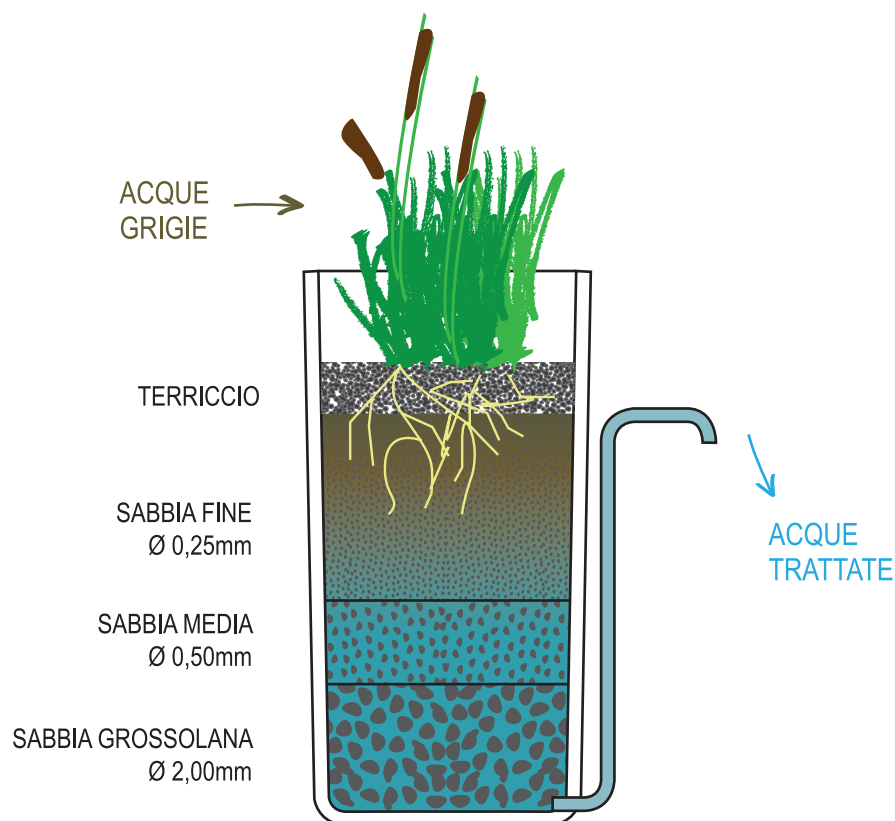


Gli inquinanti vengono rimossi quindi attraverso processi di tipo fisico-chimico e biologico.

E' necessario un pretrattamento che ha lo scopo di rimuovere i solidi grossolani e circa il 60% dei solidi sospesi. Per il trattamento delle acque grigie è solitamente necessario un pretrattamento mediante griglia manuale seguito dalla disoleatura, mentre per le acque nere è necessario un pretrattamento mediante fossa settica (tricamerale o di tipo Imhoff).

Attraverso la fitodepurazione si ottiene un abbattimento significativo del carico organico, dei solidi sospesi e della carica batterica.

In Italia il D.Lgs 152/99 individua la fitodepurazione tra le tecniche da utilizzare per il trattamento dei reflui per utenze inferiori alle 2.000 unità oppure come trattamento terziario di impianti di grandi dimensioni.



Esistono sostanzialmente due tipologie di impianti a flusso sommerso caratterizzati rispetto al percorso idraulico:

Sistemi a **flusso sommerso orizzontale** in cui l'acqua rimane costantemente al di sotto della superficie superiore del medium di riempimento e sistemi a **flusso sommerso verticale** in cui i reflui scorrono in senso verticale dall'alto verso il basso in condizioni di alimentazione discontinua.

Esistono inoltre sistemi a flusso superficiale o libero che possono svilupparsi a tal punto da diventare una vera e propria area umida punto di rifugio di uccelli acquatici e piccoli animali.



Living Machine

La Living Machine è un innovativo sistema di trattamento delle acque grigie che utilizza una serie di cisterne in cui si sviluppano vegetali e altri organismi.

Concepita da John Todd, questo sistema incorpora molti degli stessi processi (sedimentazione, filtrazione, assorbimento, nitrificazione e denitrificazione, aerobica e anaerobica decomposizione) che sono presenti nei convenzionali trattamenti biologici delle acque reflue

Local River
Designer: Mathieu Lehanneur
Artists Space, New York 2008

(Todd, 1993).

Quello che rende unica la Living Machine è l'utilizzo contemporaneo di piante e animali nel suo processo.

Il funzionamento tipico della Living Machine comprende sei principali trattamenti in cisterne:

- 1) anaerobic reactor cisterna anaerobica
- 2) anoxic tank cisterna anossica
- 3) closed aerobic reactor un reattore aerobico chiuso
- 4) open aerobic reactor un reattore aerobico
- 5) clarifier un chiarificatore
- 6) "ecological fluidized beds" (EFBs).

Tuttavia, mentre i reattori aerobici aperti e l'EFBs si trovano in qualsiasi Living Machine, l'utilizzo degli altri componenti rimane a discrezione del designer e dipende principalmente dalle caratteristiche dell'acqua da trattare e dal contesto territoriale specifico.

Anaerobic Reactor: rappresenta il primo step e il suo ruolo è quello ridurre la concentrazione di BOD_5 e rifiuti solidi presenti nell'acqua da trattare attraverso l'azione di batteri anaerobi. Il gas prodotto è filtrato tramite i carboni attivi o attraverso un biofiltro per controllarne l'odore.

L'Anoxic Reactor: processo di denitrificazione che serve a convertire il nitrato (NO_3) presente nell'acqua reflua in azoto (N_2).

Closed Aerobic Reactor: abbattimento del contenuto organico per azione batterica in presenza di ossigeno

Open Aerobic Reactor (Hydroponic Reactors): fitodepurazione ad opera di differenti qualità di piante (tra cui *Cyperus alternifolius*, *Canna x. generalis*, *Alocasia odora*, *Juncus sp.*, *Salix sp.*, *Zantedeschia aethiopica*, *Colocasia esculenta* e l'*ilris pseudacorus*) che adsorbono parte del materiale organico ancora presente nell'acqua e favoriscono la riproduzione di alcuni microrganismi

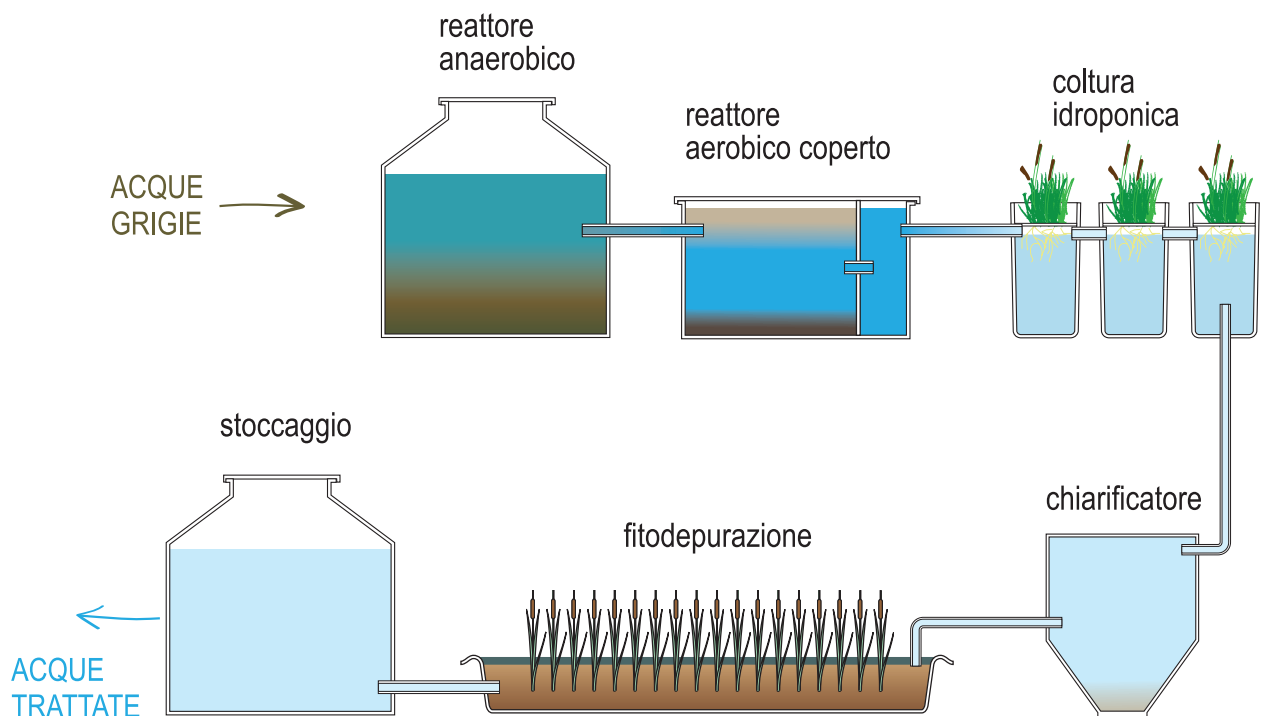
(tra cui *Vorticella* sp., *Opercularia nutans*, *Stentor polymorphus* e *Aspidisca costata* e altri microrganismi come la daphnia e vermi acquatici).

Queste diverse comunità ecologiche ad abbattere notevolmente la carica batterica ancora presente nell'acqua.

Inoltre attraverso la nitrificazione i composti del nitrogeno vengono ossidati e convertiti in ammoniaca (NH_3) e in nitrato (NO_3).

Clarifier: Questo processo permette di separare per gravità le particelle sospese dall'acqua; le parti solide vengono reimmesse nell'aerobic reactor per dare nutrimento ai microrganismi.

Ecological Fluidized Beds: Questo è il trattamento finale della Living Machine e consiste in due vasche, una indoor e una outdoor, contenente un substrato di rocce vulcaniche e dei pesci per completare il trattamento di depurazione dell'acqua.



LA FILTRAZIONE

La filtrazione è un sistema ampiamente utilizzato per separare le particelle in sospensione dal solvente acquoso.

Esistono differenti tipologie di sistemi di filtrazione che si caratterizzano sostanzialmente per il tipo di tecnologia utilizzata, per il materiale filtrante e per la dimensione delle particelle che si è in grado di eliminare.

La filtrazione è quindi una tecnologia utilizzata a vari stadi del sistema di trattamento delle acque e può coinvolgere differenti tecniche e materiali a seconda della disponibilità e dell'obiettivo di filtrazione.

Si riportano di seguito alcune tipologie di filtraggio che, attraverso membrane, carboni attivi, filtri in ceramica, etc. riescono a separare dall'acqua le particelle di varie dimensioni, a seconda delle caratteristiche del filtro.

Alcune indagini condotte dal Gruppo di Ricerca coordinato da Vittorio Elia dell'Università Federico II° di Napoli (Elia, 2011), utilizzando la spettroscopia NIR, hanno evidenziato in acqua pura dei cambiamenti indotti da processi di filtrazione.

In particolare sono state registrate delle variazioni nella conducibilità nettamente superiori a quelle dovute alla presenza di inquinanti normalmente presenti nell'acqua.

Questo sembra essere determinato dalla formazione di nanostrutture acquose come recentemente suggerito sia dal premio Nobel Luc Montagnier (2009) rispetto gli effetti osservati nell'acqua che ha subito filtrazione e processi di sterilizzazione, che dallo stesso Elia che ha suggerito la formazione di strutture dissipative (Elia, 2010).

L'indagine sulla struttura dell'acqua e sul suo "comportamento sociale" risulta quindi molto importante per comprendere la qualità complessiva dell'acqua stessa sottoposta a trattamenti come la filtrazione.



DRINKABLE BOOK

designer Brian Gartside e Theresa Dankovich

Sviluppato da un team di scienziati e ingegneri della University of Virginia il drinkable book è costituito da una serie di filtri di carta capaci di eliminare virus e batteri grazie ad una stampa tecnologicamente avanzata contenente nanoparticelle di argento. Ciascun foglio è in grado di eliminare fino al 99,9% di batteri e virus e può trattare fino a 5.000 litri di acqua.

Filtrazione lenta

I filtri lenti sono costituiti da ampie superfici dove, al di sopra di un adeguato sistema di drenaggio che raccoglie le acque trattate, è posto uno strato di sabbia di circa 1 mm di granulometria, attraverso il quale viene fatta percolare l'acqua ad una bassa velocità (0,1 – 0,4 m³/m²/h) (Coccagna, 2008).

La bassa velocità di flusso consente di **abbinare alla filtrazione fisico-meccanica anche un trattamento biologico** grazie alla formazione, sulla superficie del filtro, di una pellicola biologica composta da materiale organico e inorganico e da una grande varietà di microrganismi.

Naturalmente le caratteristiche dell'acqua grezza incidono notevolmente sulle prestazioni del filtro così come le condizioni ambientali e climatiche (es. luce e temperature adeguate allo sviluppo e al mantenimento dei processi biologici).

In base alle caratteristiche dell'acqua da trattare è possibile utilizzare la filtrazione lenta per la **rimozione di composti organici e di alcuni metalli pesanti**, nonché come **processo di disinfezione per la rimozione di alcuni patogeni**.

Filtri rapidi a sabbia

Il filtro rapido opera prevalentemente con processi fisici e non biologici attraverso l'adsorbimento delle particelle contenute nell'acqua da parte del materiale filtrante.

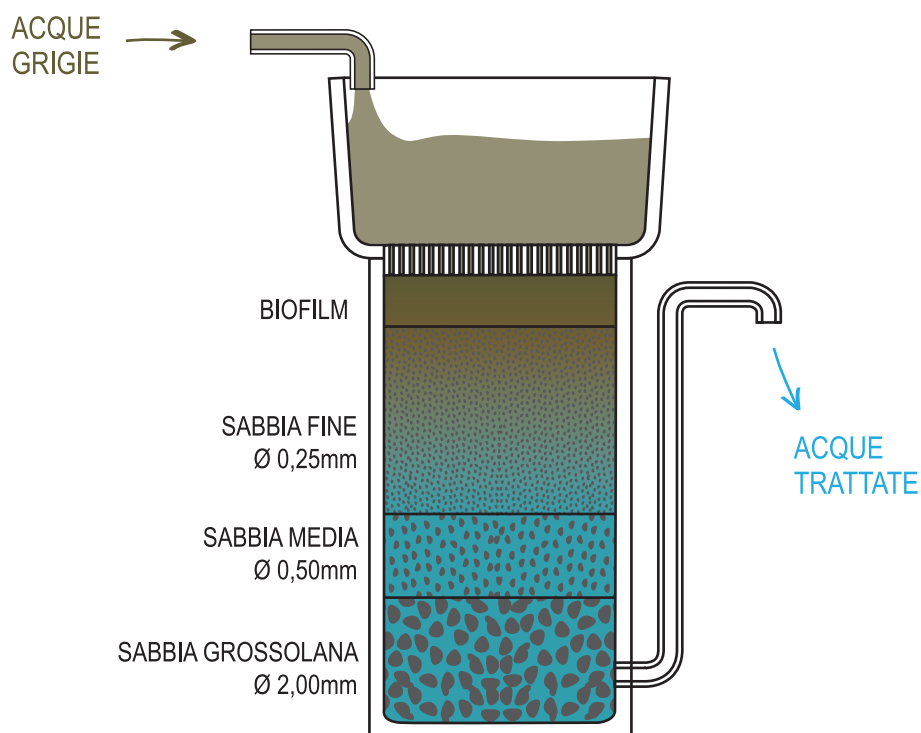
È un sistema particolarmente affidabile in quanto produce un effluente di elevata qualità con caratteristiche molto costanti nel tempo.

Può trovare anche applicazione come trattamento finale di affinazione per abbattere il fosforo, laddove sia tollerabile una concentrazione molto ridotta.

Secondo l'impostazione tradizionale, il filtro rapido è costituito da uno o più strati di materiale filtrante (generalmente sabbia e antracite o idroantracite) supportati da un fondo drenante.

L'acqua attraversa il filtro generalmente dall'alto al basso sfruttando la forza di gravità, ma esistono anche filtrazioni a flusso inverso.

La filtrazione si realizza mediante una sgrossatura nello strato a granulometria maggiore (generalmente antracite) seguita da un affinamento nello strato sottostante di sabbia che, per le dimensioni inferiori dei grani, provvede all'adsorbimento delle particelle ancora presenti nell'acqua.



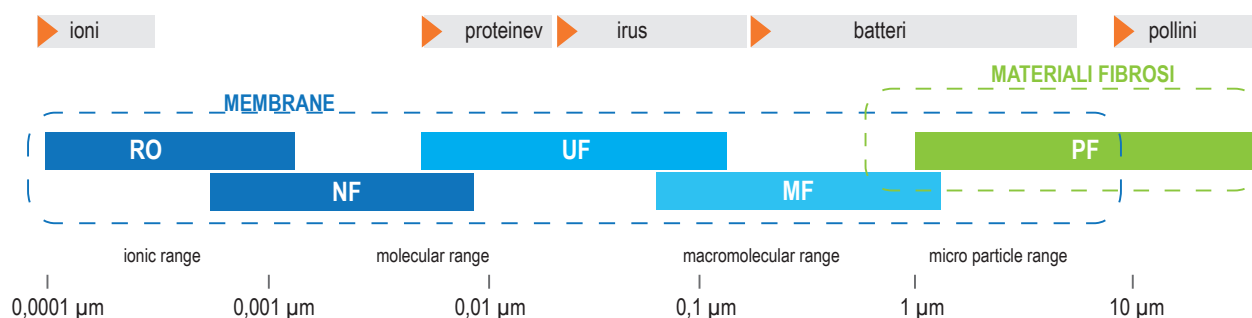
Le particelle di dimensioni maggiori degli spazi vuoti esistenti tra i granuli sono catturate mediante una staccatura, mentre le particelle con dimensioni inferiori rispetto agli spazi inter granulari possono essere adsorbite mediante il contatto con i granuli e quindi trattenute sulla superficie del materiale filtrante attraverso forze molecolari di attrazione.

Membrane

La filtrazione a membrana consiste nel passaggio, sotto pressione, dell'acqua da trattare attraverso una sottile membrana costituita da fibre cave o da fogli di materiale poroso.

Durante il processo di filtrazione una frazione di acqua, purificata da parte dei soluti, oltrepassa la membrana (permeato); la frazione restante (concentrato) scorre tangenzialmente lungo la membrana ed esce dal sistema portando con se' gli inquinanti concentrati, rifiutati dalla membrana.

L'alimentazione e il concentrato fluiscono parallelamente alla membrana (processo "in crossflow" o "in flusso tangenziale") che, a seconda delle dimensioni dei pori, permette una rimozione in continuo dei contaminanti di differenti grandezze.



MICROFILTRAZIONE	> 0,1 µm	particelle sospese, velo colloidale, emulsionanti
ULTRAFILTRAZIONE	0,1 - 0,01 µm	macromolecole, batteri, cellule, virus, proteine
NANOFILTRAZIONE	0,01 - 0,001 µm	composti organici micromolecolari ioni a carica multipla
OSMOSI INVERSA	< 0,001 µm	Ioni

Tra le filtrazioni generalmente usate nelle fasi di purificazione che adottano membrane, i tipi più utilizzati includono:

Microfiltrazione (MF)

Ultrafiltrazione (UF)

Osmosi inversa e Nanofiltrazione (RO / NF)

ACQUADUCT

una pompa attaccata ai pedali fa circolare l'acqua da un contenitore di grandi dimensioni ad uno più piccolo, filtrandola. Il contenitore più piccolo è rimovibile e si può chiudere in modo che l'acqua, anche a casa, resti pulita e pronta all'uso.



Microfiltrazione (MF)

Per microfiltrazione si intende una ritenzione fisica delle particelle dietro un mezzo filtrante, mentre il liquido in cui sono sospese passa attraverso il filtro.

Le particelle vengono trattenute perché più grandi dei pori del filtro. Oltre alla dimensione dei pori ci sono altri fattori che influiscono sulla ritenzione delle particelle: la viscosità del fluido e le interazioni chimiche tra la membrana e le particelle in soluzione.

I filtri per la microfiltrazione hanno una dimensione dei pori compresa generalmente tra gli 0,05 e 5,0 micron



LIFESTRAW

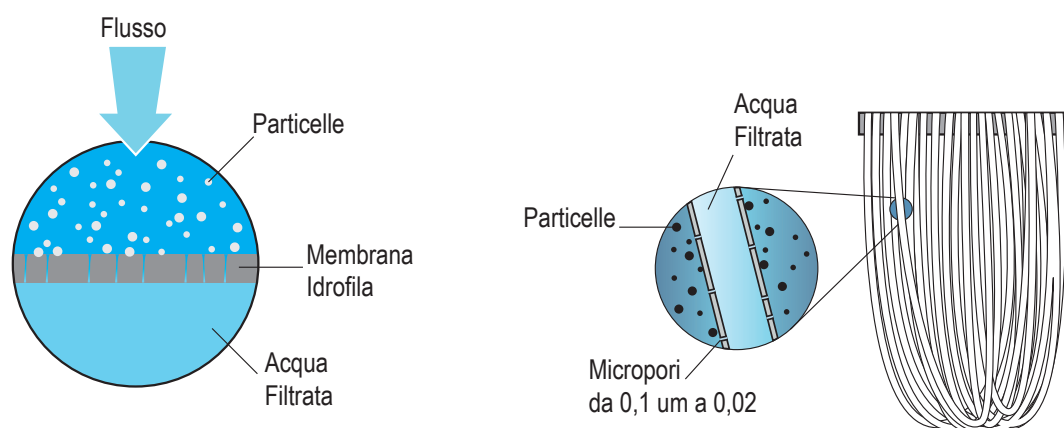
Il dispositivo filtrante è inserito in un tubo della lunghezza di 31 cm e 30 mm di diametro in materiale plastico. Il meccanismo di filtrazione è esclusivamente di tipo fisico e si basa su un filtro a fibre cave, attraverso le quali possono passare solo particelle che abbiano un diametro minore di 15 micron.

Un singolo dispositivo può filtrare un massimo 1000 litri di acqua (che sono sufficienti al fabbisogno di una persona per un anno), rimuovendo il 99,9999% dei batteri eventualmente presenti, il 99,99% dei virus e il 99,9% dei parassiti (inclusi Giardia e Cryptosporidium).

Ultrafiltrazione (UF)

L'Ultrafiltrazione funziona sostanzialmente come la microfiltrazione e si distingue da questa per le dimensioni notevolmente più piccole dei pori.

I soluti sono ritenuti dal filtro sulla base del peso molecolare, mentre la maggior parte dei sali liquidi e disciolti è in grado di attraversarlo. Il processo di filtrazione è guidato da un certo gradiente di pressione che agisce attraverso la membrana, detta pressione transmembrana. Le membrane per l'ultrafiltrazione sono progettate generalmente per la concentrazione e la separazione di miscele proteiche complesse.



Osmosi inversa e Nanofiltrazione (RO / NF)

L'Osmosi inversa (RO) e la Nanofiltrazione (NF) sono processi di separazione delle molecole con peso molecolare molto basso (tipicamente <1.500 dalton).

Queste membrane si basano principalmente sulla separazione attraverso le dimensioni molto ridotte dei pori e alla carica delle particelle.

A differenza delle membrane UF, **le membrane RO e NF trattengono la maggior parte dei sali**. In particolare le membrane NF sono una classe di membrane RO che permettono il passaggio di sali monovalenti ma conservano sali polivalenti e soluti non carichi (>400 dalton).

Le membrane a osmosi inversa (RO) hanno delle dimensioni dei pori ridottissime ($<0,001$ micron) e sono progettate per separare gli ioni uno dall'altro.

L'osmosi è un processo fisico spontaneo, vale a dire senza apporto esterno di energia, che tende a diluire la soluzione più concentrata e a ridurre la differenza di concentrazione.

La differenza di pressione osmotica muove le molecole di solvente dalla soluzione avente concentrazione di soluto minore (ipotonica) verso la soluzione con concentrazione di soluto maggiore (ipertonica), fino a quando le concentrazioni di soluto nelle due soluzioni diventano identiche (isotoniche) e i due potenziali chimici si equivalgono.

La RO utilizza la pressione idraulica per opporsi e superare la pressione osmotica della soluzione acquosa di alimentazione per produrre acqua purificata. Quindi, nella RO la pressione applicata è la stessa forza motrice utilizzata per il trasporto di massa attraverso la membrana.

Forward Osmosis

La Forward Osmosis (FO) è un processo naturale guidato dalla differenza di pressione osmotica attraverso una membrana semipermeabile; infatti una membrana selettivamente permeabile permette il passaggio dell'acqua, ma respinge molecole di soluto o gli ioni.

La rinnovata attenzione per i processi di filtrazione osmotica deriva sia dall'opportunità di ridurre il consumo di energia nel trattamento delle acque reflue, nella depurazione e dissalazione di acqua di mare, sia dalla possibilità di produrre energia elettrica.

Dal 1960 sono, infatti, allo studio i sistemi di Pressure-retarded osmosis (PRO), per la produzione di energia elettrica (Aaberg , 2003).

Il PRO utilizza la differenza di pressione osmotica tra l'acqua di mare e l'acqua fresca convertendo la pressione osmotica dell'acqua marina in una pressione idrostatica che può essere utilizzata per produrre elettricità.

La Forward Osmosis (FO) sfrutta il processo di osmosi in cui un solvente, attraversando una membrana semi permeabile, fluisce da una regione a bassa pressione osmotica verso una zona a pressione osmotica maggiore.

Nello specifico **l'acqua da depurare o dissalare passa in modo naturale attraverso la membrana verso una soluzione ad alta concentrazione**. La soluzione più concentrata viene quindi trasportata ad un separatore in cui il soluto viene eliminato attraverso un processo termico.

E' possibile quindi estrarre acqua pura, mentre il soluto viene reintrodotto nella miscela separata per cominciare nuovamente il processo.

Il sistema di FO è molto promettente per la dissalazione dell'acqua di mare oltre che per il trattamento di depurazione delle acque reflue, in quanto riduce notevolmente i consumi energetici rispetto alla RO.

I principali vantaggi della FO sono le basse o nulle pressioni idrauliche, l'alta selezione di una vasta gamma di contaminanti e una minor tendenza alle incrostazioni della membrana (Holloway, 2005).

Poiché la sola pressione coinvolta nel processo FO è data dalla resistenza al flusso nel modulo a membrana (qualche bar), il materiale utilizzato non deve avere particolari caratteristiche

meccaniche e il supporto della membrana è un problema minore.

L'uso della FO per la depurazione delle acque è vario e flessibile. Sono state sviluppate delle borse d'idratazione per le situazioni di emergenza in cui l'acqua potabile sia scarsa o non disponibile. Le hydration bags sono attualmente una delle poche applicazioni commerciali della FO.

Anche se più lente di altri dispositivi di depurazione delle acque, le FO hydration bags non richiedono energia e funzionano anche con acque molto torbide.

L'elevata selettività della membrana FO assicura una buona separazione dai microrganismi, dalla maggior parte delle macromolecole e degli ioni.

In queste borse è presente, una soluzione "guida" (draw solution) commestibile (es, uno zucchero o bevande in polvere) contenuta all'interno di un sacchetto realizzato con membrana semipermeabile. In seguito all'immersione della borsa in una soluzione acquosa, a causa della differenza di pressione osmotica l'acqua si diffonde nel sacchetto diluendo lentamente la draw solution inizialmente solida. Alla fine del processo di estrazione, la soluzione diluita può essere consumata come bevanda dolce contenente sostanze nutritive e minerali.

Aquaporine

Una degli ambiti più promettenti per la filtrazione riguarda la progettazione di nuove membrane.

Oltre alle già sperimentate membrane in nanotubi di carbonio sono in fase di sperimentazione nuove membrane organiche che imitano i flussi attraverso le superfici delle cellule.

Questo processo biologico avviene grazie alle Aquaporine, una famiglia di proteine che organizzandosi in micro tubi consentono il passaggio di acqua.

L'obiettivo è quindi quello di costruire una membrana a cui applicare all'estremità a contatto con l'acqua da depurare una carica elettrica che eviterebbe il passaggio delle particelle da eliminare.



www.aquaporin.dk

Adsorbimento con carboni attivi

Questa tipologia di filtri contiene carbone attivato di origine vegetale o minerale, che riesce ad adsorbire le particelle contenute nell'acqua tra cui inquinanti chimici (**sali e ioni in generale**), **pesticidi e solventi industriali, cloro** etc.

Ha tuttavia uno **scarso effetto sui batteri, sui nitrati e i nitriti**.

Per evitare la proliferazione batterica in alcuni casi i filtri a carboni attivi vengono addizionati con un composto a base di argento con proprietà battericide.

Nello specifico la filtrazione utilizza una forma di carbone attivo con ampia area superficiale che adsorbe molti composti, tra cui vari elementi tossici.

I filtri a carboni attivi non sono normalmente usati come tecniche di depurazione principale, ma piuttosto come trattamento secondario per complementare un'altra tecnica di purificazione.

DISINFEZIONE

La disinfezione ha come principale obiettivo quello di **ridurre sensibilmente il numero di microrganismi presenti nell'acqua** sia durante un processo di potabilizzazione che di depurazione. La disinfezione può essere realizzata combinando processi di separazione meccanica, chimico-fisica o biologica dei microrganismi con processi chimici e fisico-chimici d'inattivazione e uccisione dei microrganismi stessi.

L'efficacia del processo d'inattivazione è notevolmente influenzata dalla tecnica utilizzata, dalle condizioni d'impiego (temperatura, ph, tempo di contatto, caratteristiche dell'acqua da trattare, etc.) e dai microrganismi verso i quali si vuole agire.

In natura il sistema di lagunaggio assolve in maniera efficace alla funzione di disinfezione delle acque per effetto dei lunghi tempi di ritenzione e dell'azione battericida dei raggi solari.

L'eliminazione dei microrganismi avviene a vari gradi durante tutte le fasi di trattamento delle acque, dalla grigliatura grossolana, alla

sedimentazione semplice, ai trattamenti a fanghi attivi fino alla disinfezione.

Quest'ultima operazione, a differenza dei trattamenti primari e secondari, ha la capacità di rimuovere la quasi totalità dei microrganismi.

I trattamenti di filtrazione, ad esempio, sono efficaci per la rimozione dei batteri e dei protozoi (es. *Cryptosporidium* e *Giardia lamblia*), ma, a parte quelli più spinti (es. osmosi inversa e nano filtrazione), non riescono a trattenere i virus che hanno spesso dimensioni inferiori a quelle dei pori.

Per questo motivo si rende spesso necessaria una disinfezione specifica dopo la filtrazione.

La grigliatura grossolana riesce a trattenere fino al 5% dei batteri, mentre quella fine dal 10% al 20%; la sedimentazione semplice può eliminare dal 25% al 50% della carica batterica, mentre i filtri percolatori riescono a raggiungere un'efficienza di separazione anche del 90%-95%. I fanghi attivi a basso carico possono arrivare a un 90%-99% mentre la disinfezione arriva all'eliminazione del 99,99% (4 log di riduzione) di batteri a seconda del dosaggio e del tempo di contatto (Masotti, 2005).

L'abbattimento dei microrganismi è correlato alla dose del disinfettante, sia che venga utilizzato un agente disinfettante (concentrazione applicata per tempo di contatto), sia che si tratti di radiazione UV (intensità di radiazione per tempo di contatto).

Gli agenti disinfettanti agiscono principalmente mediante la distruzione della struttura cellulare oppure interferendo nei processi metabolici, tramite azione sulla sintesi o direttamente sugli enzimi cellulari prodotti all'interno della cellula.

Il sistema di disinfezione più diffuso è quello che fa impiego di agenti chimici come il cloro e i suoi derivati, tuttavia la pericolosità causata dalla possibile produzione di sottoprodotti di disinfezione ne ha ridotto l'uso a favore di altri sistemi, come ad esempio le radiazioni UV.

Ebollizione

L'ebollizione costituisce un metodo efficace per la potabilizzazione dell'acqua in situazioni in cui è necessario trattare piccole quantità senza avere disposizione altri sistemi filtranti.

Attraverso l'ebollizione, la maggior parte dei batteri e degli organismi patogeni presenti nell'acqua (es. *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*) viene uccisa.

Un gran numero di microrganismi, infatti, non resiste alle alte temperature; generalmente ad una temperatura dell'acqua sopra i 70 °C gli agenti patogeni vengono uccisi entro 30 minuti, sopra gli 85 °C entro pochi minuti e, alla temperatura di ebollizione (100 °C), è possibile eliminare la quasi totalità degli organismi patogeni pressoché istantaneamente.

Tuttavia per raggiungere efficienze maggiori di purificazione dagli agenti patogeni è necessario raggiungere temperature di ebollizione più elevate aumentando la pressione.

Il *Clostridium botulinum*, responsabile del botulismo, ad esempio, può essere eliminato a una temperatura di 118°C.

Tuttavia il processo di ebollizione elimina i gas disciolti e fa intorbidare l'acqua per la precipitazione di carbonato di calcio con conseguente alterazione del suo sapore e della sua digeribilità.

Distillazione

La distillazione comporta l'ebollizione dell'acqua in un apparecchio denominato "still" e quindi la sua ricondensa in un'unità di raffreddamento ("condensatore").

La distillazione è un metodo **efficace di purificazione o depurazione dell'acqua attraverso la separazione fisica di parte dei soluti che si distaccano dal vapore acqueo.**

Gli agenti inquinanti dissolti come i sali sono, infatti, lasciati nel contenitore d'ebollizione mentre il vapore acqueo fuoriesce.

Tale procedimento, tuttavia, non funziona con gli inquinanti volatili.

La purezza massima per tali still è solitamente 1,0 MWcm e, poiché non vi è protezione dall'anidride carbonica (CO₂) che si dissolve nel distillato, il pH è generalmente 4.5-5.0.



SOLAR BOTTLE
designer Alberto Meda, Francisco Gomez Paz

contenitore in PET trasparente per depurare acqua contaminata seguendo il sistema SODIS (Solar Water Disinfection)

Il metodo della distillazione risulta particolarmente utile laddove sia possibile sfruttare direttamente il calore dei raggi solari, come nel caso del sistema Watercone in cui l'acqua salata o grezza evapora mediante l'irraggiamento solare e viene quindi condensata sulla parete interna del cono e raccolta in un recipiente.

Sulla base dei livelli di evaporazione di 8,8 litri per metro quadrato (irraggiamento solare medio a Casablanca, Marocco), il Watercone (con un diametro alla base di 60 - 80 cm) è in grado di produrre da 1 a 1,7 litri di acqua di condensa al giorno (24 ore) .



UV

La radiazione ultravioletta, nel range di lunghezza d'onda variabile da 240 a 280 nm, è un efficace agente inattivante dei microrganismi. In particolare, a una lunghezza d'onda di 254 nm l'UV, distrugge i legami molecolari del DNA dei microrganismi rendendoli inoffensivi o impedendone la crescita e la riproduzione.

I microrganismi hanno una scarsa protezione dall'UV e non possono sopravvivere a un'esposizione prolungata.

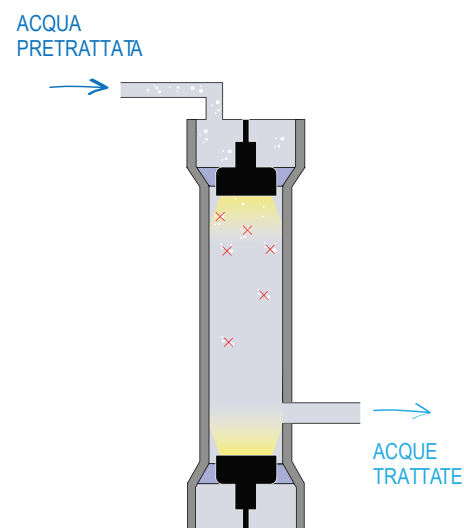
L'efficacia dell'azione germicida dipende da molti fattori tra cui la durata del tempo di esposizione, le variazioni di potenza della sorgente UV che influisce sulla lunghezza d'onda elettromagnetica, la presenza di particelle che possono proteggere i microrganismi dall'UV e la capacità dei microrganismi di resistere alla radiazione durante l'esposizione.

Le acque sottoposte a un trattamento UV devono presentare una

torbidità inferiore a 1 NTU che garantisca il passaggio in profondità della radiazione ultravioletta.

Le particelle sospese sono, infatti, un problema perché possono proteggere i microorganismi dalla luce UV. Un altro fattore chiave è la velocità di flusso: se il flusso è troppo veloce, l'acqua passerà attraverso senza la sufficiente esposizione ai raggi UV; se il flusso è troppo lento, il calore potrebbe accumularsi e danneggiare la lampada UV.

Tuttavia, il trattamento mediante raggi UV che non utilizza un principio attivo per l'inattivazione dei batteri, comporta la necessità di essere impiegato vicino al punto d'uso per evitare che ci sia una possibile nuova formazione di colonie batteriche a valle del trattamento



Fotocatalisi

Un'interessante tecnologia è costituita dalla fotocatalisi delle acque reflue che consiste in un processo di degradazione, principalmente di natura ossidativa, attuata da particolari "fotocatalizzatori" delle sostanze inquinanti e microbiche più diffuse nell'acqua. L'agente attivante delle reazioni può essere la luce solare o la luce artificiale. Le reazioni di fotodegradazione avvengono in presenza di semiconduttori nanodimensionati: i fotocatalizzatori più diffusi sono a base di biossido di titanio TiO_2 policristallino nella forma cristallina detta anatasio.

Il processo chimico che sta alla sua base è infatti una ossidazione che si avvia grazie all'azione combinata della luce (solare o artificiale) e dell'aria o acqua. I due elementi, a contatto con il rivestimento delle superfici, favoriscono infatti l'attivazione della reazione e la conseguente decomposizione delle sostanze organiche ed inorganiche, dei microbi, degli ossidi di azoto, del benzene, dell'anidride solforosa, del monossido di carbonio, della formaldeide, del metanolo, dell'etanolo.etc.

Le ampie capacità di disinfezione di acque di scarico mediante processi fotocatalitici è stata ampiamente dimostrata: irradiazioni di 30 minuti di acque contenenti elevate concentrazioni di coliformi hanno portato, in presenza di superfici fotocatalitiche di TiO_2 , alla completa inattivazione dei ceppi microbici (Chong, 2010).

RACCOLTA, TRATTAMENTO E STOCCAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

La raccolta delle acque meteoriche costituisce sicuramente una fonte molto importante e facilmente accessibile per le aree urbane e le abitazioni isolate.

Le acque meteoriche possono essere utilizzate per tutte quelle funzioni in cui è necessaria un'acqua non strettamente potabile come ad esempio per il lavaggio, per l'alimentazione delle cassette di risciacquo dei wc e per applicazioni esterne come l'irrigazione.

Le acque di pioggia, a seconda del grado di inquinamento e dell'attività a cui sono destinate, prima di essere stoccate in bacini superficiali e/o sotterranei oppure in cisterne, subiscono generalmente un trattamento primario (filtro a sabbia, fitodepurazione, etc.) per la rimozione dei materiali in sospensione.

Tuttavia la qualità delle acque meteoriche dipende fortemente dal territorio e quindi dalla presenza di attività industriali, traffico veicolare, etc.

Le principali tipologie d'inquinante che si possono trovare nelle acque meteoriche sono⁷:

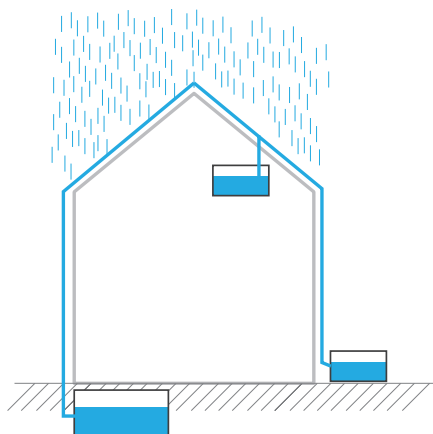
Le polveri: dovute principalmente alla vegetazione e al traffico veicolare, possono essere rimosse facilmente con una pulizia delle grondaie e un impianto di separazione delle prime piogge.

Batteri patogeni: rilasciati principalmente da deiezioni animali, possono essere rimossi con una pulizia dell'impianto, un apparato di separazione ed eventualmente un sistema di disinfezione (raggi UV), in casi in cui la concentrazione sia superiore ai limiti consentiti.

Metalli Pesanti: contenuti nelle polveri rilasciate principalmente da impianti industriali e di riscaldamento che causano il fenomeno delle piogge acide⁸, vengono eliminati attraverso successive fasi di

⁷ Water Quality of Rainwater Harvesting Systems, www.sopac.org

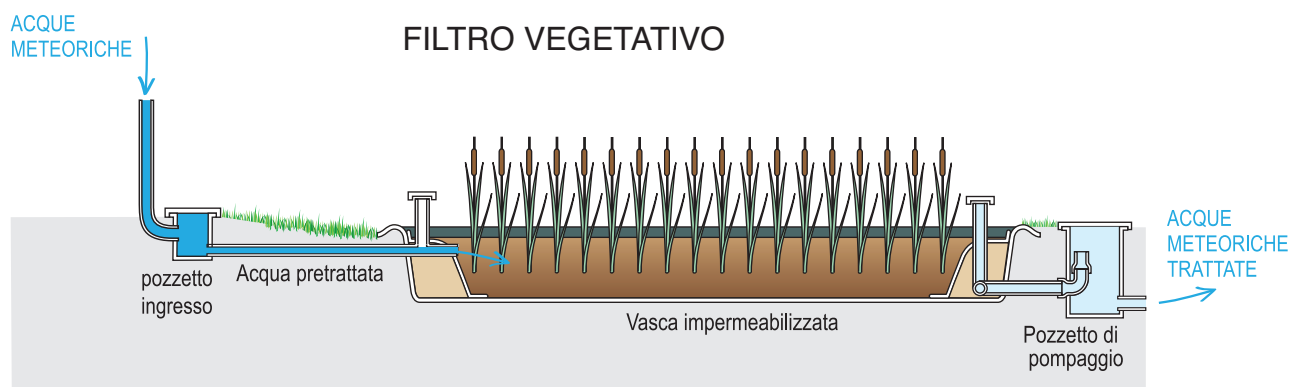
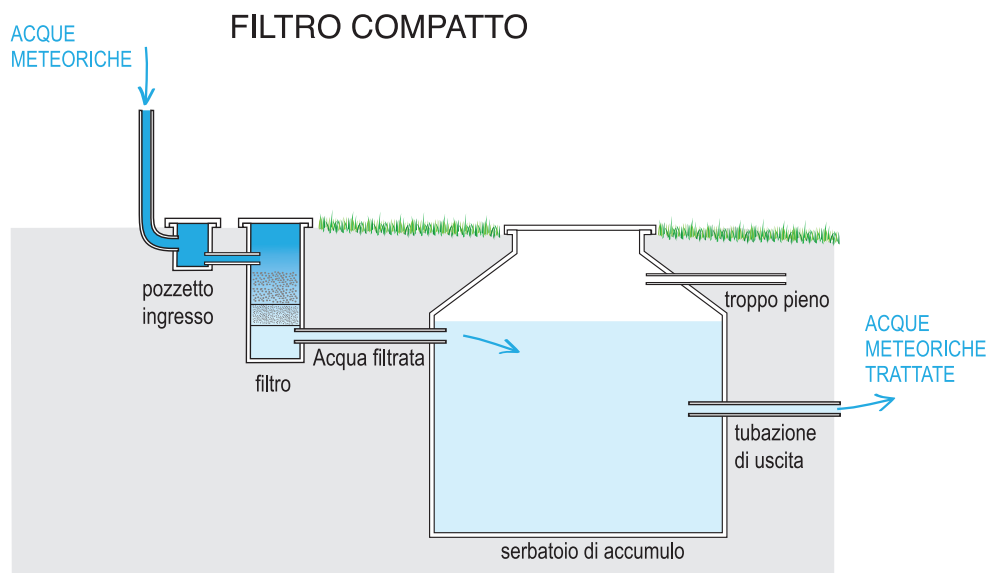
⁸ Una pioggia viene definita acida quando il suo pH è minore di 5 a causa di una composizione delle deposizioni acide umide data per circa il 70% da anidride solforica, che reagisce in acqua dando acido solforico. Il rimanente 30% risulta



filtrazione.

Larve e insetti: dovute alla deposizione di uova nelle grondaie o nel serbatoio di accumulo sono eliminate attraverso un'efficace protezione del serbatoio di accumulo.

Il trattamento delle acque meteoriche dai tetti può avvenire attraverso sistemi di filtrazione compatti come ad esempio filtri a tessuto e/o filtri autopulenti, oppure sistemi di filtrazione vegetati (rain garden). Il filtro compatto separa le particelle sospese dall'acqua meteorica e può essere installato direttamente nel pluviale, nel serbatoio oppure in una centralina di filtraggio.



principalmente costituito dagli ossidi di azoto

generalmente composti di vasche riempite con inerti di varia granulometria (sabbia e ghiaia) e piantumate con macrofite acquatiche scelte generalmente in base alle caratteristiche del territorio e in funzione della qualità dell'acqua da trattare.

Le acque meteoriche possono essere raccolte a livello di singola unità abitativa mediante cisterne posizionate direttamente a livello del tetto oppure a livello del suolo o interrate, a seconda delle disponibilità dell'abitazione e delle caratteristiche climatiche e territoriali.

Riutilizzo delle acque grigie

Le acque grigie costituiscono la quota maggiore delle acque reflue a livello domestico e sono caratterizzate da una modesta concentrazione d'inquinanti chimici e microbiologici.

Per questo motivo sono un'importante risorsa che può essere utilizzata sia per l'irrigazione degli spazi verdi e degli orti che per le acque di servizio all'interno della casa (WC, pulizia domestica, etc.).

Il riutilizzo delle acque grigie e la tipologia di trattamento da adottare per renderle utilizzabili a livello domestico e/o per l'irrigazione dipende fortemente dalla qualità degli input che vengono immessi a monte.

Generalmente, infatti, durante le attività che prevedono l'uso dell'acqua a livello domestico, si utilizzano saponi, detersivi e varie altre sostanze che andranno a caratterizzare la qualità delle acque grigie in output dai vari processi.

Per evitare di dover adottare trattamenti troppo invasivi in grado di abbattere le sostanze chimiche eventualmente contenute nei prodotti utilizzati, è necessario quindi usare detersivi adatti e biocompatibili.

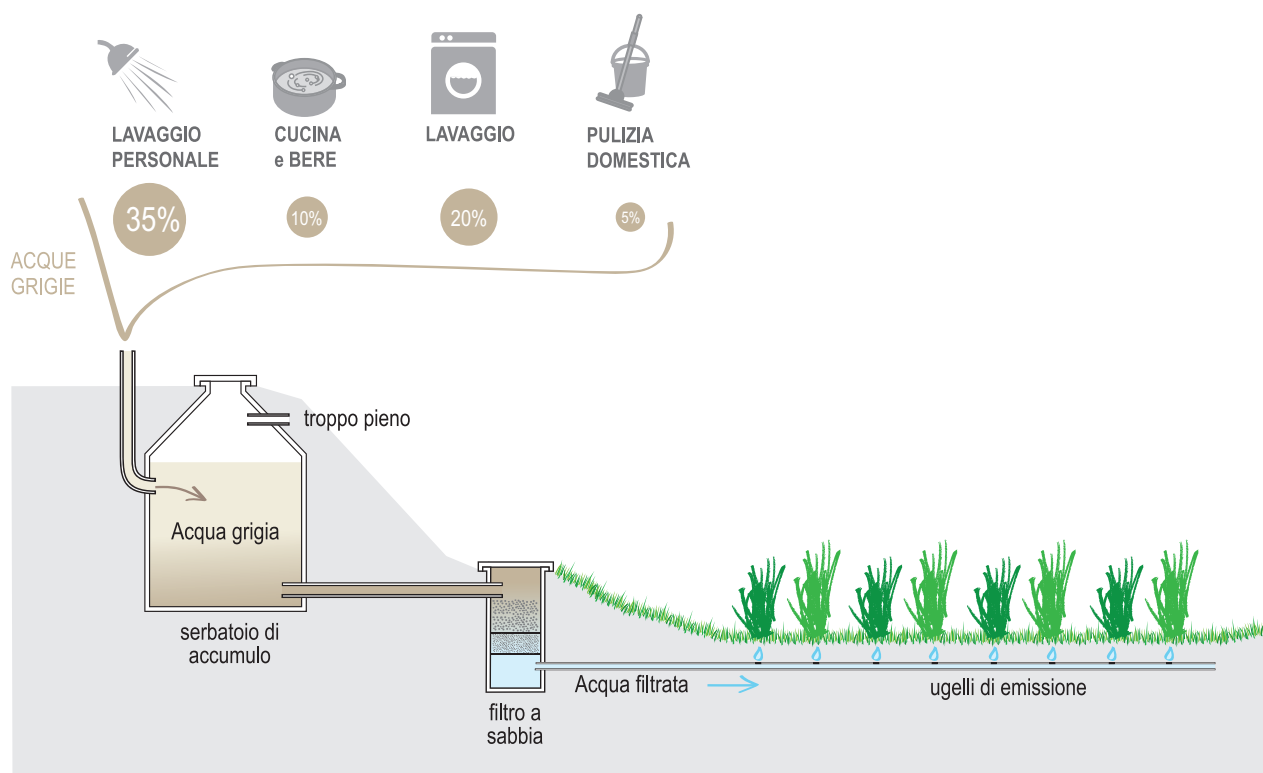
Sarà quindi opportuno evitare sbiancanti, prodotti per l'addolcimento dell'acqua, detersivi contenenti boro o cloro, ipoclorito di sodio (candeggina), etc.

Acque grigie per l'irrigazione

Nel caso in cui le acque grigie siano destinate all'irrigazione, il basso carico inquinante che le caratterizza consente di evitare l'adozione di trattamenti biologici, limitandosi a semplici trattamenti di filtrazione sufficienti per rispettare i livelli di qualità richiesti.

Le acque grigie destinate all'irrigazione sono quindi raccolte in un serbatoio di accumulo con volume pari alla produzione giornaliera, per evitare inconvenienti dovuti al ristagno dell'acqua.

Prima di poter essere utilizzata per l'irrigazione, l'acqua passa attraverso un sistema di filtrazione rapida, costituito generalmente da uno o più strati di materiale (sabbia e antracite), variamente supportati da un fondo drenante e attraversati normalmente dall'alto verso il basso.



Questo sistema funziona molto bene quando l'acqua è destinata a una subirrigazione a goccia e quindi non è a contatto diretto con le persone.

Uno schema più tradizionale, invece, prevede che le acque grigie siano trattate in una fossa settica e poi sottoposte a filtrazione lenta. In questo modo il carico organico è abbattuto in maniera più

Tipico sistema di riuso delle acque grigie domestiche per la subirrigazione, composto da un serbatoio di accumulo e da un filtro a sabbia rapido.

importante e le acque possono essere gestite anche per l'irrigazione superficiale.

La tipologia di trattamento è tuttavia fortemente connessa alla qualità delle acque da trattare e alle condizioni di riutilizzo.

Acque grigie in ambito domestico

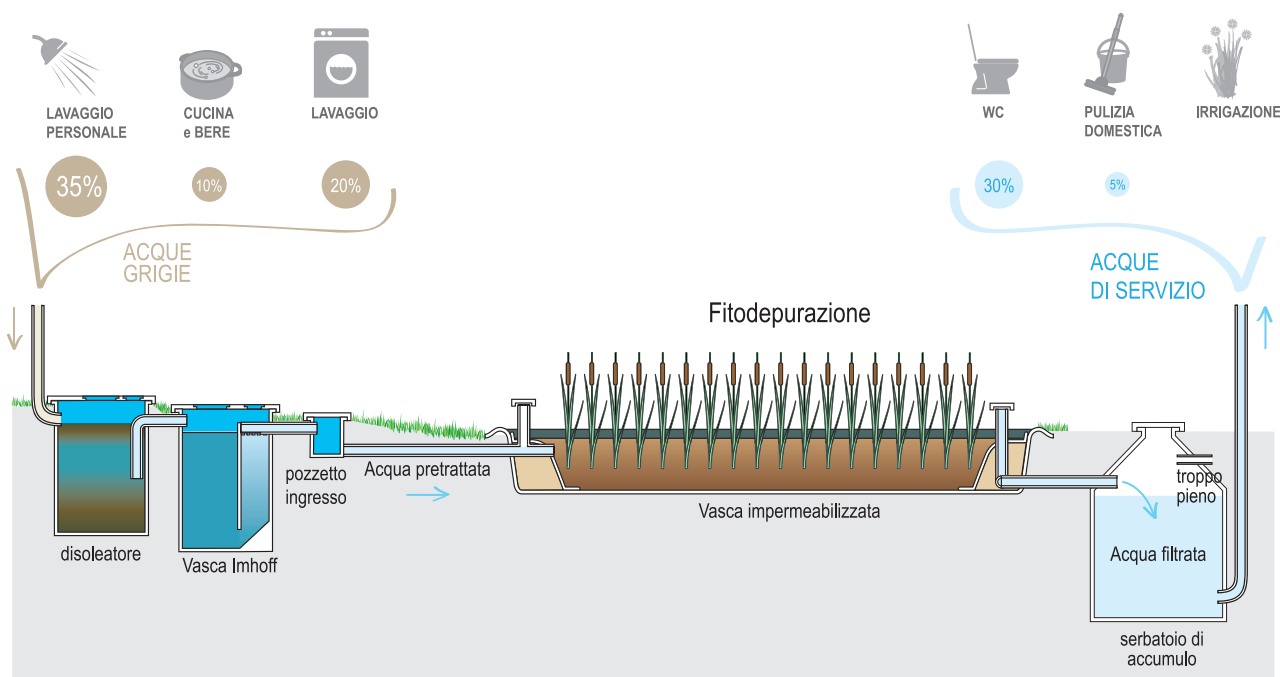
Il riutilizzo delle acque grigie costituisce un'importante fonte di acqua alternativa soprattutto per evitare di utilizzare acqua potabile laddove non sia strettamente necessario.

La sola alimentazione degli sciacquoni dei WC con acque di riciclo consente di ridurre di circa il 30% il fabbisogno idrico complessivo a livello domestico.

Nel caso in cui si decida di riutilizzare le acque grigie a livello domestico è necessario abbattere la carica batterica che le rende igienicamente pericolose.

Dal punto di vista igienico, infatti, può risultare rischioso riutilizzare le acque grigie dopo una semplice filtrazione rapida, senza prevedere alcun trattamento per la rimozione dei microrganismi.

I processi biologici previsti in questo caso vanno dalla fitodepurazione (preceduta da un trattamento con fossa settica) ai trattamenti a



fanghi attivi (comprese le soluzioni MBR), ai filtri percolatori, etc. A volte si rende necessaria una disinfezione mediante radiazione ultravioletta (UV).

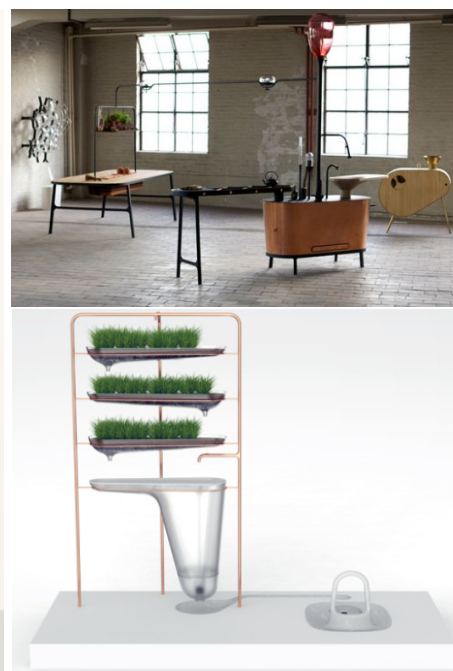
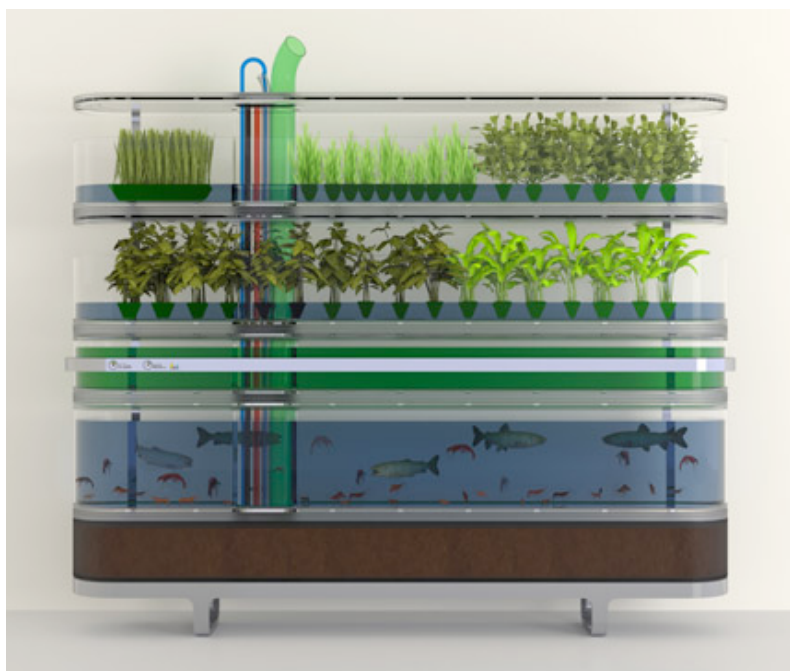
Alternativamente è possibile adottare un sistema di ultrafiltrazione preceduto da una filtrazione grossolana, che consente di trattenere le macromolecole solubili e ogni sostanza di dimensioni superiori al taglio molecolare della membrana (corpi solidi, batteri e virus), mentre lascia passare le molecole di solvente, gli ioni e le molecole di dimensioni inferiori.

Generalmente si predilige riutilizzare le acque grigie libere da carichi organici rilevanti (come wc e scarichi della cucina) e destinarle come acque di servizio per alimentare gli sciacquoni, per la pulizia dell'edificio, nelle reti antincendio o per innaffiare le piante.

Il riutilizzo delle acque grigie a livello domestico comporta generalmente la necessità di una **rete separata di alimentazione**, una per l'acqua potabile e una per il recupero delle acque grigie di cui è consigliabile prevedere l'eventuale riutilizzo con i sistemi tradizionali già in fase di progettazione del sistema casa,.

Philips Probe e Microbial Home

Il concetto di "Casa Microbica" by Philips Design adotta un approccio sistemico alle attività domestiche, mettendo in comunicazione i vari devices in un sistema ciclico di input e di output che minimizza gli sprechi.



Dry toilet e WC separato

Tutti i WC che separano urina e feci si basano sullo stesso principio: l'urina cade nella parte anteriore e le feci in quella posteriore.

Alcuni funzionano a secco, altri usano il flusso dell'acqua.

Questo sistema di separazione è molto datato, infatti era già presente in un'antica planimetria della città di Shibam (Yemen IV-V secolo a.C.) situata nel deserto di Ramlat al-Sab'atayn.

La distribuzione di piazze, strade e vicoli ciechi era pensata per permettere la raccolta di rifiuti organici umani da usare come concime.

Ogni abitazione era dotata di gabinetti che scaricavano all'esterno differenziando le urine dalle feci che, mediante condotti in facciata, venivano raccolte in ceste dove essiccavano rapidamente per via del clima caldo e secco, per poi essere usate nei campi come fertilizzanti.

La separazione tra rifiuti solidi e liquidi era fatta già in casa grazie alla struttura del gabinetto, a doppio comparto, in cui quello anteriore raccoglieva i liquidi mentre quello posteriore i solidi.

Flusso delle urine

In entrambi i casi (bagni separatori a secco e con acqua) le urine sono convogliate in tubi separatori per poi finire in cisterne sotterranee dove il terreno le tiene al fresco e non permette all'ammoniaca contenuta di evaporare e di creare pericolose esalazioni.

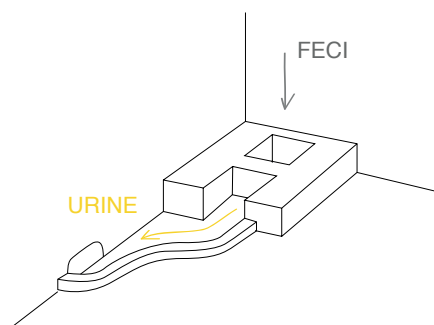
Si deve tenere presente che l'urina viene eliminata dal WC utilizzando poca acqua, solitamente 0.1-0.2 litri per sciacquata.

Può infine essere utilizzata come **fonte d'irrigazione** ma è necessario che rimanga nella cisterna per almeno sei mesi prima di essere utilizzata.

L'urina possiede inoltre un **alto contenuto di potassio**, minerale molto importante per il terreno, le cui quantità si impoveriscono nel giro di 10-15 anni, rendendo i campi sterili alle coltivazioni.

Flusso delle feci

Le feci di un bagno separatore a secco sono contenute in sacchi di plastica. La presenza di un ambiente anaerobico elimina i cattivi odori mentre la mancanza di acqua e di urine permette a questi scarti di subire un processo di essiccamento.



Gabinetto con flussi separati della città di Shibam (Yemen IV-V secolo a.C.)

URINA

pH = 6 (compreso tra 4,4 e 8)

500 - 2.500 ml/ ab d

liquido atossico e sterile

1 litro di urina

acqua (960 g)

urea (20-25 g)

cloruro di sodio (10-16 g)

azoto (10-15 g)

sodio

urobilina

ammoniaca

acido urico

acido ippurico

acido solforico

acido fosforico

acido cloridrico

potassio

calcio

magnesio

creatinina

FERTILIZZANTE
AZOTATO

Una volta secchi, i residui si devono trattare per eliminare i virus o con il calcare o con la cenere oppure creando del vermi compost in cui i virus sono metabolizzati dai vermi.

I bagni separatori con acqua sono forniti di uno speciale dispositivo chiamato “Aquatron Separator” il quale separa le feci dalla carta e dall’acqua di scarico ed è normalmente posizionato sotto le fondamenta dell’abitazione.

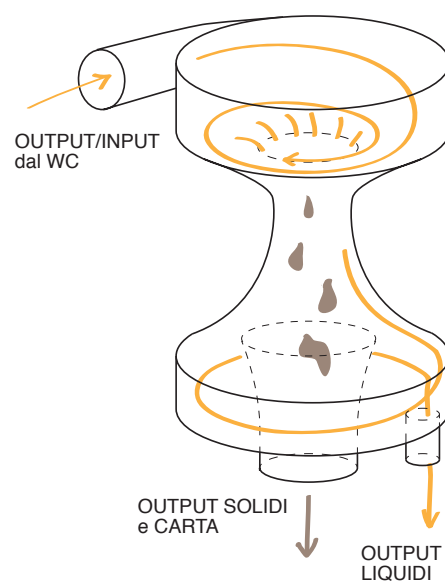
Il sistema Aquatron serve per dividere l’acqua e i residui solidi a priori, prima del filtraggio.

Grazie alla forza centrifuga e all’attrito superficiale, l’acqua rimane nella parte esterna e i residui solidi cadono al centro.

Si eliminano i virus dall’acqua con i raggi UV e per trattare le feci si utilizzano i vermi.

Feci e carta finiscono in uno speciale contenitore dove decompongono.

Una ventola, collegata al decompositore, tiene il gabinetto sempre ventilato e libero da qualsiasi odore.



Sistema Aquatron Separator

Ricapitolando, le urine sono convogliate in una cisterna mentre le feci in un contenitore di decomposizione.

Le urine vengono successivamente trasferite in una fossa settica.

Le acque di scarico sono invece ripulite da virus e batteri attraverso un trattamento a raggi ultravioletti.

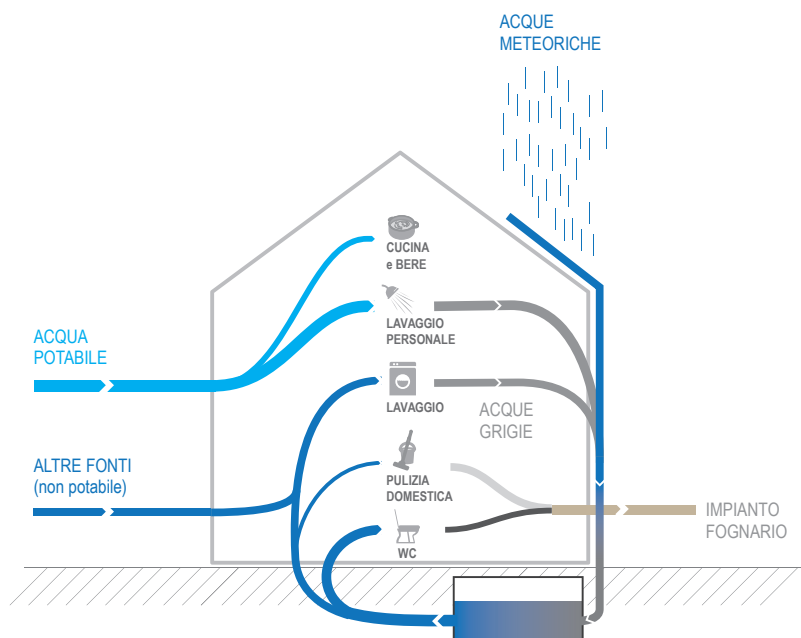
L’acqua così depurata può finire anch’essa nella fossa settica o essere dispersa nel terreno tramite infiltrazione.

IPOTESI DI SOLUZIONE TRANSITORIA

E’ opportuno introdurre, all’interno della visione transitoria, il concetto di rete duale, ovvero di un sistema idrico in cui la consueta condotta dedicata all’erogazione dell’acqua potabile viene affiancata da una seconda tubatura nella quale circola acqua non potabile proveniente da pozzi, bacini idrici o da processi di riutilizzo della rete fognaria.

Le tubazioni di scarico sono inoltre separate con l’obiettivo di differenziare le differenti qualità di acque reflue (grigie, nere e bianche), (Schuetze, 2007).

Di seguito si schematizza il concetto di rete duale in cui le acque di servizio, cioè quelle non destinate direttamente al consumo umano, possono provenire da fonti alternative alla rete acquedottistica o dal riciclo delle acque grigie.



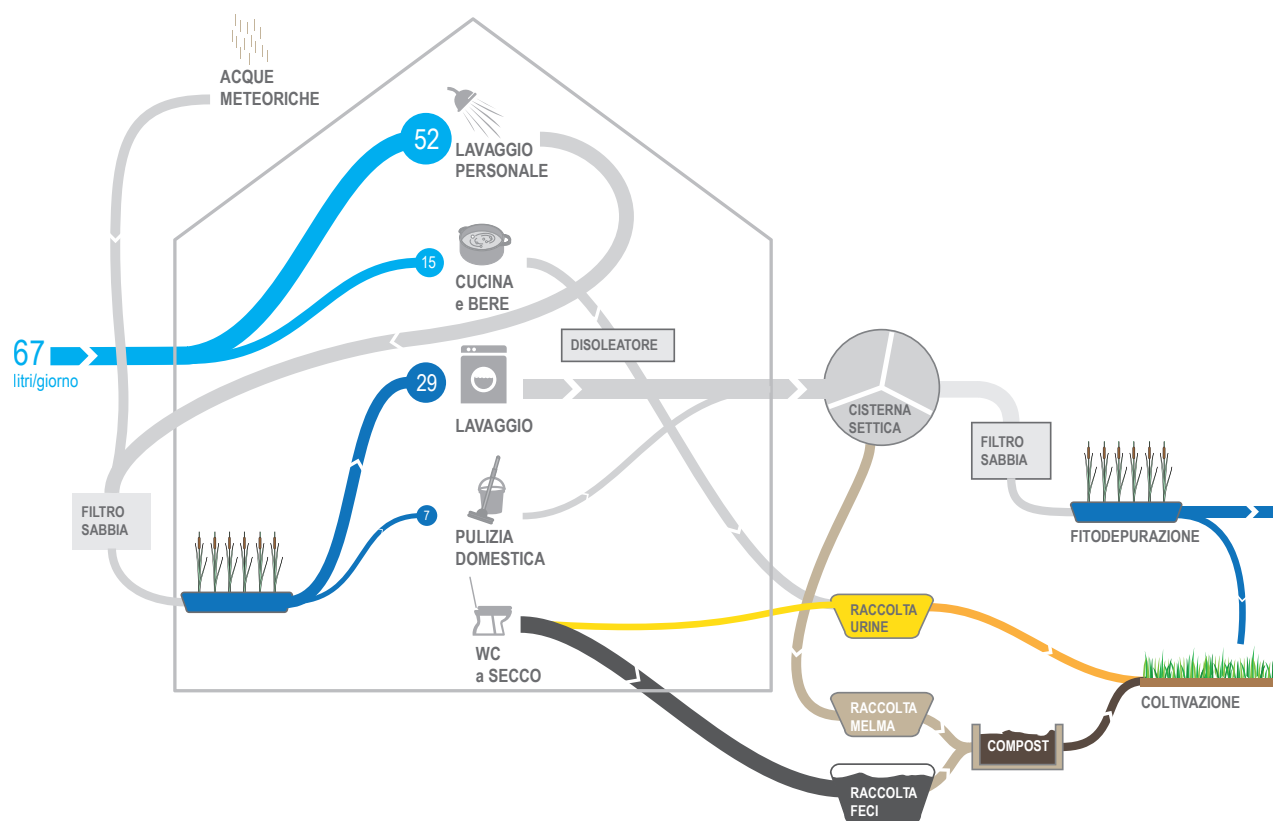
Seguendo le buone pratiche per ridurre il consumo generale di acqua nel sistema casa, con particolare attenzione a quella potabile, si può a questo punto schematizzare una soluzione transitoria, basata sui dati della situazione attuale, che incorpori alcune soluzioni analizzate nei casi studio e quindi in grado di ridurre il fabbisogno idrico dalla rete acquedottistica di oltre il 50%.

Come riportato in figura si ipotizza sia un sistema di recupero delle acque meteoriche che delle acque grigie.

Attraverso una filtrazione rapida e una fitodepurazione, le acque meteoriche insieme alle acque per la pulizia personale vengono indirizzate al lavaggio (lavastoviglie e lavatrice) e alla pulizia domestica.

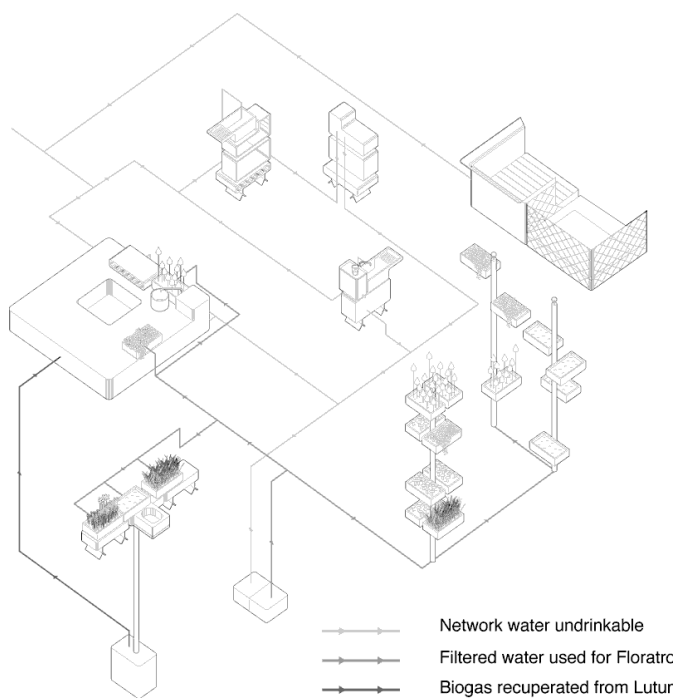
Le acque grigie in uscita dalle varie attività domestiche sono quindi indirizzate a un trattamento biologico (es. fossa settica) e quindi riutilizzate per l'irrigazione dell'orto/giardino.

Allo stesso tempo, si è ipotizzato l'uso di un WC a secco in grado di separare le feci dalle urine che, attraverso trattamenti separati e specifici, saranno usate come nutrienti per l'orto/giardino.



reHOUSE

Sistema casa in cui sono integrati trattamenti naturali per il riutilizzo delle acque grigie e il risparmio energetico. Il progetto reHOUSE costituisce un esempio interessante di sistema transitorio per un utilizzo sostenibile della risorsa idrica a livello domestico. E' stato realizzato in collaborazione tra l'Ecole cantonale d'art de Lausanne (ECAL), HEAA/HES-SO e Jomini & Zimmermann architects.



VISIONE SISTEMICA

“L’acqua è la materia della vita. E’ matrice, madre e mezzo. Non esiste vita senza acqua.” Albert Szent-Gyorgyi

La Ricerca di Dottorato, avviata con la volontà di valorizzare le qualità dell’acqua per le diverse funzioni a cui è destinata in ambiente domestico, si confronta con un elemento dalle caratteristiche stupefacenti.

Le recenti teorie sul comportamento e sulle proprietà dell’acqua analizzate durante il percorso di ricerca permettono, infatti, di ipotizzare una serie di notevoli innovazioni sui sistemi di trattamento e utilizzo delle acque, dall’ambiente domestico, all’ambito medico, alle attività produttive e agricole.

L’acqua costituisce la metafora di un modo di intendere la natura, in cui tutti gli elementi e gli esseri sono collegati in una griglia continua di simboli e di dipendenze, l’esempio fisico di un processo di uso continuo delle risorse senza scarti e sprechi, un modello esemplare di dinamiche produttive e di gestione ambientale basate sulla sostenibilità (Laureano, 2001)

Da queste considerazioni nasce quella che viene qui definita come “Visione Sistemica” ovvero, un approccio olistico al trattamento e alla gestione dell’acqua che scaturisce da una profonda osservazione dell’acqua e del suo comportamento.

Come emerso dalla fase sperimentale è possibile adottare delle tecnologie di trattamento dell’acqua che lascino **spazio alla creatività dell’acqua stessa di auto organizzarsi e auto depurarsi spontaneamente a pressione e temperatura ambiente.**

E’ questo un cambio di prospettiva radicale, in cui il progettista si mette a disposizione dell’acqua favorendone l’esprimersi delle proprie qualità.

Questo approccio apre a scenari innovativi in cui è l’acqua stessa a disegnare i flussi e i trattamenti più congegnali allo svolgere delle proprie attività all’interno della casa.

Compito del progettista è quindi quello di agevolare il fluire dell'acqua e favorire la sua naturale organizzazione.

Si recupera in questo modo il rapporto che ha l'acqua con l'ambiente naturale, un rapporto d'interdipendenza, come ad esempio avviene nel letto dei torrenti in cui è l'acqua a disegnare il percorso e a sua volta il letto e le rocce stesse consentono all'acqua di muoversi in maniera ritmica preservando la sua qualità.

La capacità creativa dell'acqua si è vista essere una delle caratteristiche fondamentali per la generazione delle forme naturali, dalle cellule alle sovrastrutture organiche che sembrano avere come intrappolato il movimento archetipico dell'acqua.

Com'è possibile trasferire queste conoscenze su un livello più pragmatico di trattamento e utilizzo dell'acqua a livello domestico?

Il Sistema Casa viene qui trattato come un "organismo" in cui avvengono determinate azioni legate al vivere quotidiano, l'acqua fluisce all'interno suo interno rigenerandosi e modificandosi in base alle qualità specifiche che deve avere per ogni singola attività.



Idealmente il nuovo sistema casa utilizza l'acqua del territorio e quindi si adatta all'ambiente in cui "vive" instaurando una stretta connessione con le risorse locali.

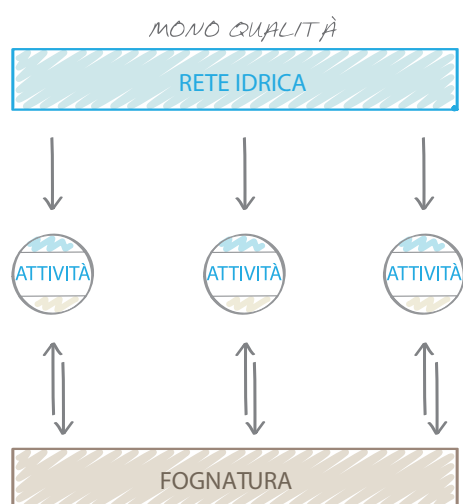
In base alle risorse idriche disponibili e alla loro qualità svolge azioni specifiche caratterizzando il vivere domestico.

Le acque “grigie” provenienti dalle varie attività vengono qui riutilizzate per nuove attività attraverso trattamenti di tipo fisico e biologico funzionali alla sua rigenerazione.

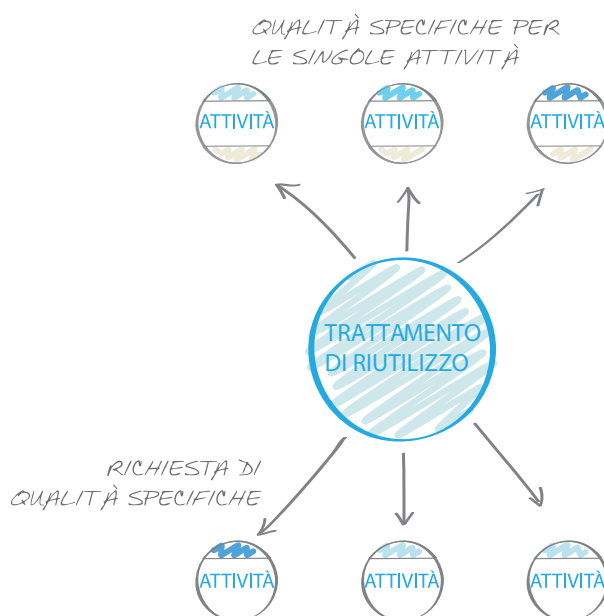
La qualità richiesta all’acqua in uscita dai vari processi influenza quindi il tipo di trattamento e il processo stesso.

L’acqua è il soggetto principale che detta le regole e influenza i processi e i trattamenti con cui viene utilizzata e riutilizzata all’interno del sistema casa.

SITUAZIONE ATTUALE



SIONE SISTEMICA



L’acqua in uscita avrà in questo caso una qualità differente dall’acqua in ingresso, ma non inferiore. L’obiettivo è, infatti, quello di valorizzare le proprietà specifiche dell’acqua per le singole attività e al tempo stesso dare la possibilità all’acqua di rigenerarsi attraverso un movimento libero e ritmico.

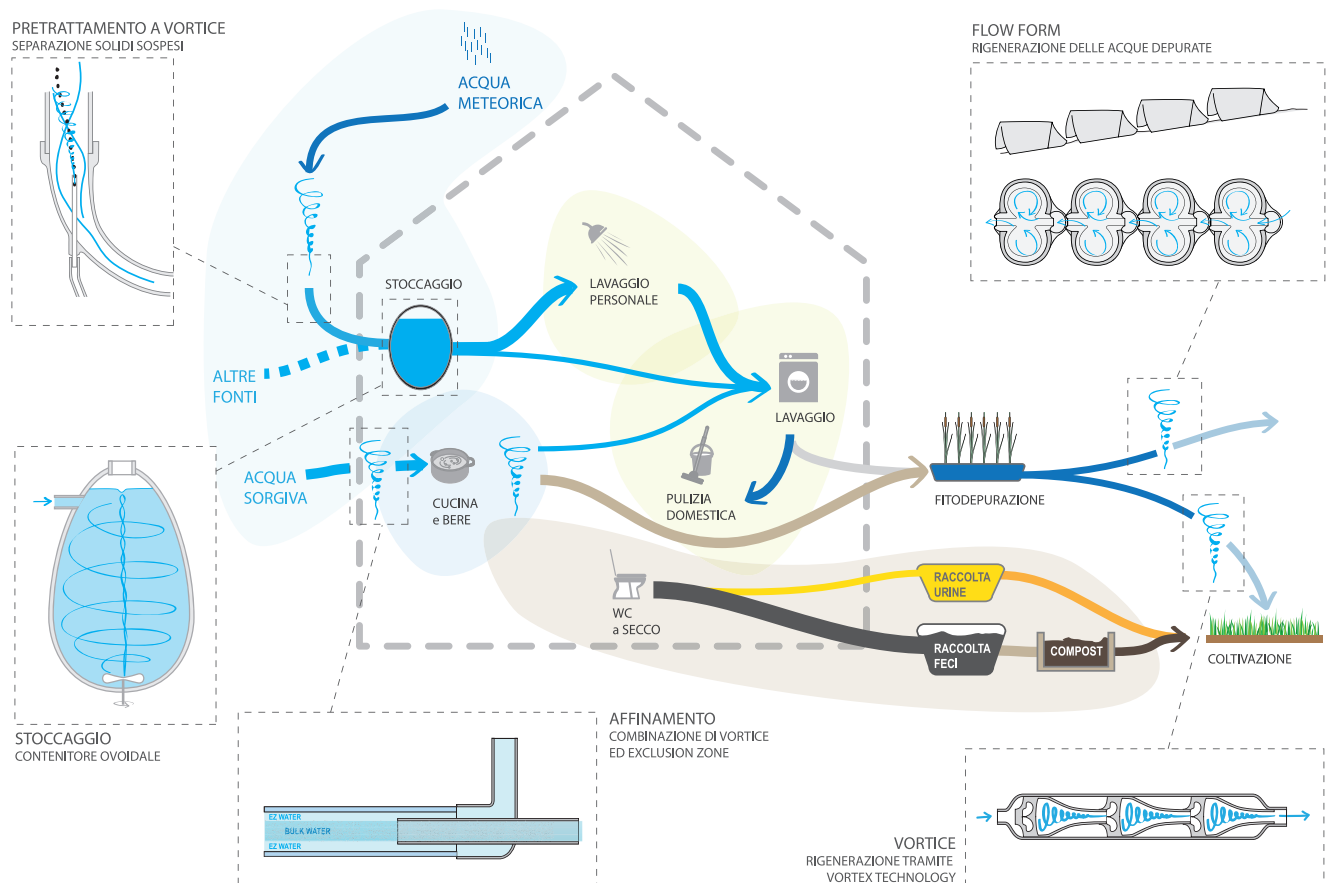
Questa tesi di Dottorato pone quindi le basi per la progettazione dei flussi di acqua all’interno del Sistema Casa individuando alcune tecnologie atte a favorire l’autodepurazione e l’autorganizzazione

dell'acqua stessa.

Tuttavia, non si approfondiscono qui le applicazioni pratiche che saranno sviluppate a livello progettuale nelle situazioni specifiche, ma ci si limita ad ipotizzare in via schematica alcuni possibili campi applicativi della vortex technology e della purificazione mediante il fenomeno dell'Exclusion Zone.

Di seguito si propone un possibile schema del Sistema Casa concepito come un sistema organico in cui l'acqua ha la capacità di disegnare i propri flussi.

VISIONE SISTEMICA



CASI STUDIO

Durante la fase di ricerca sono stati visitati e analizzati alcuni casi studio di particolare interesse come riportato di seguito.

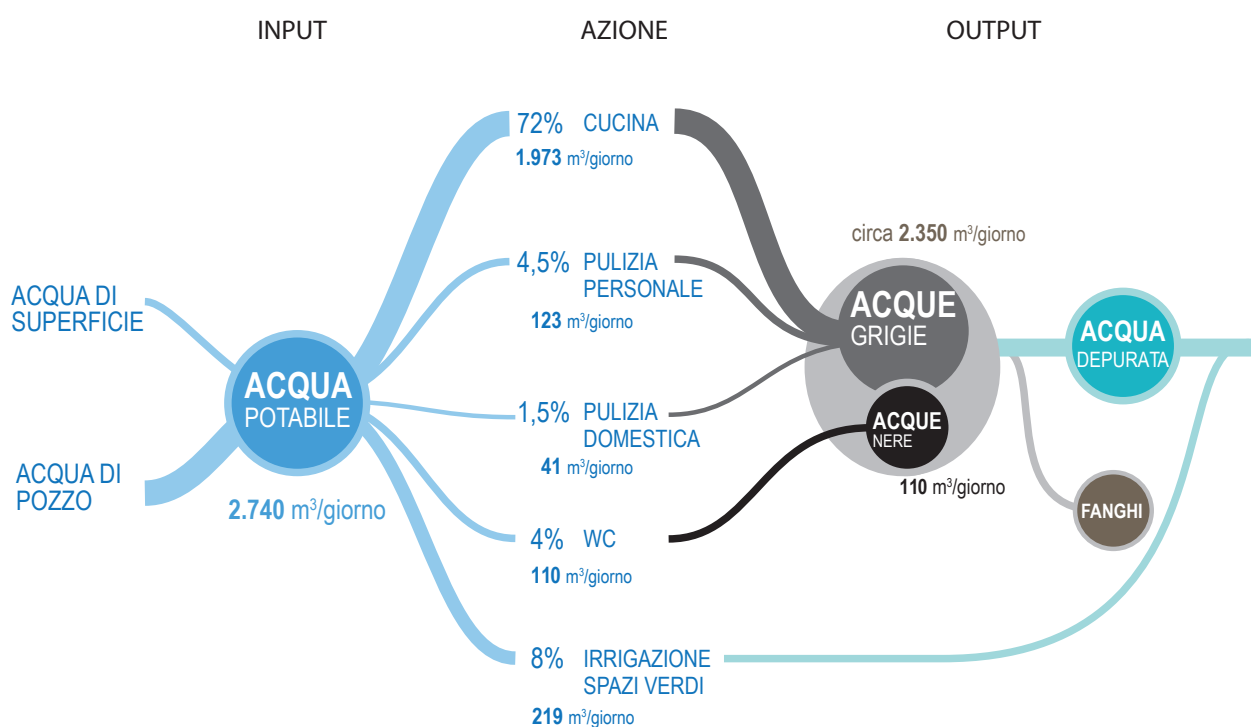
APPROCCIO SISTEMICO ALLA CASA CIRCONDARIALE LORUSSO COTUGNO

Si descrive brevemente l'applicazione dell'approccio sistemico alla "Casa Circondariale Lorusso e Cotugno" di Torino sviluppato dal Gruppo di Ricerca di Sistemi Aperti durante l'anno accademico 2010-2011. In particolare si descrive brevemente lo schema che descrive la situazione attuale del sistema acque individuato grazie al rilievo olistico e la proposta di riprogettazione dei flussi di acqua in chiave sistemica.

Situazione attuale

Durante il Rilievo Olistico è stata elaborata una "fotografia" dell'attuale flusso dell'acqua all'interno del Carcere "Casa Circondariale Lorusso e Cotugno" di Torino.

Sistema acque attuale della "Casa Circondariale Lorusso e Cotugno" di Torino

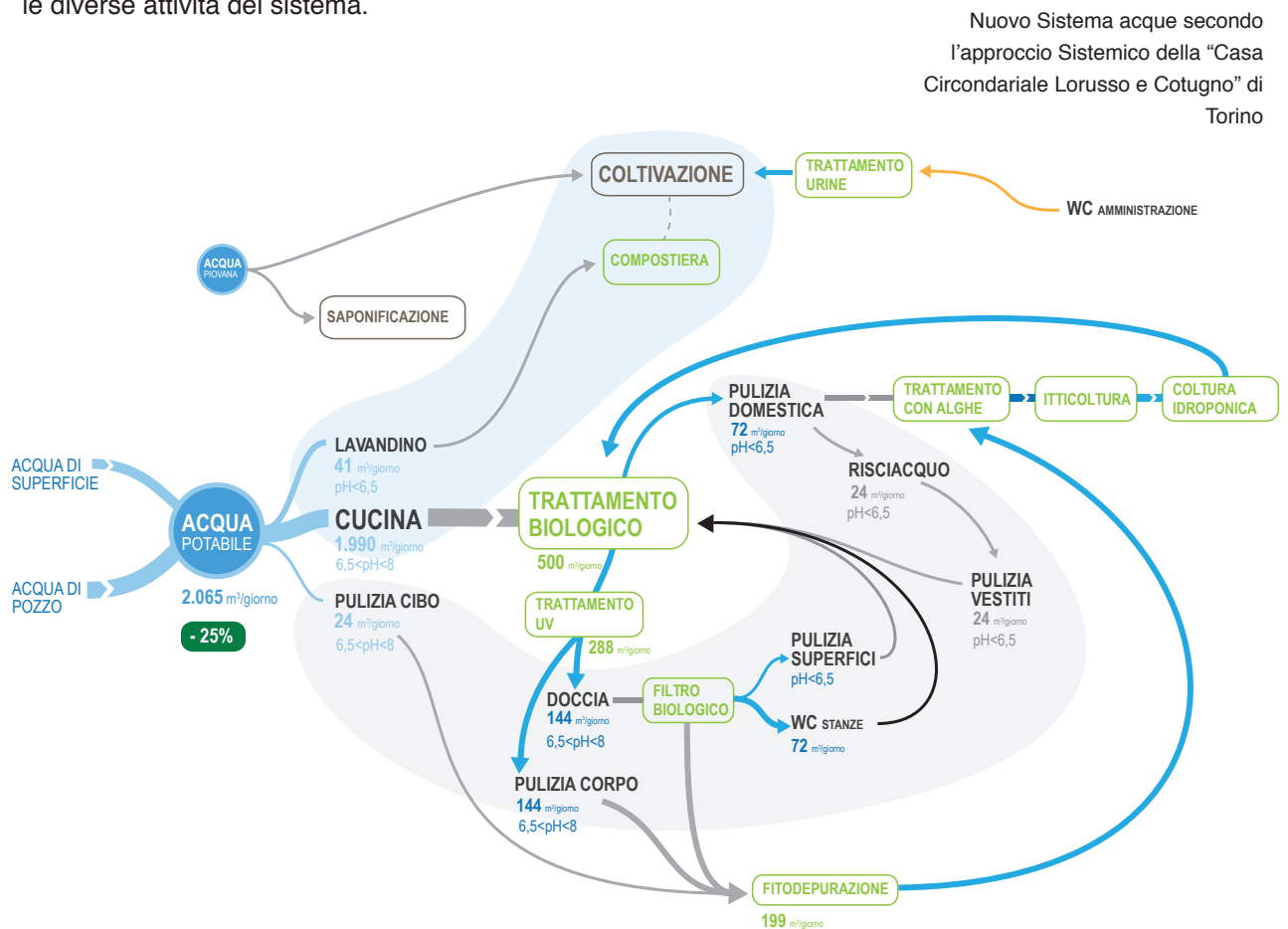


Come evidenziato graficamente il consumo di acqua potabile è di circa 2.700 m³ al giorno destinati principalmente alle operazioni di preparazione del cibo e delle bevande (72,4%). Le acque reflue, che siano esse “grigie” o “nere” vengono convogliate nel sistema fognario.

Visione Sistemica

Il progetto Elaborato durante il Corso di Studi in Sistemi Aperti, prevede una riduzione dell'acqua potabile utilizzata all'interno del Carcere “Casa Circondariale Lorusso e Cotugno” di Torino introducendo dei trattamenti fisico/biologici in grado di recuperare le acque grigie e nere riutilizzabili per operazioni in cui non è strettamente necessaria una qualità di acqua “potabile”.

Sono state identificate in questo modo differenti qualità dell'acqua a seconda della funzione che essa deve svolgere all'interno del sistema progettando a priori il flusso che questa seguirà attraverso le diverse attività del sistema.



La qualità dell'acqua di output dipende fortemente dalla qualità di acqua di input e dalla funzione che questa svolgerà e dalle altre sostanze con cui verrà in contatto (detergenti, residui organici, etc.). Progettando in quest'ottica è possibile valorizzare le diverse qualità dell'acqua attraverso l'intero flusso del sistema.

ANDERS NYQUIST

Di seguito si riporta l'analisi condotta sulle teorie e sulle applicazioni dell'Architetto svedese Anders Nyquist che abbraccia l'approccio Sistemico utilizzato in quest'attività di Ricerca.

Il caso studio è tuttavia inserito in questa sezione in quanto, nonostante l'approccio sistemico con cui viene trattato il sistema casa, le soluzioni adottate rientrano in una situazione ancora transitoria che non prevede un approccio specifico alle qualità complessive dell'acqua trattate in questa tesi.

Nyquist ha intrapreso, infatti, da diversi anni la strada dell'architettura sostenibile, sviluppando concetti riassumibili con termini quali "Green Building" and "Green Planning".

La visione sistemica lo porta a progettare eco-abitazioni come unità abitative di piccoli villaggi a livello locale e ipotizzare l'urbanizzazione di città sostenibili, integrate con il territorio, in una prospettiva globale.

Dal Pensiero Lineare al Pensiero Circolare

Per comprendere i progetti di Anders Nyquist è necessario soffermarsi sulla filosofia che li ha concepiti.

E' opportuno, infatti, approfondire la distinzione tra pensiero lineare e pensiero circolare che caratterizza il suo pensiero progettuale, come parte di un approccio di Design Sistemico.

Si riporta di seguito un breve sunto del pensiero di Anders Nyquist rispetto alla sua concezione di città ecologica e alle linee guida per raggiungere un sistema urbano integrato con l'ambiente.

Il pensiero lineare ha la sua origine nella società industrializzata e dispone di un sistema a larga scala.

E' l'intera comunità che deve gestire gli scarti di produzione e, per

spiegare le incongruenze e le problematiche della città concepita in maniera lineare, Nyquist sceglie come metro di paragone il formicaio.

Esso, infatti, sfrutta solo l'energia fornitagli dal sole, dalla fotosintesi e dalla vita biologica e non produce rifiuti, mentre gli output prodotti dalle singole formiche sono parte per l'inizio di una nuova vita.

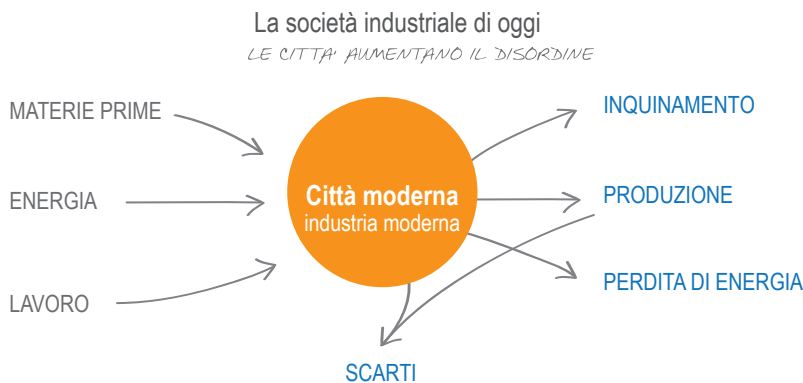
Il sistema attuale invece preleva una gran quantità di risorse dal territorio, le trasforma e le consuma, generando degli scarti lungo tutta la filiera.

PRODUZIONE → **CONSUMO** → **SCARTO**

Le città moderne, a differenza dei formicai, non sono autosufficienti e, per sopravvivere, hanno bisogno di un continuo rifornimento di energia, acqua, e materie prime.

Nyquist arriva a definire la città come una “bomba ecologica” dannosa per l'ambiente perché produce una grande quantità di gas dannosi per lo strato di ozono che non permettono all'ecosistema di convertire l'energia solare in biomassa.

Le fogne inquinano le falde acquifere con batteri, virus, polveri di metallo e materiali organici.



Nyquist analizza quelli che secondo lui sono i principali problemi dell'attuale sistema sociale riferito in particolare all'ambito cittadino. A questo proposito fa notare come i consumi di energia aumentino senza che si trovino adeguate soluzioni alla sostituzione di combustibili fossili.

Inoltre le città sono sviluppate in modo che casa, lavoro e tempo libero siano distanti, favorendo l'uso di automobili, alimentate da combustibili fossili, e di mezzi pubblici.

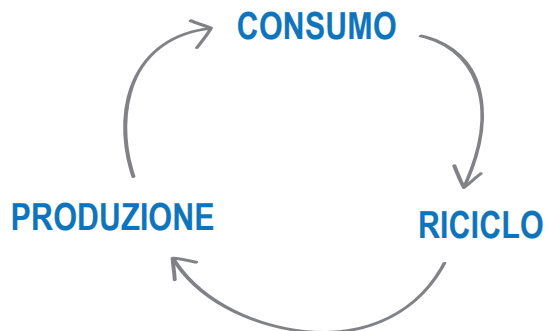
Le persone non vengono educate a capire come usare in modo più efficiente le case e le città, c'è una scarsa attenzione al risparmio energetico e alla raccolta differenziata. I metodi di costruzione e ristrutturazione delle case sono datati e poco efficienti, basati unicamente sulla politica dell'abbattimento dei costi.

La teoria di crescita basata sul PIL non coincide con i principi fondamentali dell'ecologia. Vi è una scarsa conoscenza sulla consistenza e sulla provenienza del cibo che mangiamo.

Gli abitanti hanno poca influenza nella progettazione di case, città e paesi e ci sono poche occasioni di incontro per condividere le proprie conoscenze personali.

Il pensiero circolare e la città intesa in tal senso traggono ispirazione dall'osservazione del funzionamento del formicaio, la cui esistenza ed efficienza si basano sull'energia solare, sulla fotosintesi e sulla vita biologica.

E' un sistema su piccola scala, gli abitanti si prendono cura degli output e li riutilizzano in nuove attività.

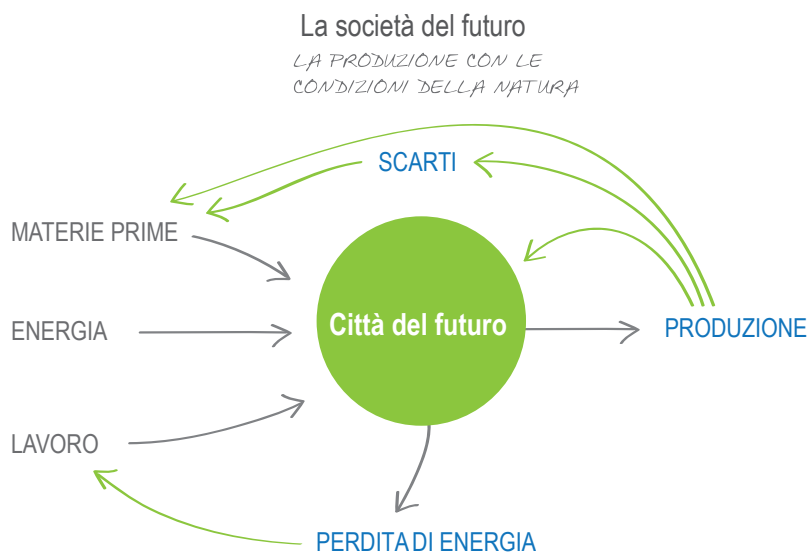


Secondo Nyquist, politica ed architetti dovrebbero iniziare da subito a pianificare insieme in modo da riuscire a bilanciare esigenze umane con esigenze ambientali, favorendo così la biodiversità.

Il modello dello sviluppo delle nuove città proposto da Nyquist può essere esteso ad un modello di Società Sostenibile.

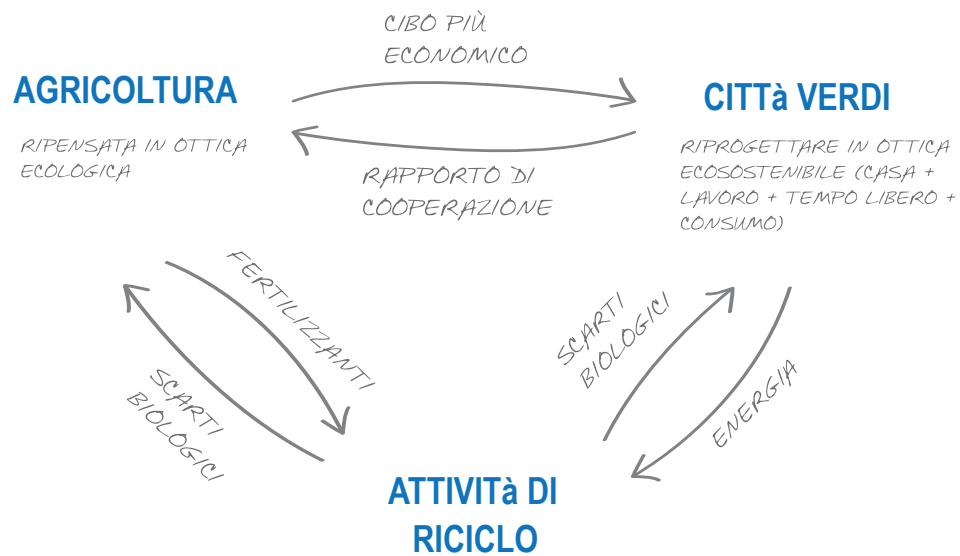
La città dovrà interagire con le aree rurali circostanti. Le grandi compagnie di distribuzione devono acquistare nei mercati locali. E' necessario ridurre la dipendenza energetica e dal petrolio rendendo più efficienti gli edifici e i servizi; cambiare il sistema dei trasporti per favorire l'utilizzo della bicicletta e dei mezzi pubblici.

I piani strategici dovrebbero essere ponderati valutando i benefici sul lungo periodo e coinvolgendo direttamente la cittadinanza attraverso una progettazione partecipata, che metta in condivisione le conoscenze dei cittadini per migliorare l'ambiente in cui vivono e conseguentemente il benessere generale.



Nyquist ipotizza quindi una società urbana del futuro in cui il reddito derivato dall'agricoltura servirà come attrattiva verso potenziali investitori e gli abitanti avranno la possibilità di acquistare gli alimenti a prezzi più economici.

Gli scarti potranno essere utilizzati per produrre energia o come cibo per l'allevamento; diminuirà l'energia utilizzata nei trasporti e in agricoltura e le acque reflue saranno trattate con sistemi naturali (fitodepurazione, living-machine, etc.) per essere riutilizzate.



Le case private

Il lavoro di Nyquist, come anticipato, è stato scelto come caso studio sia per l'interessante approccio metodologico conforme all'orientamento del Design Sistemico qui adottato, che per l'analisi del sistema casa da lui progettato e applicato a differenti ambiti: dall'unità abitativa singola, ai locali commerciali, agli edifici scolastici, etc.

Si fa qui riferimento, in maniera specifica, alla singola unità abitativa e in particolare alla sua abitazione privata, progettata e costruita in accordo con i principi dell'approccio circolare in cui i flussi di energia, acqua, aria e materiali sono trattati e reimmessi nell'ambiente limitando gli sprechi e gli scarti.

Il progetto dell'eco-casa è stato realizzato dall'architetto svedese con l'intento di dimostrare all'opinione pubblica come sia possibile vivere in modo eco-sostenibile, grazie all'utilizzo di tecniche costruttive semplici ed economiche.

Questo progetto riguarda, infatti, la realizzazione dell'abitazione personale di Nyquist e rappresenta l'esternalizzazione fisica del suo approccio progettuale.

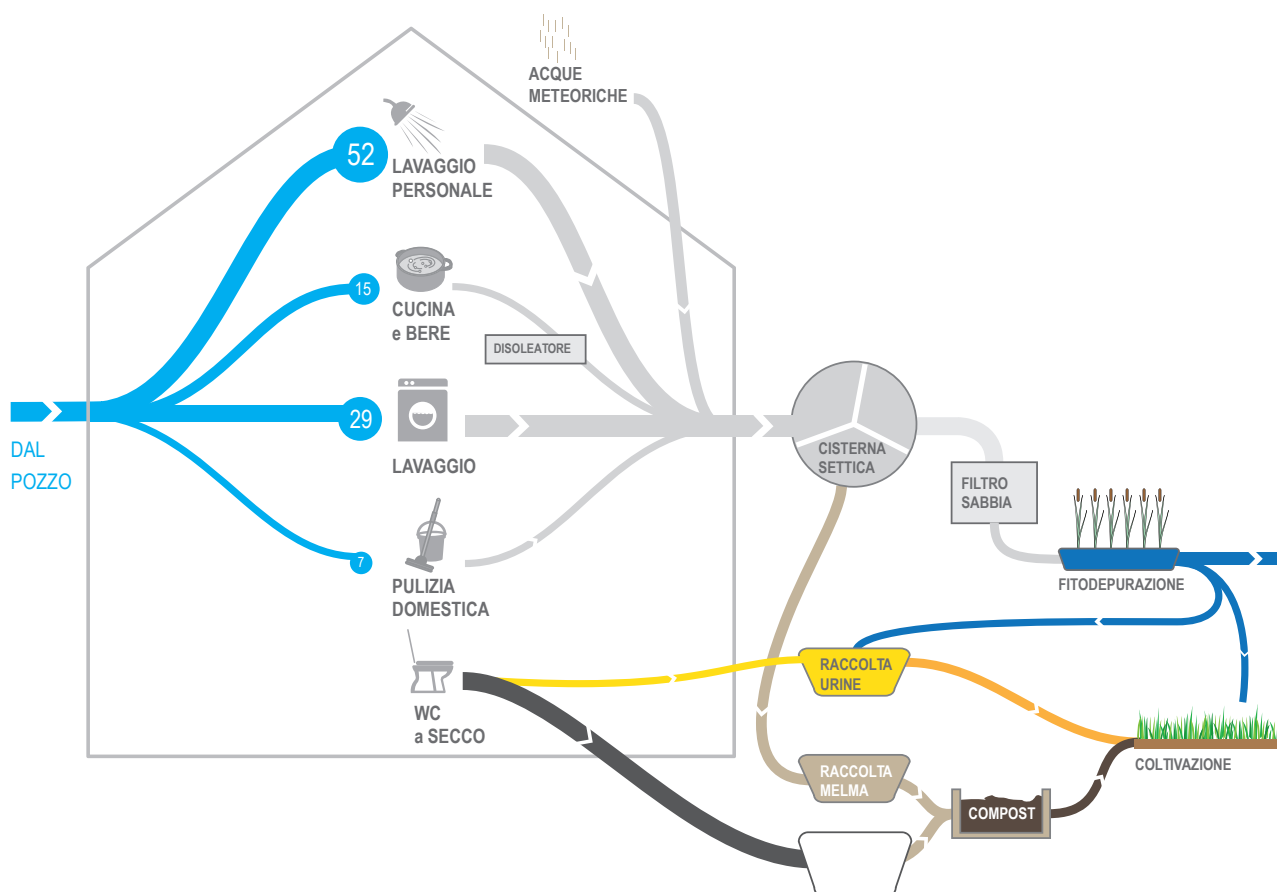
La casa è protetta per tre lati da terrapieni che favoriscono la coibentazione, mentre il tetto verde viene utilizzato anche come

orto.

Questa soluzione è stata scelta perché la temperatura sotto terra non scende mai sotto i 5° anche durante l'inverno e, di conseguenza, l'aria all'interno dell'abitazione deve essere riscaldata solamente di 15°-18° per essere portata alla temperatura ottimale.

La presenza della neve durante l'inverno migliora ulteriormente l'isolamento termico. In estate, al contrario, l'ambiente si mantiene fresco. L'abitazione si estende per 125 mq e consuma 1/5 dell'energia di un'abitazione tradizionale.

Il sistema di ventilazione all'interno della casa è garantito da un camino solare e distribuito nei locali per mezzo di grandi ventole. Lasciando la casa disabitata in inverno per due settimane senza il riscaldamento acceso, la temperatura interna rimarrà costante a 10°, anche se fuori ci sono - 20°.



Un contributo ulteriore all'aumento della temperatura interna viene fornito dal calore prodotto dall'energia solare in modo passivo e dal camino a legna ad alta efficienza. Per garantire l'acqua calda viene utilizzato un boiler riscaldato grazie ai pannelli solari che forniscono alla famiglia energia sufficiente per avere acqua calda 6 mesi all'anno.

Il flusso idrico all'interno della casa è gestito in modo da trattare le acque grigie e le acque meteoriche mediante filtrazione rapida e fitodepurazione, per un loro riutilizzo nell'irrigazione dell'orto. L'abitazione è inoltre dotata di dry-toilet con la possibilità di separare le urine dalle feci.

Le urine sono re-immesse, diluite con 10 parti di acqua ed usate come fertilizzante mentre le feci diventano concime trasformato dai vermi che producono il terriccio.

Un essere umano annualmente produce circa 6 Kg di idrogeno, 1 Kg di fosforo e 1 kg di potassio che rappresentano gli stessi fertilizzanti di cui hanno bisogno 500 m di terreno coltivabile nel Nord Europa.

ACQUEDOTTO di GIUBIASCO

Il caso studio analizzato riguarda il trattamento di prelievo e potabilizzazione dell'acqua dell'acquedotto del Comune di Giubiasco.

Giubiasco è un paese di circa 8500 abitanti situato tra le montagne del Canton Ticino Svizzero.

Nei primi anni novanta sono state rimesse in esercizio alcune sorgenti situate all'ingresso della valle Morobbia, andando in questo modo ad aumentare il prelievo idrico sul territorio affidato in parte ad acqua di falda.

L'acqua delle sorgenti ha una buona qualità per il consumo umano. Per precauzione viene sottoposta ad un trattamento di disinfezione mediante raggi UV.

L'acqua potabile distribuita attraverso la rete di Giubiasco soddisfa i requisiti di potabilità in base a quanto stabilito dall'Ordinanza

federale sulle derrate alimentari.

L'ingegner Tiziano Paolini si è occupato di gestire l'impianto di prelievo dell'acqua di sorgente del suo accumulo a valle e della distribuzione attraverso la rete idrica.

L'acqua di ciascuna sorgente (circa 30) viene incanalata in un pozzetto in cemento armato con tubo filtrante in acciaio inox e quindi sottoposta a sterilizzazione mediante raggi UV.

A questo punto l'acqua potabile viene indirizzata attraverso una condotta forzata al bacino di accumulo.

Prima delle due camere del bacino di accumulo è posta una turbina con la quale viene prodotta energia elettrica.

L'ingegner Paolini ha osservato, attraverso un'analisi cristallografica dell'acqua, la modificazione della struttura molecolare dell'acqua prima e dopo il passaggio nella turbina.

E' stato quindi installato un sistema di Flow Form composto da 2 batterie di 5 vasche ciascuna in uscita dalla turbina e prima del bacino di accumulo e dell'immissione nella rete idrica.

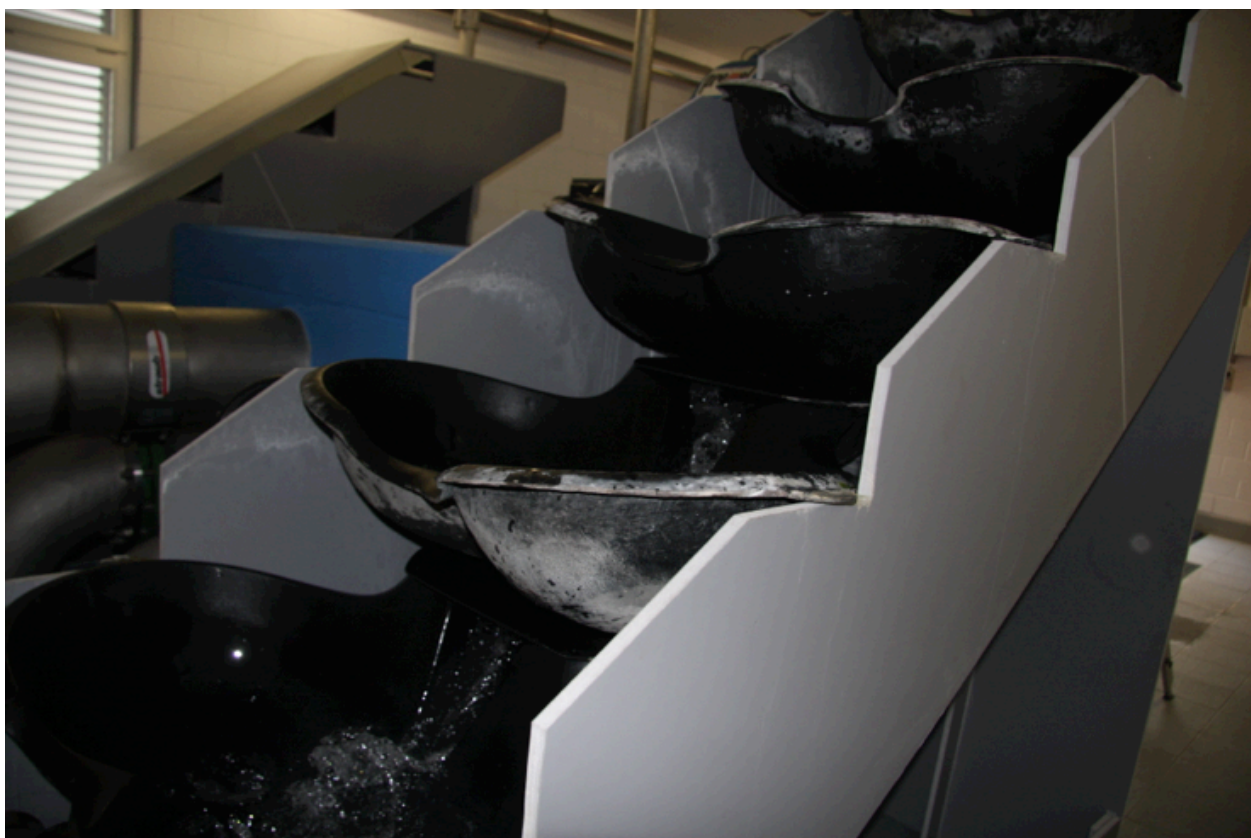
Le vasche sono oscurate da un pannello che evita quindi l'eventuale proliferazione di alghe.

Grazie al movimento creato da queste vasche, l'acqua riassume una struttura più naturale simile a quella all'uscita della sorgente. L'analisi cristallografica compiuta con la tecnica sviluppata da Masaru Emoto restituisce infatti un'immagine del cristallo molto simile a quello dell'acqua in uscita dalla sorgente (Paolini, 2012).

L'acqua del Comune di Giubiasco è ritenuta una delle acque più buone dai punti di vista qualitativo di tutto il Canton Ticino.

Analisi cristallografica eseguita su campioni di acqua prelevati alla fonte, dopo il passaggio nella turbina e dopo il passaggio nelle vasche Flow Form.





Sistema di Flow Form composto da 2 batterie di 5 vasche ciascuna in uscita dalla turbina

Si riportano di seguito le conclusioni riportate sul sito ufficiale della società di gestione delle acque del comune svizzero:

Le raffigurazioni qui rappresentate denominate “analisi cristallografiche” sono la fotografia dei cristalli di acqua ripresi alla sommità di ogni singola goccia d’acqua gelata posta sotto il microscopio.

La difficoltà di questo tipo di analisi consiste nel cogliere l’apparire di questo cristallo tenendo conto delle dimensioni in cui si opera che

sono nell’ordine dei millesimi di millimetro.

La sua forma ne determina la qualità dell’acqua, se essa è simmetrica con forme definite riconducibili all’esagono è indice di buona qualità, se al contrario non è reperibile nessuna forma geometrica significa che l’acqua è di cattiva qualità.

Per qualità, in quest’ambito della ricerca sperimentale, si intende un’acqua che ha mantenuto inalterato la sua “vitalità” un’acqua cioè che ha mantenuto il contatto con la sua fonte di origine. Interventi come il condizionamento in condotte in pressione, lo stoccaggio in serbatoi, il ristagno in camerette ma soprattutto il trattamento chimico o fisico ne alterano la qualità.

Sono aspetti emergenti non riconducibili per il momento a nessuna Legge o normativa in vigore, ma non per questo però non devono essere considerati, l’obiettivo è sempre quello di migliorare la qualità dell’acqua distribuita all’utenza, nuovi aspetti come quello rappresentato ne costituiscono un prezioso contributo.

Il beneficio economico-ambientale raggiunto con la posa delle turbine per il recupero energetico, si è però contrapposto nel tempo ad una perdita di “vitalità” dell’acqua. L’efficacia di tale trattamento è resa evidente dalle tre fotografie riportate in questa pagina: dove la prima risulta essere la fotografia del cristallo d’acqua della sorgente, la seconda del cristallo d’acqua all’uscita dalla microturbina (il cristallo si presenta rotto) e infine il cristallo dell’acqua dopo essere passato attraverso le vasche (in essa si intravede il tentativo di ripristino come alla situazione originale).

CENTRALI IDROELETTRICHE A VORTICE

Una delle applicazioni delle teorie sul vortice riguarda la produzione di energia elettrica sfruttando l'energia prodotta dal movimento vorticoso dell'acqua.

Questa innovativa tipologia di centrale elettrica è stata sperimentata per la prima volta nel 2009 a Schöffland, in Svizzera⁹.



Il suo funzionamento è diverso dalle tradizionali centrali elettriche fluviali. E' collocata in un bacino con un flusso centrale sopra del quale si forma un vortice.

Quest'ultimo mette in moto un rotore, grazie alla forza di gravità risultante dalla differenza di altitudine.

I suoi 20 giri al minuto permettono di azionare il generatore che produce elettricità e che la reimmette nella rete elettrica. Non ci sono dunque i problemi derivanti dall'acqua ad alta pressione e l'ambiente naturale del fiume viene rivitalizzato grazie all'aerazione dell'acqua per mezzo del vortice.

La centrale idroelettrica, inoltre, non costituisce un pericolo per i pesci, che possono oltrepassarla risalendo il fiume o nel senso inverso.

La centrale produce da 10 a 15 kW, a seconda del flusso d'acqua 80.000 a 130.000 kWh, sufficienti a coprire il fabbisogno di elettricità annuale per 20-25 economie domestiche svizzere, ossia 50-60 persone.

DEPURATORE DE DOMMEL - OLANDA (Flow Form)

Per la prima volta al mondo l'effluente di un Sistema di trattamento delle acque (SWTP) viene sottoposto ad un trattamento di flusso ritmico (Flowform) che non solo aumenta la quantità di ossigeno nell'acqua, ma che dovrebbe avere un effetto stimolante sulla vitalità dell'acqua.

Le unità Flowform sono state progettate da Paul van Dijk, che ha affrontato la sfida di adattare i modelli di Flowform attualmente esistenti in piccola scala per le grandi portate e per una lievissima pendenza (5%).

La cascata è costituita da 45 filari di unità Flowform poste una accanto all'altra che creano un piano di circa 30 x 6 metri.

Ogni filare contiene 6 unità che sono composte da 3 Flowform. Ogni riga può avere tra 35 e 140 litri al minuto che attraversano il Flowform. Il totale di 45 righe consente un flusso massimo di 380 m³/h.

