare e forti a livello nazionale e locale permettano di diffondere le diverse soluzioni presentate. Naturalmente le più semplici (quelle applicabili senza dover rifare l'impianto idrico di casa) potrebbero avere una diffusione vasta, su oltre il 50% degli utenti, mentre per le altre è ragionevole attendersi una diffusione limitata inizialmente alle nuove costruzioni e progressivamente estese ai vecchi edifici che vengono ristrutturati. Ma immaginiamo che attraverso la diffusione differenziata di un mix di tecniche riuscissimo a ridurre di un 25% i consumi domestici e assimilabili ai domestici (che come abbiamo visto costituiscono la quasi totalità dei consumi civili). Prima conseguenza sarebbe la disponibilità di circa 1370 milioni di metri cubi all'anno di acqua di ottima qualità - com'è quella usata per gli usi civili - che potrebbe essere lasciata alla circolazione naturale alimentando falde e fiumi oggi "ipersfruttati". Un secondo effetto positivo sarebbe l'aumento della concentrazione dei liquami nelle fogne, dovuto, da un lato alla riduzione dei consumi, dall'altro alla progressiva diffusione della raccolta della pioggia (e delle soluzioni che vedremo nel seguito), con effetti positivi sulla funzionalità degli impianti di depurazione. Infine si otterrebbe un generalizzato risparmio di energia e di altre importanti voci, sia da parte dell'utente domestico che da parte del gestore che deve movimentare volumi minori d'acqua e liquami. Insomma sembra proprio che ci siano tutti i motivi per attivarle queste politiche per la gestione sostenibile domestica, anche se non è semplice.



## 3. La gestione sostenibile delle acque nelle città

### 3.1. Acqua e città: 5 regole per la gestione “ecosostenibile”

Le soluzioni descritte nel precedente capitolo sono applicabili in case isolate come in contesti urbani: gran parte degli esempi forniti riguarda proprio esperienze realizzate in città, come il caso della Potsdammer Platz o del nuovo quartiere di Preganziol. Si tratta però di soluzioni che vengono messe in pratica dai singoli utenti (condomini, operatori economici, singoli residenti) oppure dai costruttori in fase di progettazione degli edifici. In questo capitolo invece ci occupiamo della gestione delle acque a scala urbana: quella che abitualmente viene decisa in ambito pubblico, dai rappresentanti della collettività, siano essi il Comune o qualsiasi altro ente che rappresenti l'interesse collettivo, e progettata ed operata dai gestori del “servizio idrico” (acquedotto, fognatura e depurazione). Andremo ad analizzare le possibili soluzioni ai numerosi problemi che riguardano la gestione urbana dell'acqua: per farlo dobbiamo partire da uno schema concettuale del ciclo dell'acqua urbana.

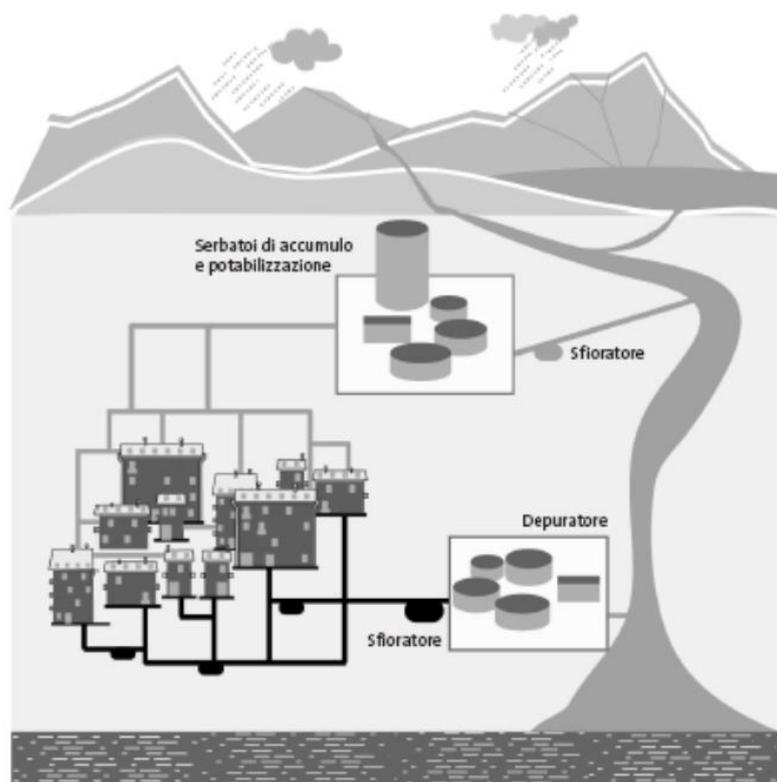


Figura 15: La gestione urbana dell'acqua

Nella **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. è rappresentato il modello tipico di gestione dell'acqua in una città. L'acqua viene prelevata da una fonte, che può trovarsi anche molto lontana dalla città; è trasportata attraverso le grandi adduttrici dei sistemi aquedottistici a serbatoi da cui viene prelevata per gli eventuali trattamenti di potabilizzazione ed immessa nella rete di distribuzione che la porta nelle nostre case. L'acqua usata lascia le nostre case dagli scarichi e finisce nella rete fognaria (che in genere è mista e raccoglie anche la pioggia); dalla rete fognaria raggiunge un depuratore (quando piove solo in parte, perché una parte dei liquami mischiati alla pioggia sfiorano per non sovraccaricare le fogne e i depuratori). Nel depuratore l'acqua viene depurata e poi scaricata in un recettore (fiume, lago o mare), mentre i fanghi di



## Catalogo Tematico 2

depurazione, che contengono sostanza organica e una parte dei nutrienti, vengono inviati a discarica o, quando possibile, riutilizzati o inviati a compostaggio.

Ora, quali sono le variabili che rendono più o meno “ambientalmente sostenibile” questo modello? Innanzitutto la quantità d’acqua (1) che preleviamo, sottraendola alla circolazione naturale e ad altri possibili usi: meno è, meglio è. Un secondo aspetto non secondario è la distanza tra il prelievo e la restituzione (2): se prendiamo acqua da un fiume alla sorgente e la restituiamo alla foce, sarà ben peggio che restituirla immediatamente a valle di dove l’abbiamo presa, perché è pur sempre meglio un fiume con acqua inquinata, che un fiume senz’acqua. Naturalmente è importante la qualità con cui restituiamo l’acqua (3): potremmo dire che migliore è la qualità degli scarichi, più “sostenibile” è la città che li genera, ma in realtà le cose non stanno proprio così. È sostenibile una città i cui scarichi sono compatibili con il corpo idrico che li riceve: se si ha la fortuna di scaricare in un grande fiume che può ricevere lo scarico, diluendolo senza scadere di qualità, non avrebbe senso spingere inutilmente il processo depurativo: quindi una città “fortunata” perché ha un recettore con “maggiore capacità”, può essere più sostenibile di un’altra meno fortunata anche se depura meno. Infine, da quanto detto nei capitoli precedenti, è evidente che è necessario favorire la reimmissione dei nutrienti (azoto e fosforo) nei cicli biogeochimici naturali (4), in particolare restituendoli ai campi coltivati da cui vengono asportati attraverso gli alimenti.

Vi è un altro aspetto importante della gestione urbana dell’acqua, e riguarda le piogge: abbiamo visto come la commistione delle acque di pioggia nelle reti fognarie sia una delle più importanti criticità nella gestione delle reti fognarie. Indipendentemente da ciò, uno degli impatti ambientali rilevanti dell’urbanizzazione è l’impermeabilizzazione del suolo, che influenza negativamente la risposta idrologica dei bacini, riducendo l’infiltrazione in falda ed aumentando ed accelerando i deflussi superficiali<sup>33</sup>. La città sostenibile è, dunque, anche quella che riduce al minimo l’impermeabilizzazione del suolo (5) e ne mitiga gli effetti, “laminando” le acque superficiali in occasione delle piogge.

Ecco quindi anche definiti cinque criteri per la corretta gestione delle acque in ambito urbano, che ci permetterebbero, se fossimo in grado di tradurli in numeri, di individuare “indicatori di sostenibilità urbana” per la gestione delle acque<sup>34</sup>.

Dunque nel “progettare città sostenibili”, per quanto riguarda l’acqua, dovremmo puntare a:

1. Minimizzare i volumi prelevati.
2. Minimizzare la circolazione “artificiale” dell’acqua, restituendo l’acqua più vicino possibile al punto di prelievo.
3. Garantire una buona efficacia depurativa (possibilmente contenendo i costi), commisurata a mantenere in buone condizioni il corpo idrico che riceve gli scarichi.

---

<sup>33</sup> Non riusciamo ad approfondire qui il tema della gestione sostenibile delle acque e dei bacini idrografici per ridurre il rischio idraulico e geomorfologico: il tema è noto da tempo, ed affrontato in modo innovativo nel volume *La riqualificazione fluviale in Italia*, a cura di A.Nardini, G.Sansoni. Mazzanti Editore 2006 ([www.cirf.org](http://www.cirf.org)).

<sup>34</sup> Nel 2000, Giulio Conte, Antonio Massarutto e Andrea Nardini tentarono di costruire un sistema di indicatori per verificare la sostenibilità, non solo ambientale ma anche sociale ed economica della gestione dell’acqua: si veda in proposito il capitolo “Risorse Idriche” della Strategia di Azione Ambientale per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dal CIPE il 2 Agosto 2002.



## Catalogo Tematico 2

4. Permettere il riuso e la corretta reimmissione nei cicli biogeochimici naturali dei nutrienti.
5. Minimizzare la superficie impermeabilizzata e comunque compensarla attraverso opportuni volumi di laminazione

In effetti vi è una certa corrispondenza tra i criteri elencati e gli indicatori di sostenibilità usati abitualmente: i consumi idrici pro capite possono essere considerati una buona misura del criterio 1, avendo l'accortezza di usare al numeratore non i volumi erogati ma quelli prelevati, includendo così sia i consumi finali che le perdite di rete. Purtroppo è molto difficile tradurre gli altri quattro criteri in indicatori numerici certi, confrontabili tra diverse città, e per questo non vengono abitualmente usati. Sarebbe però interessante provarci. Ad esempio, analizzando il secondo criterio, la distanza tra prelievo e restituzione risulterebbe probabilmente molto maggiore nelle città del Centro/Sud Italia rispetto a quelle del Nord, evidenziando una realtà a cui si presta poca attenzione: il consistente impatto ambientale dovuto ai grandi schemi acquedottistici. Quanto al terzo criterio, piuttosto che continuare ad usare il classico indicatore della "percentuale di popolazione servita da depurazione" - che non ci dice granché... - si potrebbero verificare le condizioni di qualità dei corpi idrici recettori (il Po a Torino, il Lambro a Milano, il canale Navile a Bologna, l'Arno a Firenze, il Tevere a Roma, il Golfo di Napoli: tutti in condizioni di qualità critiche o molto critiche) rendendo evidente la sostanziale incapacità dei sistemi depurativi di rispondere efficacemente alla funzione per cui sono stati concepiti. Per il quarto criterio sarebbe possibile stimare quale quota dei nutrienti viene effettivamente riutilizzata, grazie al riuso degli scarichi e/o dei fanghi di depurazione (e anche in questo caso i risultati non sarebbero incoraggianti...). Infine, per il quinto criterio, sarebbe possibile "contabilizzare" la superficie impermeabilizzata (per abitante), facendo attenzione a escludere le superfici che potrebbero essere progressivamente tornare permeabili, grazie a soluzioni come quelle indicate ai prossimi paragrafi.

Ma proviamo a vedere, aspetto per aspetto, in che modo la gestione delle acque alla scala urbana potrebbe essere più sostenibile.

### 3.2. Le reti di distribuzione idrica

Eccoci finalmente alle famose "reti colabrodo" che sono da molti ritenute il maggior problema di gestione idrica in Italia. Innanzitutto non si può negare che il problema esista e sia rilevante; secondo i dati ISTAT disponibili oltre il 37% dell'acqua prelevata non raggiunge gli utenti finali. Circa un 10% si perde in fase di "adduzione", ovvero tra il punto di prelievo e il punto in cui l'acqua viene immessa in rete. Il restante 27% è la differenza tra acqua immessa in rete e acqua fatturata all'utenza. Questa differenza non è costituita solo da vere e proprie perdite o sfiori dalla rete di distribuzione - le cosiddette "perdite reali" -, ma anche da quelle che vanno comunemente sotto il nome di "perdite apparenti", che includono i prelievi abusivi e gli errori negli strumenti di misura e nella contabilizzazione. Tra le "perdite apparenti" si deve considerare una quota di consumi perfettamente legittimi, ma non contabilizzati, semplicemente perché hanno contratti che prevedono la fornitura gratuita d'acqua<sup>35</sup>: nei bilanci idrici dei gestori queste acque risultano non fatturate e quindi non erogate. A parte casi particolari, le perdite apparenti rappresentano comunque non più del 5% e spesso si aggirano sul 3%<sup>36</sup>. È quindi ragionevole ritenere che la media

<sup>35</sup> Si tratta di utenze pubbliche o di interesse pubblico ma anche di utenze private che per antica consuetudine ricevono acqua gratuitamente (ad esempio enti religiosi): nella città di Roma - dove le utenze di interesse pubblico sono molte - le stime dell'ACEA, ipotizzano che questa quota si avvicini al 10% della differenza tra immesso in rete ed erogato.

<sup>36</sup> Si veda ad esempio il caso dell'Emilia Romagna nel Documento elaborato dalla Regione *Perdite di rete in Emilia-Romagna: analisi, ricerche e proposte*



## Catalogo Tematico 2

italiana delle perdite reali in rete di distribuzione, si aggira attorno al 22-24% del prelevato.

Prima di fare alcune considerazioni sulle possibilità di ridurre le perdite, è bene analizzare che fine fa l'acqua persa dalle reti. Essa può andare a finire nel terreno, e quindi nella falda, o in superficie; potrebbe essere il caso, ad esempio, della portata sfiorata da un serbatoio che recapita in un corso d'acqua. In questi casi lo "spreco" di risorsa è in qualche modo limitato dal fatto che le acque vengono restituite all'ambiente. Certo se, com'è il caso di Roma, le acque si prelevano a decine di chilometri di distanza, sul bacino del fiume Velino, e finiscono nelle falde in prossimità del mare, il danno ambientale c'è ed è rilevante. Ma se preleviamo l'acqua da un campo pozzi poco distante, ed una parte di essa si disperde dalla rete di distribuzione e ritorna in falda, il danno ambientale è limitato<sup>37</sup>. L'ipotesi peggiore, che va assolutamente evitata, è quando le perdite - ma questa evenienza riguarda principalmente gli sfiori - vanno a finire nella rete fognaria: in questo caso andiamo a buttare dell'acqua potabile nella fogna, aggiungendo al danno dello spreco di risorsa, i problemi già descritti per i depuratori che ricevono liquami troppo diluiti. Dunque non tutte le perdite hanno la stessa importanza, ve ne sono alcune che vanno assolutamente evitate ed altre su cui intervenire solo quando abbiamo risolto altri più gravi problemi.

Ora proviamo a seguire il percorso del nostro acquedotto per capire dove è possibile intervenire. Innanzitutto cominciamo dalla fase di adduzione, ovvero l'acqua che si perde dal punto di prelievo all'impianto di potabilizzazione e immissione in rete. Questa perdite avvengono lungo la condotta di adduzione - se non è in buone condizioni - ma soprattutto sono dovute agli sfiori, ovvero l'eliminazione dell'acqua addotta in eccesso rispetto alla capacità degli impianti di potabilizzazione e/o immissione in rete. In pratica, poiché l'ente di gestione ha una concessione di derivazione che gli permette di prelevare una determinata portata, tenderà a portarsela tutta al punto di utilizzo, se poi ne ha più di quella che gli serve, lascia sfiorare l'eccesso in un corso d'acqua (o nel peggiore dei casi in una fogna). Questa pratica generalmente non riguarda gli acquedotti alimentati con acqua di falda, che viene sollevata con pompe ed ha quindi un costo energetico che il gestore tenderà a ridurre, ma è molto frequente per gli impianti alimentati da sorgenti o da corsi d'acqua<sup>38</sup>. Ora per ridurre le perdite dovute agli sfiori sarebbe necessaria una gestione più controllata di tutto il sistema, che permetta di dimensionare serbatoi di accumulo adeguati e di gestire i prelievi in funzione dei bisogni. Tutte pratiche tecnicamente possibili, in particolare oggi con i sistemi di telecontrollo: è bene considerare che, comunque, una minima percentuale di perdite dovute agli sfiori e ai lavaggi dei sistemi di potabilizzazione è inevitabile.

Ma veniamo ora alle reti di distribuzione, dove avviene la maggior parte delle perdite: circa il 30% dell'acqua immessa in rete, pari al 27% dell'acqua prelevata. Qualche punto percentuale è costituito di perdite apparenti ma almeno un 25-27% dell'acqua immessa in rete viene effettivamente dispersa: si tratta di circa 2 miliardi di metri cubi all'anno a livello nazionale, un volume d'acqua sufficiente a dissetare per un anno decine di milioni di persone se consumassero meno di 100 litri/abitante giorno!

Ma per capire quanto possiamo ridurre questo spreco, dobbiamo capire fino a che punto questa acqua è effettivamente sprecata. Da una rassegna di esperienze internazionali riportata dalla Regione Emilia Romagna emerge che i casi più "virtuosi" - quelli olandesi - presentano valori di

<sup>37</sup> Almeno quello diretto per il sistema delle acque, ma bisognerebbe anche mettere nel conto il danno ambientale ed economico dell'energia usata per sollevare acqua che non viene utilizzata.

<sup>38</sup> Ad esempio nel caso dell'acquedotto di Carrara, in sede di analisi ambientale per il processo di Agenda 21, risultò una perdita dovuta a sfiori in adduzione superiore al 25% del volume prelevato.



## Catalogo Tematico 2

perdite intorno al 5%, con punte di eccellenza che raggiungono il 2%. Ciononostante vi è un generale accordo, tra i tecnici del settore, che una certa quota di perdite negli acquedotti sia fisiologica: l'American Water Work Association (AWWA) ritiene che perdite del 10% dell'impresso in rete siano la soglia al di sotto della quale il costo degli interventi diviene superiore ai benefici ottenuti.

Il dato percentuale della differenza tra immesso in rete ed erogato non è, però, sufficiente a descrivere la situazione delle perdite: infatti se la rete è molto estesa, la probabilità che si verifichino perdite è strutturalmente più elevata. Per questo, accanto al valore delle “perdite reali” e “perdite apparenti”, si ricorre alla misura delle “perdite specifiche”, espresse in volume di perdite, per lunghezza della rete, per il tempo<sup>39</sup>. I valori delle perdite specifiche in Olanda oscillano tra meno di 1 e 5 m<sup>3</sup>/Km/giorno, mentre in Italia siamo tra i 9 m<sup>3</sup>/Km/giorno di gestori romagnoli a oltre 100 m<sup>3</sup>/Km/giorno di gestori del Centro-Sud: una stima ragionevole delle perdite specifiche medie nazionali si colloca certamente al di sopra dei 20 m<sup>3</sup>/Km/giorno. Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia Romagna ha posto come obiettivo per tutti i gestori della Regione livelli di perdite specifiche inferiori ai 5,5 m<sup>3</sup>/Km/giorno, che possiamo considerare come un *target* accettabile a livello nazionale.

A scala nazionale quindi, tra il livello attuale di perdite reali e di perdite specifiche, ed i limiti ritenuti accettabili, vi è un notevole margine di miglioramento: da 25% a 10% le perdite reali e da oltre 20 a 5,5 m<sup>3</sup>/Km/giorno quelle specifiche. Gli interventi necessari per ottenere una riduzione delle perdite riguardano essenzialmente 3 aspetti: il controllo, la manutenzione e la gestione. Per i primi due aspetti non c'è molto da dire, a meno di non entrare in dettagli estremamente tecnici: si tratta comunque di dotare le reti di sistemi di controllo che permettano di individuare rapidamente le eventuali perdite e di prevedere periodiche campagne di manutenzione ordinaria, ma anche di progressiva sostituzione delle parti più vecchie delle reti. Qualcosa in più si può dire invece delle pratiche gestionali. Secondo alcuni studi di Marcello Meneghin (<https://tuttoacquedotti.it/author/altratecnica/page/3/>), una parte consistente delle perdite reali è dovuta alle pratiche gestionali, da sempre volte all'unico obiettivo di garantire il soddisfacimento della domanda di punta. Queste pratiche comportano

- che, nei periodi notturni o di scarso consumo, la pressione nelle reti diventa esuberante, aumentando le portate che fuoriescono dalle giunzioni e da eventuali “falle” esistenti nella rete e facilitando nuove rotture o peggioramenti di quelle esistenti;
- lo sfioro nei serbatoi di rete di una grande quantità di acqua in eccesso.

Secondo Meneghin una “rete ideale” di distribuzione idrica dovrebbe “attribuire priorità assoluta alla pressione di consegna dell'acqua all'utenza considerato che essa è l'elemento determinante dell'esercizio”, e permettere una gestione a “pressione variabile”, prevedendone valori all'utenza:

- elevati per il soddisfacimento del fabbisogno di punta;
- medi per i periodi di consumo medio bassi;
- minimi per le ore notturne caratterizzate da bassi consumi.

Nel contesto nazionale si osserva una crescente sensibilità riguardo all'esistenza di una stretta relazione tra consumi idrici, consumi energetici e livello di pressione nei sistemi acquedottistici,

---

<sup>39</sup> I tecnici non si sono mai accordati sulle unità di misura, per cui la lunghezza può essere misurata in metri o Km, mentre il tempo si può esprimere in ora, giorno o anno.



## Catalogo Tematico 2

che si traduce nell'individuare corrette combinazioni di interventi, ponendosi come finalità il raggiungimento di una efficienza globale.

Alcuni interessanti risultati possono derivare anche da applicazioni a porzioni di rete. Ad esempio nel distretto Bolognina, una porzione della rete acquedottistica di Bologna, avente una popolazione di circa 19500 abitanti, si è intrapresa una riduzione della pressione mediante l'inserimento di due valvole riduttrici di pressione. Un abbassamento della pressione di 2 bar ha permesso di recuperare un volume di acqua di circa 650 m<sup>3</sup>/g, che corrisponde al consumo giornaliero di circa 2700 abitanti, se si considera una dotazione media di 240 l/ab/g. Si può stimare che il recupero energetico associato alla riduzione del volume di acqua sia pari a circa 520 kWh/g.

In conclusione, la riduzione delle perdite dalle “reti colabrodo” è certamente uno dei settori importanti su cui intervenire per garantire una gestione sostenibile delle acque a livello urbano. Maggiori controlli e manutenzione delle reti, unitamente al passaggio alla “gestione a pressione variabile”, permetterebbe di ridurre le perdite e gli sfiori in fase di adduzione e di distribuzione avvicinandosi al “valore fisiologico”: si potrebbero così risparmiare centinaia di milioni di metri cubi (e anche un bel po' di energia). Occorre però tenere presente che farlo significa aumentare in modo consistente i costi di gestione che inevitabilmente andranno a gravare sulle tariffe idriche.

### 3.3. Le reti fognarie e la depurazione

#### 3.3.1. Depurazione decentrata o centralizzata?

Tra le cause della cattiva qualità delle acque, in particolare dei fiumi italiani, c'è la recente tendenza a dismettere i piccoli impianti di depurazione favorendo la creazione di estese reti di collettori che recapitano i liquami verso depuratori di maggiori dimensioni. Questa scelta muove dalla semplice osservazione che i depuratori di grandi dimensioni funzionano generalmente meglio di quelli piccoli. Ciò avviene per motivi tecnici ed economico-gestionali.

Dal punto di vista tecnico i grandi impianti possono contare su una maggior omogeneità del carico idraulico (i volumi di acque da trattare) e organico (la massa di inquinanti) in ingresso. Infatti la produzione di acque di scarico nelle nostre case non è costante ma presenta tre picchi, il maggiore al mattino e due di minor intensità a ora di pranzo e alla sera. Quando la rete fognaria è breve, grandi volumi di scarichi prodotti al mattino raggiungono rapidamente il depuratore, che si trova a dover gestire carichi elevati in breve tempo per poi avere periodi di scarsa attività. Quando la fognatura è estesa, i liquami impiegano diverse ore a raggiungere il depuratore e la rete fognaria funziona da “regolatore” delle portate rendendole più costanti: tecnicamente si parla di “equalizzazione” delle portate in ingresso.

I motivi economico-gestionali sono invece quelli riguardanti l'“economia di scala”: qualsiasi operazione di gestione dell'impianto, dai controlli alle vere e proprie operazioni gestionali di processo, richiedono personale specializzato che è impossibile garantire per gli impianti di piccole dimensioni, che presentano quindi spesso carenze gestionali e, di conseguenza, malfunzionamenti.



## Catalogo Tematico 2

La centralizzazione degli impianti è dunque una risposta a questi problemi, d'altra parte essa ne provoca altri, altrettanto se non più gravi (Figura 16).

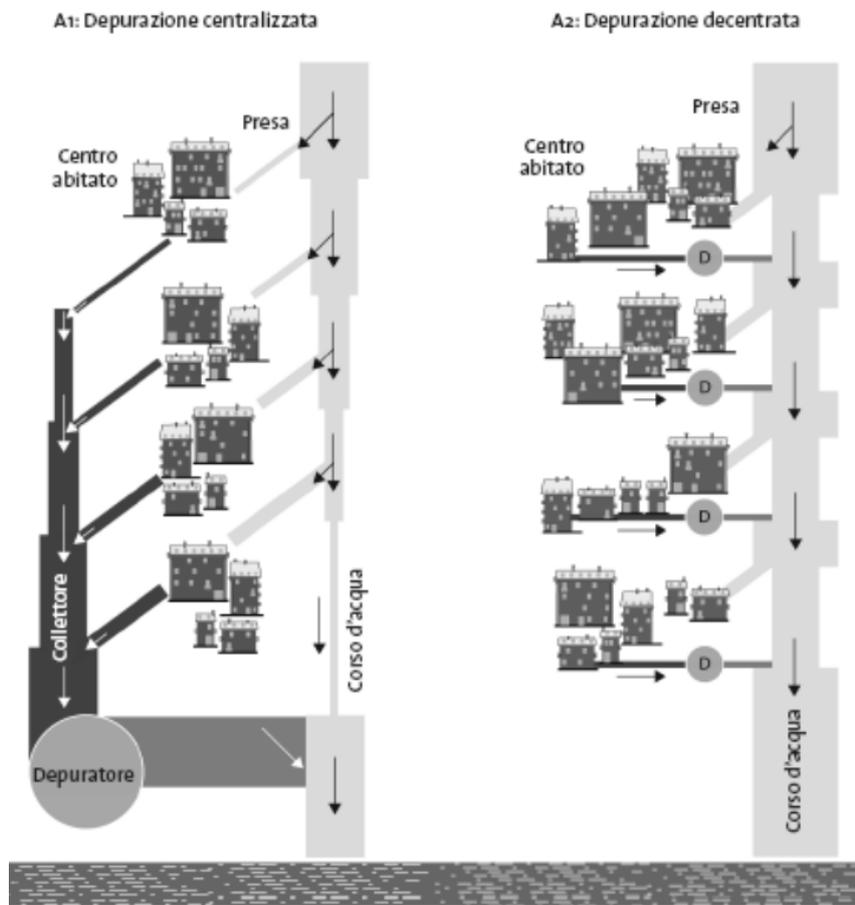


Figura 16: Scenari schematici di due strategie alternative di depurazione. I corsi d'acqua e le fognature sono rappresentati con una larghezza proporzionale alla loro portata; i cerchi con la D rappresentano depuratori. A1: nel caso della depurazione centralizzata, i prelievi idrici per approvvigionare i centri abitati inducono un progressivo depauperamento idrico del fiume; la portata sottratta è restituita solo in prossimità della foce (ove è più conveniente localizzare il depuratore centralizzato). A2: nel caso della depurazione decentrata, la portata sottratta viene restituita dopo ogni utilizzo, garantendo al corso d'acqua una portata adeguata lungo tutto il suo corso. Fonte: Giuseppe Sansoni (modificata)

Il primo problema riguarda il “secondo principio di sostenibilità” citato al paragrafo precedente: la creazione di reti fognarie molto estese crea una sorta di circolazione idrica artificiale (prima negli acquedotti e poi nelle fognature) che si sostituisce alla circolazione naturale, impoverendola. Quando infine la circolazione artificiale rientra in quella naturale attraverso lo scarico del depuratore, la sua portata è molto elevata rispetto a quella del corso d'acqua che la riceve, che non riesce più a diluirla: in queste condizioni anche spingendo al massimo il trattamento depurativo, difficilmente si raggiungono concentrazioni in uscita così basse da non provocare impatto sulla qualità del recettore. Ma vi è un secondo importante problema che riguarda i grandi depuratori. Un grande impianto, infatti, implica una rete fognaria molto estesa e, di conseguenza, poco controllabile: se si verifica un problema - ad esempio l'immissione di sostanze indesiderate - su una piccola porzione della rete, questo si ripercuoterà su tutto il sistema, mentre se avessimo avuto più reti e più depuratori avrebbe riguardato solo uno di essi.



## Catalogo Tematico 2

Un esempio concreto servirà a spiegare meglio entrambi i concetti. La costiera romagnola è da sempre un territorio estremamente attento alla depurazione delle acque: un mare pulito è fondamentale, avendo un'economia che dipende quasi interamente da turismo balneare. Per questo a Rimini i primi depuratori furono realizzati tra il 1970 e il 1972, diversi anni prima dell'approvazione della Legge Merli (approvata nel 1976), che per la prima volta ha fissato limiti allo scarico di acque inquinate. Oggi la Provincia di Rimini con circa il 95% di popolazione "equivalente"<sup>40</sup> allacciata alle reti fognarie e depurative è, insieme a Ravenna, la Provincia con maggiore copertura del servizio in una Regione già virtuosa. Nell'area di Rimini, proprio in virtù di questa particolare attenzione alla gestione delle acque, già alla fine degli anni '90 si è avviata la strategia della centralizzazione, dismettendo i depuratori di dimensioni medio piccole e realizzando grandi collettori fognari che corrono paralleli ai corsi d'acqua (Marecchia, Marano, Melo e Conca) per recapitare tutti gli scarichi a grandi depuratori prossimi alla foce dei fiumi. Il prossimo passo della strategia riguarda la porzione Nord della Provincia, oggi servita da tre depuratori (Bellaria, Rimini Marecchiese, Rimini S.Giustina), che con l'attuazione del Piano d'Ambito dismetterà due impianti e invierà tutti gli scarichi al depuratore di S.Giustina che sarà adeguato per ricevere la maggior portata. In estate, quando per le presenze turistiche le portate raddoppiano, si prevede di trattare e scaricare nel fiume Marecchia circa 1 m<sup>3</sup>/secondo di acque depurate.

Da alcune simulazioni effettuate per l'attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque, è emerso che, anche spingendo al massimo il trattamento - che implica costi di investimento e di gestione notevolissimi - sarà impossibile che il fiume Marecchia, a valle dello scarico, raggiunga l'obiettivo di qualità previsto dal Piano di Tutela: nel fiume infatti, in estate, c'è pochissima acqua e lo scarico del depuratore costituirà la maggior parte della portata del fiume. Ma non è tutto qui. Proprio per ridurre l'impatto dello scarico sul Marecchia, e per favorire il recupero di acque usate e dei nutrienti, si sta studiando la possibilità di riutilizzare una porzione consistente dello scarico del depuratore. Sarebbe una buona opportunità, perché le portate scaricate crescono, a causa delle presenze turistiche, proprio nel periodo estivo, quando è massima anche la domanda di acque per irrigazione. Il problema è che la rete fognaria, in alcuni punti, presenta infiltrazioni di acqua marina, che causano una concentrazione anomala di cloruri, che rende l'acqua trattata inadatta al riuso irriguo: le infiltrazioni in realtà riguardano una piccola parte della rete, ma le conseguenze si ripercuotono su tutta la portata trattata, rendendone praticamente impossibile il riuso.

Dunque, la centralizzazione dei depuratori, se da una parte può essere utile a favorire una miglior funzionalità degli impianti, dall'altra può provocare problemi seri, che compromettono addirittura la ragione ultima dei depuratori stessi: avere fiumi, mari e laghi puliti. È evidente, quindi, che la realizzazione di grandi impianti di depurazione dovrebbe essere limitata a grandi concentrazioni urbane e che, per rispettare i "principi della sostenibilità" indicati prima, le soluzioni decentrate sono generalmente da preferire. Ma allora come far fronte ai problemi di malfunzionamenti che sono alla base della scelta di centralizzazione? Se decentrato significa - com'era il caso di Rimini - diversi impianti di media grandezza (da 10.000 ai 100.000 abitanti), sarà possibile garantire comunque una gestione adeguata, anche se con costi più elevati. Ma cosa fare per le migliaia di nuclei e centri abitati italiani che vanno da poche centinaia a qualche migliaio di abitanti, che rappresentano una quota importante del carico inquinante che grava sulle nostre acque? Una soluzione a questo problema è certamente il ricorso alle tecniche di depurazione naturale, come vedremo nel prossimo paragrafo.

---

<sup>40</sup> Che include il carico turistico e di origine non domestica, dovuto alle industrie e le attività artigianali allacciate alla rete fognaria urbana.



### 3.3.2. Le tecniche di depurazione naturale

I processi che permettono la depurazione delle acque sono molti e diversi: sia di tipo fisico (filtrazione, adsorbimento, sedimentazione, fotolisi, volatilizzazione, ecc.) che (bio)chimico (ossidazione, riduzione, nitrificazione, denitrificazione, ecc.). Tutti avvengono spontaneamente nei corpi idrici naturali, caratterizzandone la capacità “autodepurante”. Negli impianti di depurazione si creano artificialmente condizioni che accelerano, combinandoli, i vari processi; il compito principale è svolto dai batteri che, in presenza di ossigeno disciolto, trasformano gli inquinanti organici in biomassa batterica, sostanze minerali (principalmente fosfati e nitrati), anidride carbonica e acqua<sup>41</sup>.

La capacità “autodepurante” degli ecosistemi naturali è stata da sempre sfruttata dall’uomo, ma negli ultimi 20 anni si è riaperto in tutto il mondo l’interesse per le tecniche naturali, ed in particolare per una di esse (la fitodepurazione) che ha trovato sempre maggiori campi di applicazione. L’interesse è cresciuto proprio perché le tecniche naturali permettono di superare i problemi tecnici ed economico-gestionali che provocano malfunzionamenti nei piccoli impianti convenzionali. Infatti i sistemi naturali - anche detti estensivi perché occupano aree e volumi più ampi di quelli convenzionali - hanno tempi di permanenza dei liquami di diversi giorni, operando così una sorta di equalizzazione dei carichi al loro interno, Inoltre richiedono una gestione minima e non specializzata, che li rende efficaci indipendentemente dalle loro dimensioni.

Oggi, per “Sistemi di depurazione naturale” si intendono tecniche diverse tra loro ed ampiamente utilizzate per il trattamento di acque di scarico:

- Lagunaggio: sono bacini di accumulo in cui, dipendentemente dal tempo di permanenza delle acque all’interno delle vasche, si ottiene una riduzione delle sostanze inquinanti per processi biologici, sedimentazione, esposizione alla radiazione solare, etc. Regolando la profondità delle vasche, ed all’occorrenza ricorrendo a dispositivi meccanici di aerazione, si possono ottenere ambienti aerobici ed anaerobici. Richiedono normalmente aree molto estese e possono presentare problemi relativi all’impatto visivo, olfattivo ed igienico-sanitario.
- Infiltrazione, subirrigazione e percolazione: queste tre diverse tecniche di “smaltimento” più che di “trattamento” delle acque reflue sono da considerarsi come modalità di scarico sul suolo; la loro ammissibilità ed adeguatezza viene verificata in base ad una precisa conoscenza della vulnerabilità delle falde acquifere sottostanti al punto di scarico, della morfologia dell’area e delle sue caratteristiche geotecniche, e di particolari condizioni locali. Non sono indicate in aree con suoli a bassa permeabilità idraulica, come ad esempio in presenza di argille, a causa della breve durata nel tempo della capacità di smaltimento iniziale. In genere, comunque, si applicano solo ad utenze molto piccole (sotto i 20 abitanti).
- Impianti ad evaporazione : concepiti come sistemi di fitodepurazione senza effluente, sono in sostanza letti riempiti con materiale inerte, comunemente con lo stesso terreno risultante dallo scavo, in cui, oltre agli effetti depurativi dei numerosi meccanismi chimici fisici e biologici di rimozione delle sostanze inquinanti, si possa ottenere una drastica riduzione della quantità delle acque in ingresso. Per ottenere questo scopo, ossia una portata nulla in uscita, vengono utilizzate specie vegetali ad alto potere di evapotraspirazione, spesso sempreverdi, come ad esempio il salice arbustivo. Viene richiesta un’elevata superficie di trattamento, nell’ordine di 35-70 m<sup>2</sup> per abitante servito, in base alle condizioni climatiche, se si vuole ottenere una totale assenza di scarico per tutto l’anno. Infatti, durante i mesi invernali si effettua in genere un riempimento del volume utile. per i bassi ratei di evaporazione ed evapotraspirazione, e quindi

---

<sup>41</sup> Si fa riferimento ai sistemi di trattamento “aerobico”, di gran lunga i più diffusi, anche se esistono anche altre tipologie di trattamento, anaerobico, che ricorrono ad altri processi biochimici.



## Catalogo Tematico 2

deve essere prevista un'adeguata capacità di accumulo del sistema;

- Impianti a Lemna: la lemna o lenticchia d'acqua - si tratta in realtà di più specie di piante galleggianti simili tra loro - è la più piccola e semplice pianta utilizzata per la depurazione degli scarichi. I sistemi a lemna sono bacini di accumulo la cui superficie è totalmente coperta da un manto di lemna che induce svariati fenomeni tra cui la riduzione e prevenzione della crescita algale, la stabilizzazione del pH, il miglioramento del processo di sedimentazione ed il consumo di sostanze nutrienti. Questa tipologia di trattamento è già da considerarsi come una tecnica di fitodepurazione con macrofite galleggianti. Il grado di conoscenza dell'operatività di tali impianti e conseguentemente l'affidabilità delle metodiche di dimensionamento sono sufficientemente elevati; la scelta di questa tipologia dovrebbe essere sempre accompagnata da un'attenta valutazione dei problemi di gestione della biomassa vegetale di supero, dato che la lemna ha un rapidissimo sviluppo e deve quindi essere periodicamente rimossa. Auspicabili le combinazioni tra impianti di trattamento delle acque ed impianti per la produzione di energia da biomasse (per combustione e cogenerazione oppure per formazione di biogas in reattori anaerobici).
- Fitodepurazione (zone umide artificiali): si identifica con il termine fitodepurazione un trattamento naturale le cui componenti sono costituite da inerti, batteri e piante (macrofite). I sistemi di fitodepurazione, sperimentati e lungamente studiati a livello internazionale, sono classificati in base al tipo di macrofite utilizzate (galleggianti, radicate sommerse, radicate emergenti) ed alle caratteristiche del percorso idraulico delle acque in:
  - **FWS**: i sistemi a flusso libero riproducono quanto più fedelmente una zona palustre naturale, l'acqua è a diretto contatto con l'atmosfera e generalmente poco profonda, le specie vegetali che vi vengono inserite possono essere di moltissime specie e con diverse caratteristiche (galleggianti, radicate sommerse, radicate emergenti), purché acquatiche;
  - **SFS-h o HF**: i sistemi a flusso sommerso orizzontale sono bacini riempiti con materiale inerte (ghiaia) in cui i reflui scorrono in senso orizzontale in condizioni di saturazione continua (reattori "plug-flow"), le specie vegetali utilizzate sono sempre macrofite radicate emergenti, generalmente la cannuccia di palude (*Phragmites australis*);
  - **SFS-v o VF**: i sistemi a flusso sommerso verticale sono vassoi riempiti con materiale inerte in cui i reflui scorrono in senso verticale in condizioni di saturazione alternata (reattori "batch"), le specie vegetali utilizzate sono sempre macrofite radicate ed anche in questo caso generalmente la cannuccia di palude.

Tra tutte le tecniche di depurazione naturale, senza dubbio la fitodepurazione è quella a cui il mondo scientifico e quello applicativo hanno dedicato negli ultimi decenni maggiore attenzione. Si tratta infatti di una tecnica che ha mostrato particolare flessibilità ed è stata progressivamente migliorata ed adattata ai diversi possibili usi e contesti. Non approfondiremo qui cosa sono esattamente, come funzionano e come si progettano i sistemi di depurazione, rimandando ai testi disponibili ormai anche in italiano, spesso scaricabili dalla rete<sup>42</sup>. Soprattutto ci interessa approfondire in che modo il suo utilizzo può facilitare una gestione più sostenibile delle acque nelle nostre città.

---

<sup>42</sup> Sono ormai molti i siti web, anche in italiano, dove si possono trovare informazioni sulla fitodepurazione; uno dei più completi è senz'altro quello di IRIDRA ([www.igidra.com](http://www.igidra.com)), a giudicare dalla frequenza con cui i suoi testi ed immagini ricorrono negli studi di settore. Alcuni siti forniscono anche indicazioni per la progettazione degli impianti, ma a tale proposito è più prudente fare riferimento alle linee guida dell'Agenzia per l'Ambiente e i Servizi Tecnici (APAT) (*Linee guida per la progettazione e gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui civili*).



### Fitodepurazione e depurazione decentrata

Innanzitutto, come abbiamo detto, il ricorso alla fitodepurazione può certamente facilitare la depurazione decentrata. Questo vale innanzitutto per i centri urbani di piccole dimensioni (le migliaia di piccoli Comuni o di nuclei e frazioni isolate disperse sul territorio) ma può valere anche per le periferie delle grandi città. Nel 1995 coordinai, nell'ambito di un progetto comunitario *Med Urbs*, uno studio per valutare le potenzialità della fitodepurazione per il trattamento degli scarichi di alcune borgate romane, cresciute in modo spontaneo negli anni '70 e '80 ed oggi condonate ed inserite a tutti gli effetti nel contesto urbanistico (e nei relativi piani). I risultati dello studio mostravano come per una sessantina di nuclei urbani la fitodepurazione avrebbe rappresentato la soluzione migliore, rispetto ad altri sistemi depurativi o al collettamento alle reti che servono i quattro principali depuratori Romani.

La realizzazione di sistemi di fitodepurazione per nuclei abitati isolati fino a 5000 abitanti può essere quindi l'alternativa alle grandi reti di collettamento che recapitano ad impianti consortili. Purtroppo gran parte dei "Piani d'Ambito" - lo strumento attraverso cui avviene la programmazione delle opere idriche per gli usi civili - sono ancora orientati verso soluzioni di centralizzazione, ma si cominciano a vedere i primi segni di cambiamento. La Toscana è una delle Regioni dove compaiono alcuni esempi di eccellenza. E' il caso ad esempio dell'*Autorità di Ambito Toscana (ATO) Costa - Ato 5* (prevalentemente in Provincia di Livorno), che per il risanamento del fiume Cecina ha previsto un piano che punta molto sulla fitodepurazione per il trattamento decentrato. Anche l'*ATO 6 Ombrone*, della Toscana meridionale, prevede il ricorso a diversi impianti di fitodepurazione per il trattamento dei piccoli centri urbani. Il Comune di *S.Casciano de Bagni (SI)*, invece, è stato uno dei primi a dotarsi di uno schema depurativo di livello comunale - deciso autonomamente prima che si costituisse l'ATO - che ricorre a sistemi naturali individuali per ogni frazione. In altri contesti, scelte in favore del decentramento operate dagli enti locali - come la Comunità Montana del Mugello che aveva previsto diversi sistemi di fitodepurazione e ha realizzato l'impianto di Dicomano, un modello visitato da tecnici di tutto il mondo - sono state avversate dagli ATO, spesso orientati verso soluzioni centralizzate per loro più familiari.

### Fitodepurazione e separazione delle acque grigie

Abbiamo visto nel box 4.5 del capitolo 4, come sia possibile ricorrere alla fitodepurazione per il trattamento delle acque grigie, da recuperare per usi non potabili. Anche in questo caso il vantaggio è rappresentato dalla estrema semplicità di gestione degli impianti, che non richiede personale specializzato e può essere quindi agevolmente affrontata anche a scala di casa singola o di condominio. Le esperienze più interessanti sono quelle che, nell'ambito di interventi di ristrutturazione urbanistica di interi quartieri, riescono ad integrare i sistemi di fitodepurazione nel "disegno" complessivo del verde urbano e degli spazi aperti destinati ai cittadini. Alcune esperienze in Svezia hanno integrato sistemi di trattamento delle acque grigie mediante fitodepurazione all'interno di parchi gioco per bambini.

### Fitodepurazione e acque di pioggia

Una delle potenzialità maggiori delle tecniche naturali riguarda la gestione delle acque di pioggia in ambito urbano. I sistemi naturali, infatti, permettono in questo campo di integrare due funzioni entrambe importanti ma distinte: la laminazione, quindi l'accumulo delle acque di ruscellamento superficiale per restituirle poi gradualmente alla circolazione naturale, e il trattamento, la rimozione degli inquinanti contenuti nelle acque di prima pioggia, se si tratta di reti bianche, o dei liquami diluiti provenienti dagli sfioratori delle reti miste.



## Catalogo Tematico 2

Entreremo nel dettaglio di queste possibili soluzioni nel prossimo paragrafo, limitiamoci per il momento a sottolineare come questa applicazione delle tecniche di depurazione naturale si stia rapidamente affermando in alcuni paesi (Australia, Inghilterra, Stati Uniti e Germania) ma sia ancora largamente inapplicata in altri, tra cui l'Italia, anche se recentemente l'Autorità di Bacino del Po e la Regione Lombardia hanno manifestato un interesse che potrebbe portare alla realizzazione a breve di primi impianti.

### Fitodepurazione e fanghi di depurazione

Una delle ultime applicazioni recentemente sperimentata della fitodepurazione riguarda i fanghi di depurazione, ovvero ciò che rimane a valle dei processi depurativi convenzionali. Oggi lo smaltimento dei fanghi rappresenta un problema economico per chi gestisce i depuratori ed ambientale per la collettività. Il problema economico è rappresentato dal fatto che spesso i fanghi di depurazione devono essere smaltiti come rifiuti speciali, con costi molto elevati. Il problema ambientale è invece che i fanghi contengono una importante frazione dei nutrienti, che, se vengono recapitati in discarica, non possono essere riutilizzati.

La “fitodisidratazione” dei fanghi consiste nell'uso di “letti” di fitodepurazione per lo smaltimento dei fanghi: all'interno del letto il fango viene progressivamente mineralizzato e i nutrienti vengono in buona parte assimilati dalle piante, rientrando così nei cicli naturali. A livello europeo alcuni paesi come Danimarca, Germania e Francia hanno ormai da oltre un decennio adottato questo tipo di soluzione per la gestione dei fanghi, sia presso depuratori di piccola-media taglia sia su quelli superiori, sui quali si è riscontrata la maggiore convenienza tecnica ed economica. In Francia ad esempio ci sono circa 150 impianti in funzione e circa 20 nuovi impianti vengono realizzati ogni anno, in Danimarca circa il 70% degli impianti consortili di grandi dimensioni (>100.000 AE) hanno sostituito il ciclo fanghi tecnologico con la fitodisidratazione.

### 3.3.3. Pioggia e scarichi

Abbiamo visto che l'esigenza di allontanare le acque di pioggia che ruscellano sulle superfici impermeabili urbane è stata la motivazione che ha spinto a creare le prime reti fognarie; che questi sistemi di drenaggio - spesso costituiti da piccoli corsi d'acqua intubati - sono poi stati usati come recettori per gli scarichi domestici, e come ancora oggi gran parte delle reti siano di tipo “misto” e raccolgano sia gli scarichi provenienti dai bagni delle case e dalle attività industriali/artigianali allacciate alla rete (acque nere), sia le acque di pioggia provenienti dai tetti e dalle strade (acque bianche). Questa soluzione era la migliore ai tempi in cui le reti fognarie erano pensate per diluire e allontanare rapidamente le acque nere, senza preoccuparsi di depurarle.

Ora che le fogne sono allacciate ai depuratori, per evitare che in occasione di piogge intense si sovraccarichi l'impianto, le reti miste sono state dotate di “sfioratori” o “scolmatori” che lasciano defluire nei corsi d'acqua la portata in eccesso.

Le acque provenienti dagli sfioratori sono inquinate, perché contengono anche acque nere, seppure diluite. Ad esempio in Emilia Romagna, hanno stimato che il carico inquinante proveniente dagli sfioratori è pari a circa il 10% del carico totale di origine civile e industriale.



## Catalogo Tematico 2

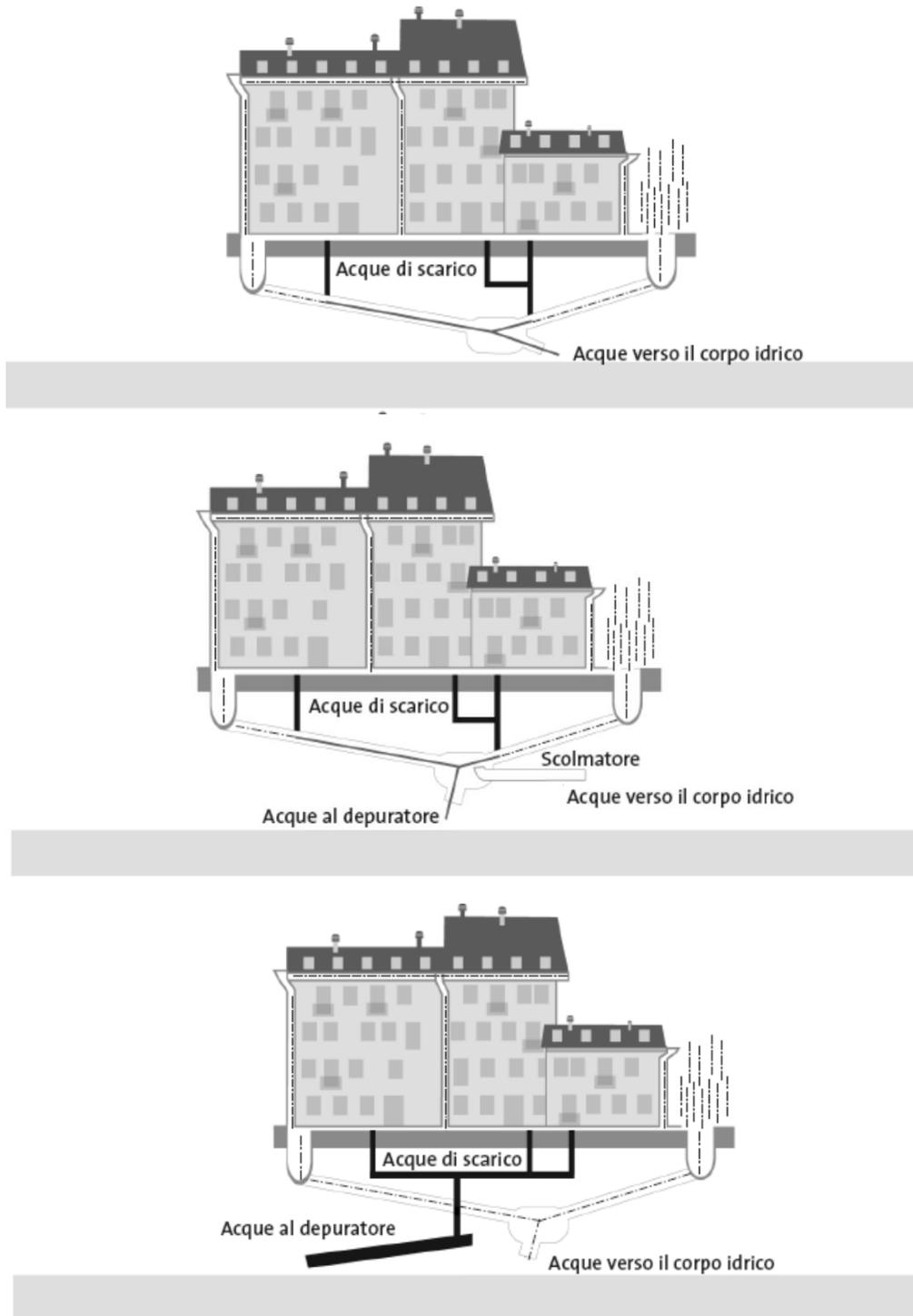


Figura 17 In alto: sistema fognario creato originariamente per allontanare le acque di pioggia, a cui si allacciano gli scarichi delle acque nere. Al centro: sistema fognario “misto” con scolmatore per allontanare le acque in eccesso in occasione delle piogge. In basso: sistema fognario separato.

Le possibili soluzioni per far fronte al problema sono diverse. La più ovvia e semplice è la realizzazione di due reti separate: una per le acque nere, diretta al depuratore, ed una per le acque di pioggia che recapita direttamente nei corsi d’acqua, dopo un eventuale trattamento per eliminare i solidi sospesi e gli inquinanti provenienti dalle strade.



## Catalogo Tematico 2

Questa soluzione è certamente risolutiva e può essere una grande opportunità, soprattutto se integrata nell'ambito di una strategia di riqualificazione urbana: è il caso, ad esempio, della città di Zurigo, dove nel corso degli anni '90 ha avuto luogo un grande piano di rinnovamento della rete fognaria, finalizzato alla separazione delle reti, ma anche a riportare in superficie e riqualificare il reticolo idrografico minore, che era stato precedentemente "tombato" (per questo il programma era chiamato "luce del giorno"<sup>43</sup>).

La separazione delle reti è dunque la soluzione migliore, ma per sostituire l'enorme estensione di reti miste esistenti in Italia occorreranno diversi decenni. Fintanto che non si metterà mano alla reti nel loro complesso, non sembra portare grandi frutti neanche il provvedimento, contenuto nel D.Lgs 152 del 1999, che prevede per tutte le nuove urbanizzazioni l'obbligo di realizzare reti fognarie separate. Molto spesso infatti, si tratta di nuovi quartieri che vengono poi allacciati a reti esistenti: per cui, se non è disponibile un fosso o un corso d'acqua in cui recapitare le acque bianche, la separazione delle reti cessa immediatamente a valle della nuova urbanizzazione, dove le acque bianche e nere vanno a confluire nella rete mista esistente.

Per ridurre l'impatto ambientale dovuto agli sfioratori delle reti miste, i manuali di idraulica classica propongono un'altra soluzione, meno impegnativa della completa separazione delle reti: sono le cosiddette "vasche di accumulo" nella rete fognaria. Si tratta di creare volumi - una sorta di "varici" nella circolazione fognaria, costituite da grandi vasche sotterranee - che possano accumulare le maggiori portate generate dalle piogge. In pratica le acque di "prima pioggia" - le più inquinate - vengono immagazzinate in queste vasche, per essere reimmesse gradualmente in fogna e inviate al depuratore. L'ulteriore portata di pioggia, invece, sfiora nel corpo recettore, direttamente o previo accumulo in "vasche volano" che rendono la portata scaricata compatibile con la capacità idraulica del corpo recettore. Anche questa soluzione non è certamente economica, ma è pur sempre decisamente meno costosa rispetto alla completa separazione delle reti.

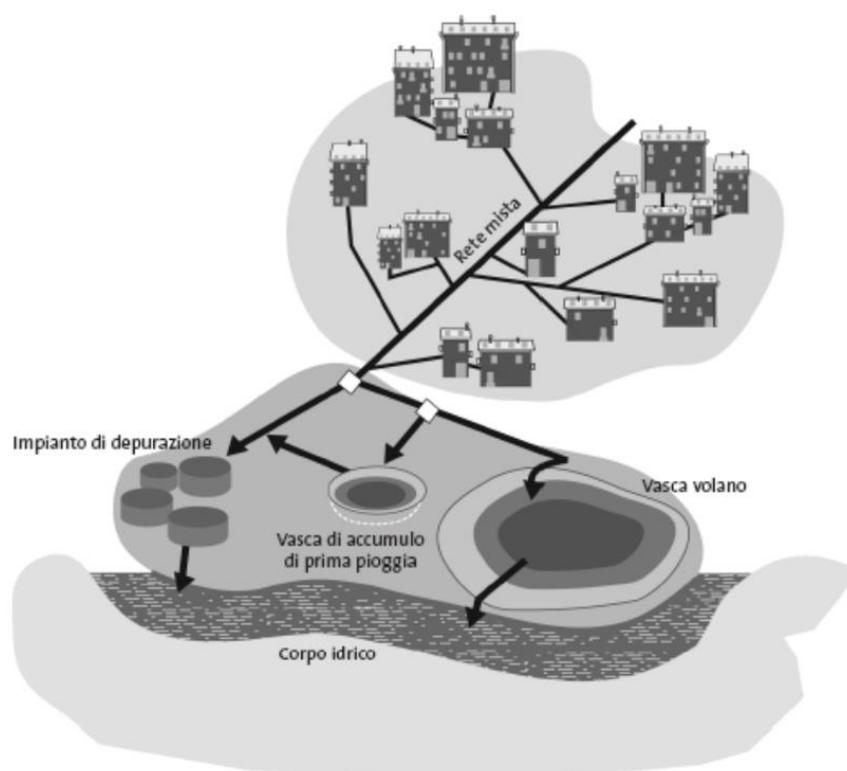


Figura 18: Vasche di accumulo e vasche volano in una rete fognaria mista in elaborazione

<sup>43</sup> F.Conradin, R.Buchli. "The Zurich stream day-lighting program". In J Marsalek et Al. *Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration*. Kluwer Academic Publishers 2004.



## Catalogo Tematico 2

Tuttavia la soluzione delle vasche di accumulo presenta due importanti svantaggi: uno tecnico e l'altro economico. Il primo riguarda la funzionalità dei depuratori: abbiamo visto infatti che gli impianti funzionano tanto meglio quanto più costante e concentrato è il carico organico che ricevono. Bene, le acque accumulate nelle vasche di accumulo contengono liquami diluiti, in genere di 3-5 volte meno concentrati rispetto alla concentrazione abituale dei liquami che arrivano al depuratore. Significa che ad ogni evento meteorico, per molte ore o addirittura giorni, il depuratore si troverà a trattare liquami molto meno concentrati del solito. Quindi nei mesi piovosi i batteri che costituiscono il “motore” del depuratore vivrebbero in una continua alternanza tra periodi “grassi”, liquami costituiti di acque nere, e periodi magri, liquami costituiti di acque miste: non ci sarebbe da meravigliarsi se fossero notevolmente stressati! Il secondo svantaggio è invece economico: infatti i depuratori si troverebbero a trattare una portata molto maggiore rispetto alla sola portata nera, che significa una notevole crescita dei consumi energetici e dei relativi costi.

Ciononostante, nel nostro paese, le vasche di accumulo rappresentano probabilmente l'unica soluzione applicabile in gran parte delle aree urbane storiche è importante però che tale soluzione venga adottata solo dove non è possibile ricorrere ad altre, come la separazione delle reti, ma anche quelle che vedremo nelle prossime righe. A leggere diversi piani e regolamenti di recente emanazione, invece, sembra che la realizzazione di vasche di accumulo sia considerata l'unica soluzione per ridurre l'impatto degli sfioratori delle reti miste.

Le soluzioni prospettate precedentemente possono essere considerate “classiche” nel senso che sono reperibili in un normale manuale di progettazione idraulica di fognature fin dagli anni '70. Negli ultimi 20 anni, però si sono diffuse - a partire dagli Stati Uniti - nuove soluzioni, generalmente accomunate sotto il termine di *urban drainage best management practice (BMP)*<sup>44</sup>: si tratta di diverse soluzioni tecnologiche, classificabili in 2 categorie: 1) sistemi per aumentare le superfici urbane permeabili e ridurre l'afflusso in fogna; 2) sistemi per la laminazione e il trattamento delle acque bianche o delle acque miste provenienti dagli sfioratori.

### Soluzioni per ridurre l'impermeabilizzazione

Se alcune superfici urbane - ad esempio le strade - devono essere impermeabilizzate, molte altre non devono necessariamente esserlo: al contrario possono essere realizzate in modo da assorbire la maggior quantità di acqua possibile. L'applicazione più nota di questi principi, che comincia ad essere diffusa anche in Italia, riguarda le aree di parcheggio, con i cosiddetti *parcheggi drenanti*. Si tratta sostanzialmente di aree parcheggio non pavimentate con asfalto, ma sistemate con varie possibili soluzioni: da un semplice materasso di ghiaia, a “griglie” in vari materiali che, collocate sul suolo inerbato, ne impediscono la compattazione. Se ben costruiti<sup>45</sup>, i parcheggi drenanti mantengono inalterata - o addirittura aumentano - la permeabilità del suolo interessato dall'intervento, evitando quindi il ruscellamento superficiale che finisce in fogna.

Meno noti, ma di grande potenzialità, sono invece le *trincee di infiltrazione*, una tecnica di realizzazione delle scoline a bordo strada che permette di “immagazzinare” le acque di pioggia provenienti dalle strade in un letto di materiale poroso. In realtà le trincee di infiltrazione non permettono un vero aumento della permeabilità: infatti le acque che si accumulano, generalmente, non vanno poi ad infiltrarsi nel suolo, ma vengono raccolte attraverso sistemi di

<sup>44</sup> Digitando queste parole su un motore di ricerca compaiono un gran numero di manuali e linee guida sono scaricabili gratuitamente da internet.

<sup>45</sup> Non sono rare infatti applicazioni non corrette, per cui la parte superiore del suolo subisce nel tempo una costipazione che ne riduce la permeabilità.



## Catalogo Tematico 2

drenaggio e accumulate o scaricate nelle acque superficiali. In ogni caso l'effetto delle trincee di infiltrazione è quello di una riduzione molto consistente dell'afflusso delle acque di pioggia in fogna.



Figura 19 - due esempi di trincee di infiltrazione. Fonti:  
<https://sustainablestormwater.org/2007/05/23/infiltration-trenches/> e  
[https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Main\\_Page](https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Main_Page)

Anche le soluzioni per la raccolta della pioggia, descritte al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, hanno come effetto secondario una riduzione dell'afflusso in fogna in quanto le portate che vengono accumulate vanno ovviamente a sottrarsi al ruscellamento superficiale. Ciononostante è bene considerare che le due funzioni - l'accumulo delle acque meteoriche per permetterne il riuso e la riduzione del ruscellamento superficiale - non sono entrambe "ottimizabili": puntare ad una implica inevitabilmente perdere efficacia per l'altra. Infatti, per favorire il riuso, la cisterna di accumulo dovrà essere sempre "più piena possibile", mentre per ridurre il ruscellamento superficiale la cisterna dovrebbe essere sempre "più vuota possibile": il volume, riempito da una pioggia, dovrebbe essere svuotato al più presto per essere di nuovo pronto ad accogliere le acque della pioggia successiva. Ciononostante, in particolare in climi come i nostri dove le piogge non sono molto frequenti, senza dubbio anche la raccolta delle piogge potrebbe avere un effetto idraulico non trascurabile.

Ma la soluzione tecnica per aumentare le superfici permeabili urbane che sta riscuotendo maggior interesse negli ultimi anni è quella dei **tetti verdi**. Il motivo dell'interesse non dipende solo dalle potenzialità dei tetti verdi in termini di aumento della superficie permeabile - che sarebbe molto elevata, se pensiamo all'enorme estensione delle coperture di edifici civili e industriali, nelle nostre periferie -, ma negli effetti di questa soluzione sul comfort complessivo dell'edificio oltre che nel miglioramento estetico/paesaggistico.

Sebbene l'inverdimento delle coperture degli edifici sia una pratica in uso fin da tempi antichissimi, in anni recenti questa tecnica è tornata in auge in quanto unisce a benefici estetici altre finalità molto vantaggiose sia economico-costruttive che ambientali: il verde pensile è diventato uno "strumento", in sinergia con altri interventi, per la mitigazione degli impatti negativi dell'urbanizzazione.

Vantaggi per l'ambiente:

- *regimazione idrica*: Il verde pensile, grazie all'elevata capacità di accumulare, trattenere e restituire in percentuale ridotta l'acqua all'ambiente, fornisce un utile contributo alla



## Catalogo Tematico 2

regimazione idrica globale: i benefici derivano dallo sgravio del carico idraulico sulla rete di smaltimento e dalla maggiore evapotraspirazione del sistema pensile-vegetazione. La capacità di regimazione dipende dalle caratteristiche del sistema a verde pensile adottato (caratteristiche del substrato e dello strato drenante);

- *miglioramento del clima*: l'acqua accumulata e trattenuta dal sistema a verde pensile rimane a disposizione e viene assorbita dalla vegetazione oppure evapora, in funzione della temperatura, dalla superficie. I processi d'evaporazione ed evapotraspirazione contribuiscono ad abbassare i picchi delle temperature dell'ambiente circostante portando concreti vantaggi sia a microscala (singolo edificio), sia a macroscala migliorando il benessere ambientale;
- *trattenimento delle polveri*: la vegetazione ha un effetto diretto di filtrazione delle polveri e un effetto indiretto legato alla minore riflessione del calore;
- *riduzione della diffusione sonora*: le superfici non omogenee ed i materiali con caratteristiche di assorbimento acustico (vegetazione, substrati, feltri, presenza di acqua...) abbattano la riflessione esterna e la trasmissione attraverso le coperture; in Germania sono state adottate coperture a verde pensile in prossimità di installazioni aeroportuali per ridurre l'inquinamento acustico al di sotto di determinate soglie;
- *ricreazione di ambienti di vita*: ricreando ambienti di vita per animali e piante in contesti antropizzati e biologicamente degradati contribuisce a favorire la ricchezza di specie animali e vegetali in ambiente urbano;
- *trattamento naturale delle acque meteoriche*: i tetti verdi consentono di avere subito disponibile un'elevata quantità di acque meteoriche di ottima qualità, nel caso si decidesse di riutilizzarle, in quanto vengono filtrate e depurate direttamente sul tetto.

Vantaggi economici e costruttivi;

- *aumento della vita media degli strati di impermeabilizzazione*: i tetti verdi infatti garantiscono maggiore protezione meccanica e una buona riduzione degli sbalzi termici (su una copertura a verde raramente le temperature massime estive superano i 25°, contro gli oltre 80° di una copertura tradizionale) che si riflette in un consistente aumento della vita media degli strati di impermeabilizzazione sottostanti. L'esperienza, soprattutto estera, dove le coperture a verde moderne sono state applicate già a partire dal primo dopoguerra, ha evidenziato durata di strati di impermeabilizzazione superiori ai quarant'anni: il minor costo nel tempo per la manutenzione o il rifacimento dell'impermeabilizzazione, portano le coperture a verde ad essere più convenienti, economicamente, rispetto alle coperture tradizionali;
- *isolamento termico aggiuntivo*: i giardini pensili rappresentano un fattore di isolamento termico aggiuntivo sulle coperture, in funzione dei materiali adottati e dello spessore della stratificazione raggiunto, diminuendo la dispersione termica verso l'esterno in inverno e limitando il riscaldamento della copertura in estate e portando benefici nel riscaldamento invernale e nella climatizzazione estiva;
- *nuove superfici fruibili*: realizzare il verde pensile, soprattutto di tipo intensivo, consente di fatto di recuperare superfici, normalmente inutilizzate, per lo svago, il relax o l'attività di tutti i giorni: non si tratta, quindi, solo di un beneficio estetico, in quanto le superfici rivalutate contribuiscono ad aumentare il valore degli immobili;

### Soluzioni per la laminazione ed il trattamento delle acque meteoriche

Le BMP (*best management practices*) per la laminazione ed il trattamento non sono altro che



## Catalogo Tematico 2

un'applicazione delle tecniche di depurazione naturale e possono essere applicate sia alle semplici acque meteoriche che alle acque che sfiorano dalle reti miste. Si tratta sostanzialmente di bacini-invasi dove l'acqua viene accumulata e trattata, prima di essere restituita alla circolazione superficiale naturale o immagazzinata per il riuso.

### 1 Sistemi di raccolta e riciclo delle acque meteoriche Atelier Dreiseitl, Tanner Springs Park, Portland (USA)



Figura 20 Bacini di detenzione urbani: Tanner Spring Park Portland

Se applicati alle acque meteoriche, in genere la funzione principale dei bacini è la laminazione: è necessario invasare un volume d'acqua sufficiente a laminare le acque di pioggia in modo da poterle poi restituire lentamente, una volta terminato l'evento meteorico. Perché questi sistemi abbiano un effetto positivo sulla gestione urbana delle acque, è necessario che l'acqua immagazzinata non sia poi reimpressa nella rete fognaria - altrimenti l'effetto sarebbe sostanzialmente lo stesso di una vasca di accumulo - ma scaricata in corpi idrici superficiali. Il trattamento delle acque - finalizzato ad eliminare i solidi sospesi, gli oli e gli altri inquinanti provenienti dal drenaggio urbano - avviene principalmente per filtrazione e sedimentazione, ma può richiedere anche l'integrazione nel sistema di altre tecniche, come i disoleatori o i desabbiatori. E' comunque necessaria un'accurata progettazione del sistema per garantirne anche la funzione depurativa: molti esempi di bacini di laminazione che cominciano a vedersi a margine dei nuovi quartieri, ad esempio in Emilia ed in Veneto, sono progettati in base a criteri esclusivamente idraulici, svolgendo così solo la funzione di laminazione ma non quella di trattamento.

L'applicazione dei sistemi naturali per il trattamento degli sfioratori di reti miste è certamente quella che presenta le maggiori potenzialità: si tratta infatti dell'unica seria alternativa alle vasche di accumulo, con costi confrontabili se non inferiori ed alcuni indubbi vantaggi:

- si inseriscono piacevolmente nel paesaggio e non determinano impatti ambientali rilevanti
- permettono di riqualificare aree periferiche, spesso degradate e di ricostituire preziosi ecosistemi umidi
- richiedono una gestione semplice ed economica
- permettono di depurare le acque e restituirle subito alla circolazione naturale (evitando quindi i problemi ai depuratori di cui s'è detto)

L'unico "svantaggio" di questi sistemi è che occupano superfici ampie, ma se si considera che le aree impegnate vanno ad incrementare la superficie urbana a verde - rimanendo tra l'altro in



## Catalogo Tematico 2

buona parte fruibili - è lecito chiedersi se si tratti proprio di uno svantaggio...

In numerose nazioni da più di un decennio si sono adottati sistemi naturali per il trattamento degli scolmatori fognari, modificando opportunamente l'approccio al design di tali sistemi sulla base delle precedenti esperienze maturate nella depurazione civile. Si spazia dalle esperienze statunitensi, che hanno sempre privilegiato gli aspetti della qualità delle acque, specialmente in termini di disinfezione, e del valore di fruizione, alle esperienze nord-europee, in particolare nel Regno Unito ed in Germania, talvolta meno "estetiche" ma estremamente interessanti sia per la qualità finale degli effluenti che per gli effetti depurativi ottenuti con un'occupazione di superficie nettamente ridotta.

L'Inghilterra ci ha fornito una delle più ricche esperienze con circa 45 impianti in funzione di cui alcuni monitorati regolarmente da diversi anni<sup>46</sup>. Dal punto di vista scientifico anche la Germania, con più di 50 impianti realizzati, sta producendo strumenti di fondamentale importanza per le future applicazioni: è in Germania infatti che si trovano le migliori esperienze di modelli di previsione, certamente una sfida data la natura stocastica delle variabili che influenzano il funzionamento di questi impianti (distribuzione e intensità degli eventi di pioggia, relazioni dirette o indirette con la composizione chimica dei sovrafflussi e quindi alle tipologie di inquinanti atmosferici deposti nel periodo secco, etc).

Organizzando in classi i sistemi di trattamento naturale utilizzati nel mondo per il trattamento degli sfioratori di fognature miste si ottiene lo schema seguente:

Soluzione	Paese
Sistemi a flusso libero opportunamente modificati e/o inseriti in casse di espansione, bacini di ritenzione vegetati (vedi allegati grafici 1 e 2)	USA, Australia, UK
Sistemi a flusso sommerso verticale modificati, preceduti da vasche di sedimentazione per acque meteoriche (vedi allegato grafico 3)	Germania, Austria
Sistemi a flusso sommerso orizzontale modificati preceduti da vasche di sedimentazione per acque meteoriche e/o filtri a pacchi lamellari (vedi allegato grafico 4)	UK

La natura maggiormente compatta dei sistemi "filtranti" inglesi e tedeschi offre una loro maggiore applicabilità in ambito urbano o periurbano dove non vi siano ampie superfici disponibili per tecniche estensive come i sistemi a flusso libero. I sistemi a flusso libero dal canto loro, hanno dimostrato la maggiore efficacia a livello di protezione idraulica per le loro ottimali capacità di laminazione, insieme alla maggiore versatilità nell'approccio multifunzionale.

<sup>46</sup> CWA (Constructed Wetland Association), 2008. Constructed Wetlands Interactive Database. Version n. 11.01 - March 2008



## 3.4. Il riuso delle acque di scarico

### 3.4.1. Riuso: più acqua, meno scarichi

Abbiamo già parlato di riuso delle acque, a proposito della possibilità di recuperare per usi domestici le acque grigie depurate. Ora affrontiamo il tema del riuso delle acque alla scala urbana: le acque trattate in uscita dai depuratori possono essere destinate a usi non potabili, principalmente l'irrigazione, ma anche ad alcuni usi civili (lavaggio strade, antincendio, ecc.). Si tratta di un argomento molto noto e discusso da decenni, soprattutto nei paesi che hanno scarse risorse idriche. Prima di entrare nel merito delle soluzioni tecniche per il riuso dobbiamo però fare alcune considerazioni sul “significato” del riuso.

Il tema del riuso è da sempre affrontato nell'ambito del dibattito sulle fonti idriche “non convenzionali”, accanto ad altre possibili soluzioni come la dissalazione delle acque marine e la “pioggia artificiale”. Si guarda quindi al riuso, solo dal punto di vista delle sue potenzialità di offrire risorse idriche aggiuntive rispetto a quelle naturali. Ma se i miei 25 lettori hanno seguito le argomentazioni riportate fin qui, dovrebbe apparir loro chiaro che il riuso dell'acqua è fondamentale anche per un'altra ragione: il recupero dei nutrienti contenuti nelle acque di scarico. Il riuso irriguo delle acque in campo agricolo o forestale, può essere infatti il modo per “chiudere” i cicli dei nutrienti, “aperti”, a partire da un secolo fa, con il passaggio dalla “sanitation” a secco al WC a sciacquone. Osservata da questo punto di vista, la pratica del riuso delle acque di scarico, assume un significato ben diverso: non più una soluzione estrema, da applicare solo quando non si riesce a trovare altre risorse, ma una buona pratica da applicare sempre, a meno che particolari condizioni la rendano effettivamente impraticabile.

Un altro aspetto importante da considerare è che in gran parte del mondo, inclusa l'Italia, si fa da sempre “riuso indiretto” o “non pianificato” delle acque di scarico. Infatti, ogni volta che si preleva acqua da un fiume che ha ricevuto a monte uno scarico si fa, in pratica, riuso. È molto difficile quantificare quanta acqua venga riusata in questo modo, ma certo è una quantità rilevante. Tale modalità di riuso comincia - negli ultimi anni, soprattutto in Pianura Padana - ad essere attivamente promossa da strategie che puntano a recapitare gli scarichi dei depuratori non su corpi idrici naturali ma sui canali di irrigazione, in modo da permetterne il riutilizzo.

Tra i paesi che hanno la maggior esperienza di riuso delle acque di scarico vi sono gli Stati Uniti, l'Australia e Israele. Quest'ultimo ha da sempre considerato le acque usate come parte del patrimonio idrico nazionale: già nel 1970 circa il 10% del potenziale idrico di Israele era costituito da acque di scarico. Negli Stati Uniti la pratica del riutilizzo ha preso piede soprattutto negli Stati desertici del Sud: in particolare la California e il Texas. È proprio in California che sono state approvate le prime leggi che introducevano standard di qualità alle acque da riutilizzare, per garantire che la pratica del riuso non provocasse problemi di carattere sanitario.

In teoria il riuso delle acque di scarico in campo agricolo dovrebbe essere una pratica “win win” (che dovrebbe soddisfare tutti gli attori coinvolti): gli agricoltori, che avrebbero a disposizione acqua aggiuntiva, per di più già fertilizzata, perché contiene parte dell'azoto e del fosforo necessari per le colture; i gestori dei depuratori perché, se è vero che per permettere il riuso è necessario dare maggiori garanzie sotto il profilo igienico sanitario (e quindi trattamenti aggiuntivi di disinfezione) è anche vero che il riuso agricolo non rende più necessaria la rimozione dei nutrienti, che è un trattamento decisamente più costoso della disinfezione. Chi certamente ne



## Catalogo Tematico 2

beneficerebbe più di tutti è l'ambiente, perché riuso delle acque vuol dire meno prelievi e soprattutto perché significa niente più scarichi e reimmissione dei nutrienti nei loro cicli naturali.

Eppure, se provate a proporre il riuso delle acque di scarico in un piano o progetto, vi scontrerete spesso con forti opposizioni, in parte motivate, in parte pregiudiziali. Proviamo ad esaminarle.

### 3.4.2. I vincoli al riuso in agricoltura

Il primo e più importante vincolo al riuso dell'acqua usata in agricoltura è quello igienico-sanitario. Sebbene il tema della sicurezza igienico-sanitaria delle pratiche di riuso sia molto importante e delicato, molto spesso vi è, da parte di agricoltori, una opposizione pregiudiziale al riuso. A favorire questa opposizione, basata sulla percezione delle acque di scarico come qualcosa di contaminato, vi sono però argomentazioni più solide: molti prodotti agricoli di qualità certificata richiedono l'uso di "acqua di fonte" per irrigazione. In questo caso, quindi, il pregiudizio non è dell'agricoltore ma dell'ente di certificazione che, invece di certificare le condizioni igieniche del prodotto finale - che devono ovviamente essere garantite, ma che possono essere verificate indipendentemente dall'acqua che si utilizza per l'irrigazione -, pone vincoli inutilmente cautelativi sulle acque da usare.

Accanto ai pregiudizi, che possono essere combattuti solo con la sensibilizzazione e la corretta informazione di tutti gli attori coinvolti, esistono però limitazioni reali in funzione delle caratteristiche chimiche delle acque: può capitare, infatti, che le acque di scarico abbiano una composizione ionica poco adatta alle richieste dei suoli agricoli. Le caratteristiche qualitative delle acque di scarico dipendono dal tipo di acqua erogata, dagli acquedotti e dalle modificazioni indotte dall'uso e dai trattamenti (ad esempio, la pratica frequente di disinfezione degli scarichi attraverso la clorazione non facilita certo il riuso).

Gli effetti negativi sul terreno e sulle colture sono dovuti principalmente alla presenza nelle acque di alcuni macroelementi (sodio, calcio, magnesio, cloruri, solfati) e di alcuni microelementi (in particolare il boro). L'eccessiva concentrazione del catione sodio rispetto al calcio e al magnesio può provocare l'alcalinizzazione del terreno con degrado della sua struttura. Problemi alle colture possono verificarsi anche per l'elevata concentrazione di sali nel terreno, che aumenta la componente osmotica del potenziale idrico del terreno rendendo più difficile l'assorbimento di acqua da parte dell'apparato radicale. Il boro è il microelemento che crea più frequentemente notevoli problemi in quanto la sua concentrazione aumenta in maniera significativa, a differenza di altri parametri, dopo l'uso civile: nei paesi ad alto consumo di detersivi contenenti perborato la concentrazione di boro raggiunge i 2 mg/l, rendendo rischiosa l'irrigazione di alcune colture sensibili (ad es. gli agrumi). Inconvenienti possono derivare dalla presenza di metalli pesanti che in seguito all'accumulo nel terreno possono avere effetti tossici sulle colture; ma una presenza consistente di questi elementi è da ritenersi probabile solo nelle acque reflue industriali.

Anche se in alcuni casi le acque reflue possono presentare caratteristiche chimiche tali da renderle inutilizzabili per l'uso irriguo, questa non è la norma. In Italia, uno dei centri più attivi nello studio del riuso agricolo è l'istituto di idraulica agraria dell'Università di Catania, dove ha lavorato per anni Salvatore Indelicato ed ora Giuseppe Cirelli prosegue il lavoro di ricerca. In una pubblicazione della metà degli anni '90, Indelicato sostiene che «a meno che particolari scarichi all'interno della rete fognante non determinino una concentrazione di sostanze al di sopra della sopportabilità da parte dei terreni (il che significa che evidentemente il problema va esaminato con molta



## Catalogo Tematico 2

attenzione), direi che le caratteristiche qualitative degli effluenti degli impianti di depurazione sono idonee per gli usi agricoli, tanto è vero che sono utilizzati in tutto il mondo»<sup>47</sup>

Dal punto di vista tossicologico il rischio per la salute umana legato al riuso delle acque reflue è estremamente contenuto: su questo concordano, già dagli anni '90, numerosi studi in proposito<sup>48</sup>. Infatti non è attraverso l'acqua di irrigazione che si contaminano i prodotti agricoli con composti tossici: questo avviene in genere per aspersione diretta (pesticidi) o attraverso le deposizioni atmosferiche (metalli pesanti). Il rischio sanitario più consistente è quello della diffusione di agenti patogeni quali virus, batteri e, soprattutto, parassiti (principalmente protozoi ed elminti). Il rischio legato ai parassiti è in genere superiore di quello legato ai batteri e ai virus, in quanto questi organismi sono in grado di resistere molto più a lungo al di fuori dell'organismo umano: mentre virus e batteri enterici sopravvivono in genere pochi giorni, i parassiti possono sviluppare forme resistenti che sopravvivono mesi o addirittura anni. Nella tabella 8 si riportano alcuni tra i parassiti più diffusi nelle acque di scarico, in particolare nei paesi meno sviluppati del bacino del Mediterraneo.

<i>Ascaris lumbricoides</i>
<i>Trichuris trichiura</i>
<i>Ancylostoma duodenala</i>
<i>Dphillobotrium lotum</i>
<i>Trematodes haematobium</i>
<i>Schistosoma haematobium</i>
<i>Schistosoma mansoni</i>
<i>Taenia saginata</i>
<i>Entamoeba hystolitica</i>
<i>Giardia lamblia</i>

Tabella 8: I parassiti reperibili nelle acque di scarico. Fonti Salem 1993, Giammanco in AA.VV. Advanced short course on sewage: treatment, practices, management for agriculture use in the mediterranean countries. W.R.C., C.I.H.E.A.M., EEC 1993

D'altra parte, i rischi legati ai parassiti sono tipici di contesti territoriali dove tali patologie hanno un effettivo valore dal punto di vista epidemiologico: in molti paesi Africani, dell'America latina e del Sud Est Asiatico le parassitosi sono ancora diffuse. La situazione è molto diversa nei contesti occidentali (ma lo stesso discorso vale per Israele): in questi paesi la presenza di parassiti è ormai ridottissima perché da decenni le pratiche igieniche hanno impedito una parte del ciclo di vita del parassita essenziale per riprodursi; quella che avviene all'interno dell'ospite "uomo". In questi contesti, dove da decenni le parassitosi non hanno più incidenza significativa dal punto di vista epidemiologico, la probabilità di trovare parassiti nelle acque di scarico è molto bassa e di

<sup>47</sup> AA.VV. Utilizzazione delle acque reflue in agricoltura. Atti della Tavola Rotonda dell'Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni Miglioramenti Fondiari. Edagricole 1995

<sup>48</sup> AA.VV «Wastewater re-use in irrigated agriculture» Proceedings of International Conference on water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region. Volume IV. AIIA, WWC, C.I.H.E.A.M/MAI-B Bari September 1997



## Catalogo Tematico 2

conseguenza basso è il rischio sanitario legato al riuso.

Proprio a garanzia igienico sanitaria delle colture, diversi paesi si sono dotati di norme sul riutilizzo irriguo delle acque di scarico, con l'obiettivo di minimizzare il rischio sanitario per i consumatori e, soprattutto per gli operatori del settore agricolo, che secondo diversi studi sono i più esposti. Il quadro di conoscenze circa il rischio sanitario legato all'uso di acque reflue per l'irrigazione si è evoluto notevolmente negli ultimi 40 anni, ed è rispecchiato dall'evoluzione negli standard di qualità fissati dai Governi e dalle Agenzie Internazionali. La Tabella 9 riassume tale evoluzione fino alla fine degli anni '80.

	California 1972			O.M.S. 1981		O.M.S. 1989	
	A	B	C	R	UR	R	UR
Coli Totali	-	23	2,2	-	100	-	-
Coli Fecali	-	-	-	-	-	-	1000
Elminti (uova)	-	-	-	-	-	1	1
A: Trattamento primario (colture da foraggio, da fibre e da semi; ortaggi da consumare cotti soggetti a irrigazione superficiale)							
B: Trattamento secondario + disinfezione (ortaggi da consumare cotti irrigati per aspersione; ortaggi da consumare crudi soggetti a irrigazione superficiale; parchi, giardini)							
C: Trattamento terziario + disinfezione (ortaggi da consumare crudi irrigati per aspersione)							
R: Irrigazione condizionata (alberi anche da frutto; colture industriali o da foraggio; pascoli)							
UR: Irrigazione non condizionata ( ortaggi; campi sportivi; parchi e giardini)							

Tabella 9: Limiti massimi consentiti per l'irrigazione con acque reflue (unità su 100 ml)

La Legge della California, dove la pratica del riutilizzo agricolo avviene da decenni, è stata a lungo un riferimento internazionale. Essa distingueva gli standard di qualità secondo il tipo di colture da irrigare e la tecnica irrigua utilizzata: se si trattava di prodotti da coltivare cotti non c'erano limiti alla concentrazione dei batteri (coli totali) indipendentemente dalla tecnica usata per l'irrigazione; se erano prodotti da consumare cotti e irrigati per aspersione o crudi irrigati ma soggetti a irrigazione superficiale (scorrimento), dovevano rispettare un standard microbiologico di 23 coli totali per 100 ml; se erano prodotti da consumare crudi e irrigati per aspersione lo standard era di 2,2 coli totali per 100 ml. Studi epidemiologici a livello internazionale hanno però dimostrato che i limiti imposti dalla normativa americana erano eccessivamente restrittivi. Per questo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) già nel 1981 aveva emanato delle *guidelines* che suddividevano le acque da riutilizzare in due sole categorie e indicavano come limite massimo per il riutilizzo su ortaggi da consumare crudi un valore di 100 coli totali.



## Catalogo Tematico 2

Una prima revisione dei criteri di garanzia OMS per il riutilizzo delle acque reflue si è avuta con la pubblicazione del cosiddetto *Rapporto Engelberg*, elaborato nell'omonima località svizzera da un gruppo di epidemiologi alla fine degli anni '80. In seguito alla pubblicazione del rapporto, l'Organizzazione Mondiale della Sanità modificò le sue *guidelines* ampliando notevolmente i limiti per la colimetria. Le *guidelines* eliminarono lo standard per i coli totali e ne introdussero uno per i coli fecali, con un limite notevolmente meno restrittivo, pari a 1000 unità per 100 ml (si noti che i coli fecali nelle acque sono generalmente molto meno, anche un ordine di grandezza, rispetto ai coli totali). Fu introdotto però anche un controllo parassitologico, richiedendo che fosse verificata l'assenza di uova di elminti.

Nel 2006 l'OMS ha prodotto nuove linee guida la cui impostazione è più complessa e articolata e basata su una disponibilità di studi epidemiologici molto superiore rispetto alle precedenti. Le nuove linee guida dell'OMS non prevedono standard univoci per tutti i tipi di riuso agricolo, ma procedure differenziate, che tengono conto di vari aspetti - tipo di prodotto, sistema di irrigazione, abitudini alimentari - lasciando ai pianificatori la possibilità di individuare la soluzione più idonea. Ad esempio: per l'irrigazione di "ortaggi interrati" (carote, cipolle, ecc.) da consumare crudi si può ricorrere ad acque depurate senza disinfezione (circa 1000 colifecali nell'effluente), purché sia garantito un certo tempo (cosiddetto "die off", pari a circa 48 ore) dalla raccolta al consumo e il lavaggio in acqua prima del consumo. Per una "coltura su pianta bassa" come il pomodoro, irrigata con sistema a goccia, le linee guida addirittura prevedono la possibilità di irrigare con acque con un livello di trattamento bassissimo (100.000 coli fecali nell'effluente), purché sia garantito il tempo di "die off" e il lavaggio prima del consumo. Analogamente per tutti i prodotti a "pianta alta" (frutticoli).

Insomma, analizzando la storia della regolamentazione internazionale in materia di riuso delle acque usate, assistiamo, man mano che cresce il patrimonio di studi epidemiologici, ad un progressivo "allentamento" degli standard, che erano in origine molto cautelativi - per il principio precauzionale. Eppure, la legge italiana in materia, approvata nel 2003, adotta limiti ancora più bassi della normativa Californiana degli anni '70: il D.Lgs 185/2003 stabilisce standard di qualità batteriologica a 0 unità di *Escherichia coli* per 100/ml per l'80% dei campioni. Concentrazioni così basse sono del tutto immotivate: soprattutto se si considera che tutti noi mangiamo quotidianamente frutta e verdura fresca irrigata - del tutto legalmente - con acque di canali irrigui che contengono centinaia di unità di *Escherichia coli* per 100/ml<sup>49</sup>. Non vi è alcun dubbio che in Italia, la legge approvata per favorire il riuso dell'acqua sia il principale motivo per cui se ne riusa pochissima!

Accanto al vincolo igienico sanitario, vi è però un'altra importante barriera al riuso: quello infrastrutturale/finanziario. Per riusare l'acqua è infatti necessario portarla agli utilizzatori, operazione relativamente semplice, se lo scarico si trova nei pressi di un canale irriguo, ma spesso complessa o costosa. Vi sono casi, ad esempio, in cui le acque di scarico sono disponibili in una zona molto distante, o situata ad una quota inferiore, rispetto alle aree agricole potenzialmente interessate al riuso. La difficoltà tecnica nel trasferimento delle risorse sembra essere uno dei motivi principali di mancato riuso in alcune Regioni Italiane (ad esempio, quelle in cui maggiori scarichi recapitano in mare). Spesso però, si tratta di un vincolo economico finanziario più che tecnico: una quota delle risorse pubbliche che vengono investite per rendere disponibili nuove risorse «convenzionali» attraverso opere di regolazione e adduzione o lo scavo di nuovi pozzi, dovrebbero essere spese per rendere possibile il trasferimento delle acque reflue. Non sembra però che né i piani d'ambito, né i programmi infrastrutturali agricoli di iniziativa statale o

---

<sup>49</sup> Secondo gli studi effettuati da diversi anni da Luigi Casotti e Paola Verlicchi dell'Università di Ferrara e presentati alla Conferenza sulla Gestione Sostenibile delle Acque di Tunisi, del 22-25 marzo 2007.



## Catalogo Tematico 2

regionale abbiano introdotto tali infrastrutture tra le priorità.

Gli aspetti economico-finanziari, ovvero i costi rilevanti necessari per rendere possibile il riutilizzo e i bassi costi delle risorse idriche convenzionali per uso irriguo, sono un'altra delle cause del mancato sviluppo della pratica del riuso delle acque in Italia. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 10 sono riportati i valori dei canoni - ovvero del costo dell'acqua per chi la preleva - per i diversi usi, forniti in uno studio del 1995 di Roberto Malaman<sup>50</sup>, cui ho aggiunto una colonna con un dato attuale, riferito ad una importante Regione agricola, rappresentativa della situazione italiana di oggi (da alcuni anni infatti, i canoni sono stabiliti a livello regionale). Analizzando la tabella emerge chiaramente come tra il 1933 e 2008 il valore attualizzato del canone per gli usi agricoli sia l'unico a diminuire: si riduce a circa un terzo, a fronte di un aumento di oltre 10 volte del canone per usi potabili. Se si considera che i costi di investimento per realizzare le opere necessarie alle derivazioni d'acqua sono quasi sempre a carico pubblico è evidente come sia preferibile, per un potenziale utilizzatore agricolo, ricorrere ad acque superficiali convenzionali piuttosto che ad acque usate.

destinazione	Unità di misura	Canoni Regione Emilia Romagna 2008	Canoni 1994	Canoni 1933 (attualizz. 1994)
		€	€	€
Agricola	Modulo*	44,06	36,36	132,10
	Ettaro	0,40	0,33	1,32
Consumo umano	Modulo*	1.868,56	1.549,37	132,10
Industriale	Modulo*	13.691,00	11.362,05	N.D.
idroelettrica	Kw nominale	12,74.	10,57	7,93

\* Un modulo corrisponde a circa 3 milioni di m<sup>3</sup> annui

Tabella 10: Canoni per l'utilizzo di acque pubbliche Fonti: Valori canoni 1933 e 1994 da Malaman 1995; valori Regione Emilia Romagna, deliberazione di attuazione Prot. n.(SSR/05/113755) delle D.G.R. 1325/03 e 1274/05

### 3.4.3. Soluzioni tecniche e scelte operative per il riuso

Da quanto detto al paragrafo precedente risulta chiaro che una strategia per favorire il riuso delle acque non riguarda solo le scelte tecniche, ma implica azioni e politiche su più fronti: riforme normative, attività di educazione e sensibilizzazione, politiche economiche e fiscali. Alcuni di questi aspetti saranno oggetto del prossimo capitolo, ma proviamo ora ad immaginare di pianificare una strategia di riuso su un determinato contesto territoriale: è un'ipotesi non lontana dalla realtà, in quanto i Piani di Tutela delle Acque di diverse Regioni prevedono - e in qualche caso prescrivono - il riuso delle acque di diversi impianti di depurazione.

<sup>50</sup> R.Malaman (a cura di) *La gestione delle risorse idriche*. Il Mulino 1995



## Catalogo Tematico 2

La prima cosa da tenere a mente è che il riuso non si pianifica a partire dalla domanda: è fondamentale infatti ricordare che il riuso ha tre obiettivi tra loro distinti: 1) rendere disponibili risorse idriche non convenzionali per usi agricoli, industriali e urbani con limitate esigenze di qualità; 2) rimuovere gli scarichi idrici dai corsi d'acqua superficiali 3) reimmettere i nutrienti contenuti negli scarichi sui suoli (ottenibile solo con il riuso per irrigazione). Ne consegue che una strategia di riuso non deve essere orientata solo a far fronte ad eventuali fabbisogni di risorsa idrica (obiettivo 1), ma anche a valutare possibili forme di riuso che permettano di raggiungere gli obiettivi 2 e 3. Molto interessante, a questo proposito, è l'esperienza svedese di impianti forestali per la produzione di biomassa, alimentati con acque depurate<sup>51</sup>: è una delle possibili destinazioni di acque usate, che permette di eliminare scarichi e di riciclare i nutrienti in essi contenuti evitando il ricorso a sistemi terziari di denitrificazione e defosfatazione, creando benefici aggiuntivi (la produzione forestale alimenta una centrale a biomasse per la produzione di energia e calore).

È poi fondamentale l'integrazione tra la gestione del sistema fognario depurativo, le esigenze degli utilizzatori delle acque usate e le esigenze ambientali. Questa integrazione riguarda sia gli aspetti qualitativi che quantitativi. Per gli aspetti qualitativi, ovviamente sarà necessario verificare le necessità dei possibili utilizzatori: un comparto produttivo orticolo avrà necessità differenti da seminativi o da colture "no food". È necessario "pensare" il processo depurativo in funzione delle caratteristiche e della qualità richiesta dal riuso. Ovviamente, come già detto, le esigenze qualitative dovranno tener conto non solo delle caratteristiche chimiche e microbiologiche che vanno garantite per permettere un riutilizzo sicuro, ma anche dei nutrienti, di cui invece potrà essere evitata la rimozione, con vantaggi per il gestore: di questo aspetto sembrano essersi dimenticati alcuni Piani di Tutela, che prescrivono sia il riuso, che la realizzazione di impianti terziari per l'eliminazione dei nutrienti.

Dal punto di vista quantitativo, occorre tener presente che un eventuale riuso agricolo è limitato al periodo irriguo - circa 6 mesi - per cui sarà necessario pensare ad una destinazione dello scarico nel periodo invernale, non irriguo. È probabile che sia possibile recapitare lo scarico in un corso d'acqua, che nel periodo invernale presenterà una portata adeguata a riceverlo, ma è possibile anche immaginare un'altra destinazione (una zona umida artificiale, un impianto di forestazione con specie adatte a sopportare la sommersione invernale, una nuova area verde). Inoltre, per meglio gestire i volumi d'acqua destinati al riuso, può essere opportuno prevedere sistemi di accumulo in inverno delle acque depurate.

Anche per il riuso, risulta potenzialmente interessante il ricorso a sistemi estensivi di fitodepurazione e lagunaggio a valle degli impianti di depurazione:

- possono essere usati come stadio finale di disinfezione degli scarichi, garantendo ottime capacità di rimozione della carica batterica, dei parassiti e anche di molecole che interferiscono con il sistema endocrino<sup>52</sup>;
- garantiscono un buon rendimento depurativo anche in caso di malfunzionamenti degli impianti (che sono una delle motivazioni di opposizione al riuso: "ma se poi il depuratore si guasta chi mi garantisce che avrò l'acqua che mi serve?");
- possono costituire significativi volumi di accumulo, per la regolazione delle portate in funzione dell'andamento della domanda di riuso

<sup>51</sup> Si veda in proposito: B.Boz "Aree filtro forestali per il trattamento dei reflui". *Alberi e Territorio* n.7/8 2007. Editore Il Sole 24 Ore

<sup>52</sup> Masi et Al *Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) and Pathogens removal in an hybrid CW system for a tourist facility wastewater treatment and reuse*. Proceedings of the 9th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Avignon (Francia), vol. 2, pp. 461-468, 2004.



### 3.5. Gli effetti della gestione sostenibile delle acque alla scala urbana

Quali sarebbero i benefici derivanti da una pianificazione e gestione delle acque che tenga conto delle proposte descritte in questo capitolo? Gli interventi per la riduzione delle perdite di rete permetterebbero una consistente riduzione dei prelievi: passare dal 37% al 15% di differenza tra prelevato ed erogato, significa liberare circa 2 miliardi di metri cubi all'anno che si aggiungerebbero alle riduzioni ottenibili con il risparmio e il riuso domestico. Si tratta di quantità importanti di acqua di ottima qualità, che verrebbe rilasciata alla circolazione naturale per alimentare fiumi e falde. La riduzione dei prelievi avrebbe inoltre un *fringe benefit* energetico quantificabile in un risparmio compreso tra 0,5 ed 1 milione di megawatt all'anno.

Più difficile è quantificare la riduzione dei prelievi ottenibile attraverso il riuso delle acque di scarico: sarebbe necessario infatti sapere quanta acqua di scarico viene già oggi riutilizzata "indirettamente", prelevandola da fiumi e canali a valle degli scarichi. Comunque, anche ipotizzando cautelativamente il riuso praticabile ad una quota del 10/15% delle acque di scarico prodotte in Italia, si tratterebbe di diverse centinaia di migliaia di metri cubi (la quantità dipende dalla contemporanea riduzione dei consumi domestici che si riuscirà ad ottenere).

Ma non vi è dubbio che le conseguenze maggiori di una migliore gestione delle acque alla scala urbana si avrebbero sulla qualità, in particolare delle acque superficiali che sono il principale recettore degli scarichi urbani. Decentramento depurativo, riduzione dell'impermeabilizzazione e dell'afflusso in fogna, trattamento delle acque di sfioro degli scolmatori, postrattamento e riuso degli scarichi dei depuratori, sono strategie irrinunciabili per migliorare la qualità di fiumi, laghi e coste. I Piani di Tutela delle Acque, elaborati dalle Regioni in ottemperanza al D.Lgs 152/99, puntano a raggiungere il "buono stato" di qualità su gran parte dei corpi idrici. Si tratta di obiettivi molto ambiziosi, difficilmente raggiungibili senza una profonda innovazione della gestione delle acque alla scala urbana.



Catalogo Tematico 3

**Strumenti di governance “smart” che  
promuovono l'uso circolare dell'acqua  
nelle aree urbane**



# Indice

1. INTRODUZIONE	6
2. SISTEMI DI TARIFFAZIONE DELL'ACQUA	88
3. PROGRAMMI DI CONSERVAZIONE DELL'ACQUA	91
4. MONITORAGGIO DEL CICLO DELL'ACQUA	93
5. INCENTIVI E SUPPORTO ECONOMICO (PER PROGETTI DI RICICLO DELL'ACQUA E SISTEMI DI RACCOLTA)	95
6. PROGRAMMI EDUCATIVI	97
7. CONCLUSIONI	98



# 1. Introduzione

Il progetto CWC mira a definire e introdurre un approccio innovativo alla gestione circolare delle risorse idriche. Questo approccio, la Smart Water Governance, intende favorire il coinvolgimento attivo degli stakeholder facendo anche un buon uso degli strumenti tecnologici.

È importante evidenziare che in un problema come la gestione circolare dell'acqua, se gli stakeholder non cooperano attivamente, favorire la circolarità è difficile o più probabilmente impossibile. L'esperienza, il supporto e la collaborazione degli stakeholder sono fondamentali. Gli attori coinvolti sono molti e per ottenere buoni risultati è necessario che ognuno svolga i propri compiti. Inoltre, per attuare un approccio multidisciplinare è necessario il coinvolgimento attivo degli stakeholder nella pianificazione e nella gestione. I processi decisionali, i ruoli e le responsabilità devono essere trasparenti e condivisi. Gli stakeholder, compresi i cittadini, devono ricevere un adeguato coinvolgimento e strumenti per una partecipazione attiva secondo i loro ruoli.

L'approccio di Smart Water Governance trova barriere in una inadeguata competenza dei decisori su questo tema, in un quadro legislativo spesso inesistente, in un debole impulso "dal basso" da parte dei cittadini e nell'interesse delle imprese e delle lobby.

Al di là della loro ovvia utilità nelle installazioni tecniche, gli strumenti tecnologici possono migliorare la conoscenza e la comunicazione, aumentare la consapevolezza la capacità di raccogliere e condividere dati. Strumenti di monitoraggio intelligenti possono anche migliorare il controllo sull'attuazione del progetto e aiutare a condividere processi e risultati in modo trasparente.

Sebbene la Smart Water Governance non possa essere definita come un insieme generale di regole e interventi, abbiamo elencato 5 aree di intervento che, opportunamente dispiegate, possono costituire gli elementi di una Smart Water Governance:

1. Sistema di tariffazione dell'acqua
2. Programmi di conservazione dell'acqua
3. Monitoraggio della raccolta dell'acqua piovana e delle acque grigie: quantità e livello di qualità
4. Incentivi e sostegno finanziario (per progetti di acqua riciclata e costruzione di sistemi di raccolta)
5. Programmi educativi.

Il catalogo "Smart Water Governance" definisce per ogni area di intervento caratteristiche, strumenti e peculiarità da tenere in considerazione durante la progettazione di una Smart Water Governance specifica per una determinata località.

Ogni area di intervento fa riferimento ad uno o più degli obiettivi generali di CWC:

- Riciclare e riutilizzare le acque reflue
- Aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua
- Garantire una buona qualità dei corpi idrici
- Conservare l'acqua il più a lungo possibile sul posto
- Promuovere l'uso multiplo dell'acqua e la sostenibilità dell'acqua



### Catalogo Tematico 3

- Preservare il flusso nei corpi idrici.

Nei prossimi paragrafi si riporta per ogni categoria di intervento la tavola di sintesi delle caratteristiche principali, che include le seguenti voci:

- Obiettivi generali
- Obiettivi specifici
- Difficoltà dell'approccio standard
- Approccio smart governance
- Coinvolgimento dei cittadini e strategie di comunicazione
- Fonti e ulteriori esempi

L'analisi approfondita comprendente la panoramica sullo stato dell'arte e il focus sul potenziale approccio smart, già in uso o che può essere adatto a migliorare lo stato dell'arte attuale, è disponibile nella versione integrale in inglese dell'[Handbook](#).



## 2. Sistemi di tariffazione dell'acqua

### Obiettivi generali

- Aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua
- Promuovere l'uso multiplo e sostenibile dell'acqua

### Obiettivi specifici

- Ridurre il consumo di acqua dolce (aumentando le tariffe di vendita dell'acqua)
- Promuovere e incoraggiare l'uso dell'acqua riciclata (diminuendo il prezzo dell'acqua riciclata)
- Promuovere la conservazione dell'acqua
- Consentire un'adeguata disponibilità di acqua a un prezzo equo per garantire un uso standard per tutti
- Perseguire l'accettabilità sociale, non ridurre la qualità della vita

### Difficoltà dell'approccio standard

- Assenza di contatori dell'acqua in ogni appartamento
- Attuale regolamentazione impopolare per alcune classi di utenti
- La definizione delle tariffe è un processo politico controverso
- La progettazione delle tariffe è un processo complesso che richiede un elevato volume di dati, quindi è difficile fissare i prezzi
- La riduzione del consumo di acqua è in contrasto con gli interessi economici dei servizi idrici:
  - I gestori di acquedotti e acque reflue hanno una parte elevata di costi fissi
  - il risparmio idrico fa diminuire il volume delle vendite, ridurre i ricavi, ma i costi rimangono sostanzialmente invariati

### Approccio Smart Governance

- I ricavi dovrebbero pagare gli investimenti, gli interventi e la manutenzione
- L'acqua deve essere alla portata di tutti
- La progettazione delle tariffe come decisione condivisa
- Le tariffe smart dovrebbero garantire un fabbisogno standard di acqua per ogni



## Catalogo Tematico 3

persona a un prezzo basso, scoraggiando il consumo eccessivo di acqua

- Tariffe che incentivano il riutilizzo delle acque grigie e la raccolta delle acque piovane
- Strumenti a supporto della sensibilizzazione all'uso dell'acqua
- Test delle nuove tariffe prima dell'introduzione e monitoraggio degli effetti

### **Coinvolgimento dei cittadini e strategie di comunicazione**

La scelta delle tariffe idriche dovrebbe coinvolgere gli stakeholder, e in particolare i cittadini, nel processo decisionale. Potrebbe essere impostato un sondaggio tra i cittadini al fine di progettare le tariffe in base ai risultati.

Un campione di cittadini potrebbe essere coinvolto per testare un uso intelligente dell'acqua, per valutare i benefici del risparmio idrico legato a tariffe idriche alternative.

Il test dovrebbe dimostrare una potenziale accettazione sociale dei cambiamenti nelle tariffe idriche e aumentare la consapevolezza dei cittadini sul risparmio idrico.

La modifica delle tariffe idriche è un tema molto delicato che può suscitare disapprovazione da parte dei cittadini.

Questa azione deve essere comunicata con molta attenzione prima della sua attuazione per prevenirne la disapprovazione e facendo comprendere ai cittadini le sue finalità e i suoi vantaggi per i singoli utenti e la collettività.

I messaggi chiave da trasmettere sono:

- L'azione mira a ridurre lo spreco di acqua pulita
- Risparmiare acqua non pregiudica la qualità della vita
- Il risparmio delle risorse idriche ha un impatto importante sull'ambiente
- Alla fine, a seconda dello schema tariffario scelto, il prezzo dell'acqua non è in aumento, ma verosimilmente in diminuzione per i cittadini virtuosi

Tutti questi messaggi chiave devono essere comunicati con il supporto di dati reali e trasparenti.

Per testare le soluzioni - prima della loro attuazione - potrebbero essere realizzati dei casi significativi. Il successo di questi casi è il modo migliore per comunicare la bontà delle soluzioni proposte. Inoltre, i cittadini possono incrementare la loro fiducia nelle soluzioni proposte verificando gli effetti reali di casi testati da altri cittadini, piuttosto che con un normale flusso di informazioni top-down.

### **Fonti e ulteriori esempi**

Ricato Martina, Water Pricing, [sswm.info](http://sswm.info), 2019

Cardone, R. Fonseca, C. (2003): Financing and Cost Recovery. Delft (The Netherlands): IRC (International Water and Sanitation Centre). Thematic Overview Paper 7

Whittington, D. (2002): Tariffs and Subsidies in South Asia: Understanding the Basics.



### Catalogo Tematico 3

Washington, D.C.: Water and Sanitation Program; World Bank Institute

Blanc, D. le (2008): A Framework for Analyzing Tariffs and Subsidies in Water Provision to Urban Households. New York: DESA Working Paper n° 6

Rogers, P.; Silva, R. de ; Bathia, R. (2001): Water is an Economic Good: How to use Prices to Promote Equity, Efficiency, and Sustainability. In: Water Policy : Volume 4 , 1-17.

Water Tariffs in Cyprus, Theodoros Zachariadis (Cyprus University of Technology)

<https://www.wbl.com.cy/en/page/water-rates>

<https://lwb.org.cy/en/charges-and-fees.html>

<http://www.blueap.eu/>



## 3. Programmi di conservazione dell'acqua

### Obiettivi generali

- Aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua
- Garantire una buona qualità dei corpi idrici
- Promuovere l'uso multiplo e sostenibile dell'acqua
- Conservare il flusso nei corpi idrici

### Obiettivi specifici

- Risparmiare risorse idriche e aumentare la quantità di acqua disponibile per le persone nelle aree con scarsità idrica
- Ridurre l'estrazione di acqua
- Garantire gli habitat e le condizioni di vita di piante e animali che dipendono dalle zone umide
- Risparmiare energia per l'estrazione e la distribuzione dell'acqua
- Ridurre i materiali per la rete di approvvigionamento e per la rete fognaria (diametri dei tubi inferiori o eventuale non necessità di installazione di condotte fognarie)
- Ridurre al minimo i costi e gli sforzi per il trattamento delle acque reflue in uscita (meno volume da trasportare e trattare)
- Ridurre la bolletta mensile dell'acque potabile

### Difficoltà dell'approccio standard

Il risparmio idrico richiede sia una corretta disponibilità di infrastrutture/strutture che una consapevolezza dei cittadini e un cambiamento del comportamento.

Se i cittadini non sono adeguatamente coinvolti negli interventi di risparmio idrico, i benefici possono essere inferiori alle aspettative o non duraturi.

Senza contabilizzazione dei consumi di acqua è abbastanza difficile ottenere un effetto di risparmio idrico.

La migliore misura di risparmio idrico è la misurazione individuale del consumo idrico di una famiglia.



### **Approccio Smart Governance**

L'approccio standard potrebbe essere migliorato introducendo un maggiore coinvolgimento degli stakeholder, adottando tecnologie innovative e includendo programmi di conservazione dell'acqua all'interno di una più ampia strategia di sostenibilità ambientale e sociale.

In un programma smart di conservazione dell'acqua dedicato alle famiglie, l'attenzione deve essere rivolta ai contatori intelligenti che forniscono una migliore disponibilità dei dati e una sensibilizzazione dei consumatori.

I contatori d'acqua intelligenti consentono di misurare il consumo d'acqua preciso, non solo un consumo d'acqua mensile o annuale, ma una misurazione dettagliata giorno per giorno o ora per ora. Inoltre, il conteggio dei consumi idrici è suddiviso per ogni singolo appartamento, e non è conteggiato a livello condominiale.

### **Coinvolgimento dei cittadini e strategie di comunicazione**

I cittadini devono essere considerati non solo come utenti finali di un programma di conservazione dell'acqua, ma dovrebbero essere coinvolti nella progettazione di politiche e interventi.

Il coinvolgimento del cittadino nella concreta attuazione degli interventi ne aumenta la consapevolezza e la cura.

La progettazione di strumenti di modellazione avanzati può anche beneficiare del contributo dei cittadini, se vengono progettate adeguate attività di co-sviluppo.

### **Fonti e ulteriori esempi**

[www.metersave.org/MeterSave](http://www.metersave.org/MeterSave)

[www.startpark.org](http://www.startpark.org)

[www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721000044](http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721000044)

[www.valleywater.org/water-conservation-programs](http://www.valleywater.org/water-conservation-programs)

[ncsd.ca.gov/resources/save-water-save-money](http://ncsd.ca.gov/resources/save-water-save-money)

[www.toolkit.bc.ca/elements-water-conservation-programs](http://www.toolkit.bc.ca/elements-water-conservation-programs)

[www.snwa.com/business/water-conservation-programs/index.html](http://www.snwa.com/business/water-conservation-programs/index.html)



## 4. Monitoraggio del ciclo dell'acqua

### Obiettivi generali

- Riciclare e riutilizzare le acque reflue
- Aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua
- Garantire una buona qualità dei corpi idrici
- Trattenere l'acqua il più a lungo possibile in loco
- Promuovere l'uso multiplo e sostenibile dell'acqua

### Obiettivi specifici

- Promuovere l'elaborazione di politiche basate sui dati
- Fornire agli investitori dati sui risultati dei progetti

### Difficoltà dell'approccio standard

- Mancanza di dispositivi adeguati che monitorino il ciclo dell'acqua
- Difficoltà nella raccolta di dati omogenei, quindi difficoltà in una corretta analisi utile per gli stakeholder e i decisori politici.
- Mancanza di approccio integrato

### Approccio Smart Governance

L'approccio standard potrebbe essere migliorato da

- introdurre un maggiore coinvolgimento degli stakeholder
- adottare tecnologie innovative
- includere programmi di monitoraggio all'interno di una più ampia strategia di monitoraggio della sostenibilità ambientale e sociale

### Coinvolgimento dei cittadini e strategie di comunicazione

- Semplici apparecchiature per il test della qualità dell'acqua (ad es. acido solfidrico, H<sub>2</sub>S, test) potrebbero essere fornite alle comunità in modo che possano auto-testare la propria acqua
- Fornire una buona istruzione sulla manutenzione delle strutture idriche e sui dispositivi di monitoraggio.



**Fonti e ulteriori esempi**

Smart Approach of Harvesting Rainwater and Monitoring Using IoT, V S P Chandrika Kota et al., 2020 and “Smart city rain water harvesting (IOT) techniques by J.Vinoj and Dr.S. Gavaskar, 2018

Luke Mosley, Water quality of rainwater harvesting systems, 2005 SOPAC Miscellaneous Report 579

Turning Smart Water Meter Data Into Useful Information A case study on rental apartments in Södertälje , Philip Dahlström, Anna Söderberg, 2017

Forecasting Domestic Water Consumption from Smart Meter Readings using Statistical Methods and Artificial Neural Networks, David Walkera, Enrico Creacoa, Lydia Vamvakeridou-Lyroudiaa, Raziye Farmania, Zoran Kapelana, Dragan Savic, 13th Computer Control for Water Industry Conference, CCWI 2015



## 5. Incentivi e supporto economico (per progetti di riciclo dell'acqua e sistemi di raccolta)

### Obiettivi generali

- Riciclare e riutilizzare le acque reflue
- Aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua
- Garantire una buona qualità dei corpi idrici
- Trattenere l'acqua il più a lungo possibile in loco
- Promuovere l'uso multiplo e sostenibile dell'acqua
- Conservare il flusso nei corpi idrici

### Difficoltà dell'approccio standard

La gestione delle risorse idriche è attualmente sottofinanziata e necessita di maggiore attenzione da parte dei governi.

Senza un'adeguata misurazione dei risultati è più difficile ottenere finanziamenti

### Approccio Smart Governance

I finanziamenti possono provenire da fonti non strettamente dedicate all'acqua (es. per le NBS si possono raggiungere diversi programmi di finanziamento monotematici, come la qualità dell'aria, l'energia, il clima)

Un sistema di monitoraggio affidabile dello stato di avanzamento dell'intervento e dei risultati può attrarre finanziamenti

L'approccio del finanziamento di comunità/crowdfunding può essere perseguito per specifici interventi locali

### Coinvolgimento dei cittadini e strategie di comunicazione

I cittadini dovrebbero essere coinvolti nella progettazione di incentivi e strategie economiche che riducano il consumo di acqua

Gli incentivi economici sono efficaci per ridurre il consumo di acqua e migliorare il comportamento dei cittadini nell'uso dell'acqua

Il bilancio partecipativo coinvolge i cittadini nelle decisioni pubbliche e sensibilizza sul costo delle infrastrutture idriche e della gestione dell'acqua



## Catalogo Tematico 3

Dovrebbero essere studiati e testati schemi di finanziamento innovativi che coinvolgano i cittadini

### Fonti e ulteriori esempi

United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change

Addressing climate change in cities - Policy instruments to promote urban nature-based solutions”, 2020 by the Ecologic Institute and Sendzimir Foundation

European Commission, Water Reuse Systemk, Management Manual, AQUAREC, 2006

<https://energy-cities.eu/financing-opportunities-for-sustainable-energy-climate-action-plans/>

Economic incentives for water consumption reduction: case study of the city of São Paulo, Brazil. Water Policy 21 (2019). Cláudia Orsini M. de Sousa and Nuno M. M. Dias Fouto



## 6. Programmi educativi

### Obiettivi generali

- Riciclare e riutilizzare le acque reflue
- Promuovere l'uso multiplo e sostenibile dell'acqua

### Obiettivi specifici

- Accrescere la consapevolezza
- Migliorare i comportamenti di utilizzo dell'acqua
- Promuovere il coinvolgimento attivo dei cittadini
- Migliorare la conoscenza del ciclo dell'acqua per diverse categorie di stakeholder (ad es. tecnici, studenti, responsabili politici)

### Difficoltà dell'approccio standard

L'educazione sul tema dell'acqua deve andare oltre l'insegnamento delle scienze idrologiche ed essere multidisciplinare

L'istruzione deve raggiungere diverse categorie di stakeholder e non solo i tecnici

### Approccio Smart Governance

I dispositivi e le app intelligenti offrono opportunità per coinvolgere stakeholder a diversi livelli nell'apprendimento proattivo

L'approccio alla gamification coinvolge i cittadini nell'apprendimento e nell'applicazione di nuove conoscenze, sperimentando un cambiamento comportamentale in materia di acqua

### Fonti e ulteriori esempi

[en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/water-education](https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/water-education)

[www.sharingmi.it/](http://www.sharingmi.it/)

<https://hydropolis.pl/en/>

<https://pijkranowke.pl/> (in polish)

<https://www.mpwik.wroc.pl/csr-2/mpwik-dzieciom/> (in polish)



# Conclusioni

È stata sintetizzata una panoramica di possibili approcci smart alla governance dell'acqua. Le categorie di intervento sono descritte individualmente ma le sinergie e sovrapposizioni sono in verità frequenti e necessarie. Un progetto di approccio smart alla governance dell'acqua dovrebbe prendere in considerazione tutte le categorie e coordinare le azioni più promettenti e adatte al contesto.



Il caso pilota di Torino

# PROGETTO DI RECUPERO ACQUE PIOVANE, TETTO VERDE E SERRA AEROPONICA



# Indice

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>101</b>
<b>2. RICICLO DELL'ACQUA IN CITTÀ</b>	<b>102</b>
2.1. TERRAZZO VERDE	103
2.2. SERRA AEROPONICA	106
2.3. GIARDINO DELLA PIOGGIA	108



# 1. Introduzione

La sfida per Città di Torino è di pensare nuovi modi per recuperare e utilizzare l'acqua. L'opportunità offerta dal progetto CWC di applicare a un caso pilota alcune delle pratiche innovative riguardanti il ciclo dell'acqua, ha consentito e consente sia di costruire conoscenza all'interno degli uffici tecnici della città che di diffondere presso i cittadini sensibilità e conoscenze riguardo le azioni che si possono attuare per preservare la risorsa acqua.

Il caso pilota rappresenta l'opportunità per sviluppare una strategia per il recupero dell'acqua dai tetti come soluzione per la città resiliente di domani. Il caso pilota aiuterà Torino e altre autorità pubbliche a definire "strategie per le infrastrutture verdi & blu" per alimentare i piani locali di adattamento al cambiamento climatico in linea con l'iniziativa "Mayors Adapt".

Il caso pilota è stato implementato, come inizialmente previsto, all'Open 011 - Casa della Mobilità Giovanile e dell'Intercultura -, ostello della Città di Torino ricavato per I Giochi Olimpici del 2006 adattando l'edificio del 1940 della Fabbrica Elli Zerboni. Erano disponibili una grande terrazza rivolta a sud, un grande tetto di metallo per raccogliere la pioggia e un giardino.

L'edificio offre alloggio a studenti ed è certificato ECOLABEL EU. Inoltre ospita già strumenti ICT per controllarne le prestazioni ambientali: monitoraggio della temperatura interna ed esterna, stazione meteorologica. Offre perciò un alto potenziale educativo e di disseminazione.

Il caso pilota consiste nella raccolta di acqua piovana dal tetto, realizzazione di una terrazza verde che ospita anche una serra aeroponica e realizzazione di un giardino della pioggia. Inoltre, il caso pilota segue i principi di gestione sostenibile dell'acqua, con uno schema finalizzato a riutilizzare l'acqua raccolta dal tetto per l'irrigazione della terrazza verde e della serra aeroponica, oltre che per la mitigazione delle piene dovute alla pioggia e la ricarica dell'acquifero urbano.





## Il caso pilota di Torino

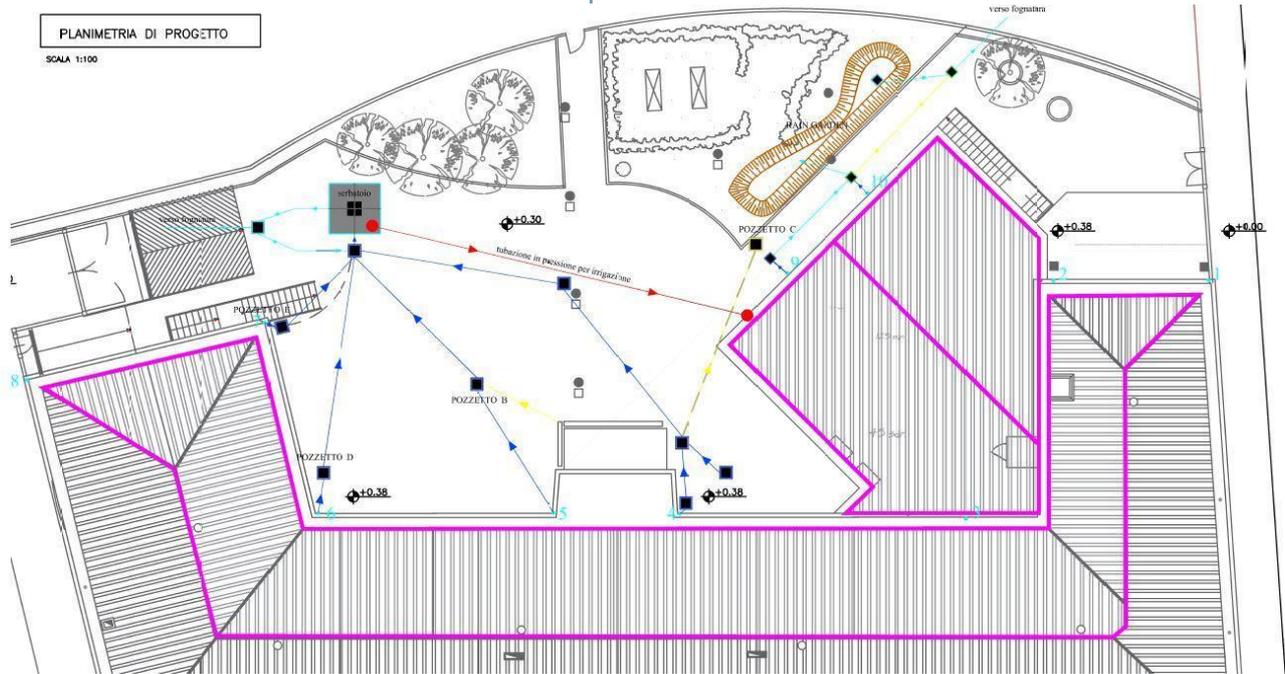


Figura 3: Lo schema di raccolta dell'acqua

### 2.1. Terrazzo verde

La terrazza esistente dell'Open 011, nuova addizione all'edificio del 1940 della Fabbrica ELLI ZERBONI, è stata realizzata nel 2006 per le Olimpiadi invernali Torino 2006. Ospita al piano interrato locali magazzino, al piano terra una ampia sala polivalente a disposizione dell'Ostello e della Comunità.



Figura 4: La terrazza vista da Ovest, prima dell'inizio dei lavori



### Il caso pilota di Torino

La soletta è stata calcolata per 1000 daN/mq di cui 450 daN/mq di peso proprio e 550 daN/mq per sovraccarichi (dati Servizio Edifici Municipali - autori del progetto di restauro e ampliamento). La copertura verde realizzata rispetta quindi i sovraccarichi previsti. È stata realizzata con adatta stratigrafia per copertura a tetto verde intensivo, che ha permesso la realizzazione di aree verdi con piccoli arbusti, perenni, graminacee e tappezzanti.

Il sistema di irrigazione del tetto verde è alimentato dalla raccolta delle acque di pioggia realizzata nel cortile alla base del sistema attuale di raccolta dei pluviali. In questo modo con la collocazione di una cisterna in cemento a valle dell'attuale pozzetto si recuperano le acque di pioggia di gran parte del tetto esistente e si riutilizzano senza sprecarne nemmeno una goccia.

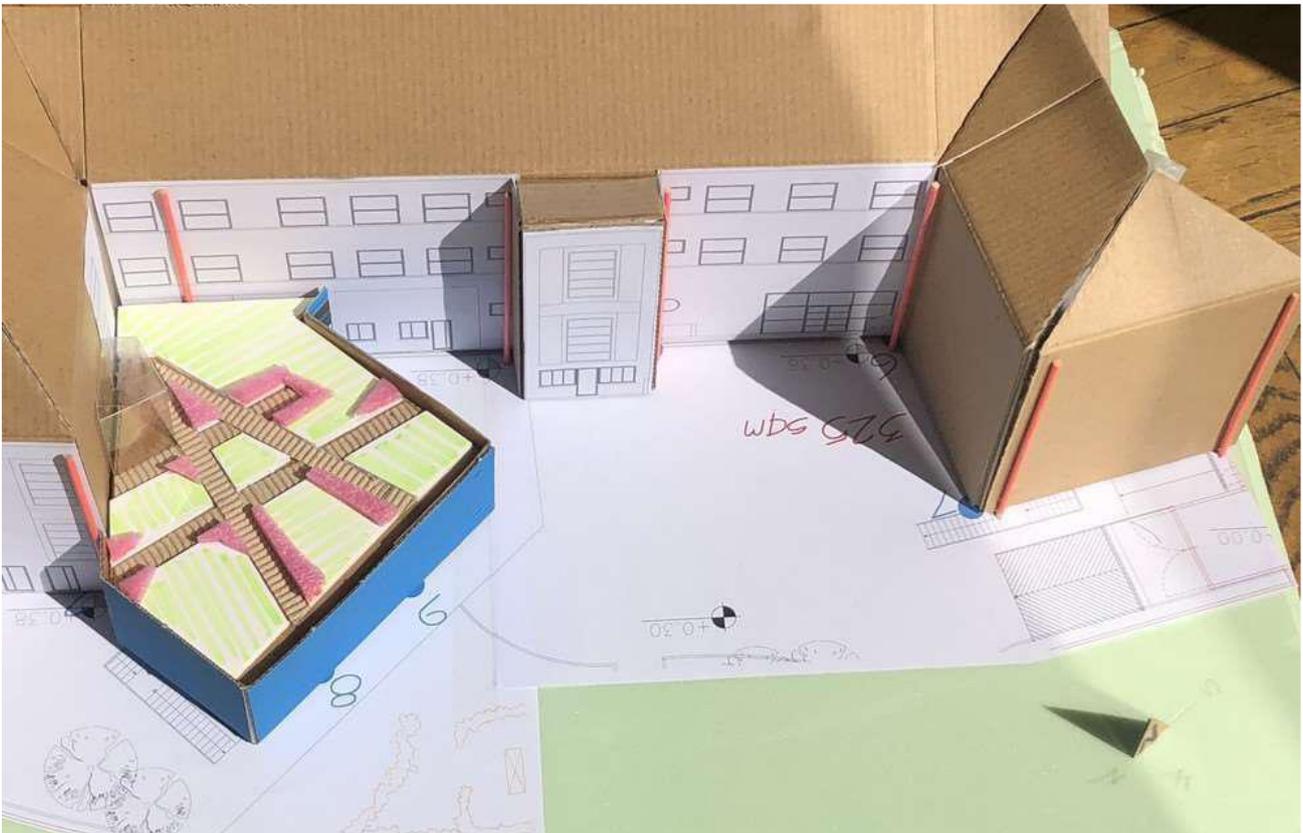


Figura 5: Modello di studio del progetto della terrazza

Accanto al Verde è fondamentale che la terrazza abbia percorsi pedonali di attraversamento e aree di sosta con panchine, per rendere attrattivo, comodo e accogliente lo spazio esterno, affinché diventi un luogo piacevole e frequentato dell'Albergo. Le pavimentazioni sono state realizzate in doghe di legno/legno ricomposto, leggero, compatto e di facile manutenzione, direttamente appoggiate sulla stratigrafia in modo da non interrompere la continuità della superficie drenante. Similmente le panchine hanno struttura leggera in profilati di alluminio, rivestiti in doghe di legno/legno ricomposto, comode, calde e con la minima manutenzione occorrente.



## Il caso pilota di Torino



Figura 6: Diverse fasi di realizzazione della terrazza



## Il caso pilota di Torino



Figura 7: La terrazza realizzata

## 2.2. Serra aeroponica

La serra aeroponica utilizza anch'essa l'acqua di pioggia, in particolare dei due pluviali più prossimi alla serra, al numero 1 e 2. L'acqua viene convogliata in un serbatoio in pvc posto al di sotto di una delle panchine, con un troppopieno che va direttamente nel Giardino della Pioggia.

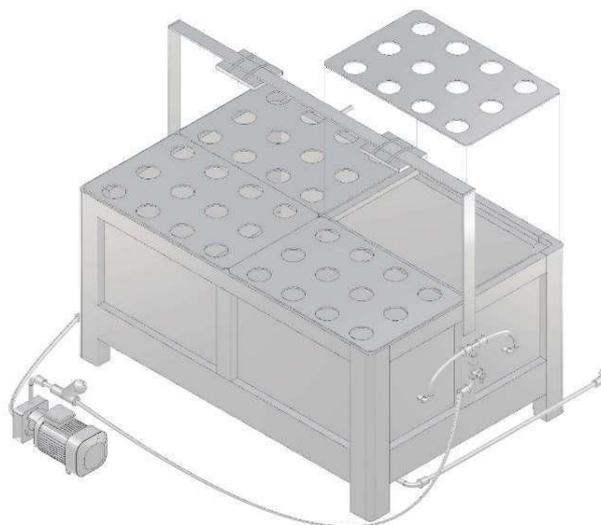


Figura 8: Il modulo vasca su cui si basa il sistema



## Il caso pilota di Torino

L'acqua necessaria al funzionamento della Serra Aeroponica è pochissima, e in continuo movimento e riciclo interno, che permette con risorse idriche limitate di ottenere grandi risultati di coltura di insalate, piccole verdure, piccoli frutti durante tutto l'arco dell'anno. La struttura della serra è in legno lamellare con pannelli di chiusura in policarbonato alveolare, per una struttura complessivamente leggera e adattabile ai moduli di coltivazione idroponici.



Figura 9: Verdure in crescita nella serra



Figura 10: Due viste della serra sulla terrazza



## 2.3. Giardino della pioggia

Il Giardino della Pioggia è stato realizzato nella porzione più bassa del terreno alla base della terrazza, in modo da raccogliere le acque non utilizzate dall'irrigazione del tetto verde e della serra aeroponica. In questo modo la piccola trincea nel giardino sarà una riserva naturale, con piante rustiche e ben adatte a sopportare periodi più secchi alternati ad altri più umidi, utilizzando specie adatte a condizioni diverse, ma che siano sempre belle e piacevoli nel corso delle 4 stagioni.



Figura 11: A sinistra l'area in cui è stato realizzato il giardino della pioggia e a destra il giardino realizzato



### SITO WEB DEL PROGETTO

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/CWC.html>

### SOCIAL MEDIA

<https://www.facebook.com/citywatercircles/>

<https://twitter.com/CirclesCity>

<https://www.instagram.com/citywatercircles/>

# City Water Circles

manuale online sulla gestione e l'uso  
circolare delle acque in ambito urbano