

**PAGINE SAGGIO
PER GENTILE CONCESSIONE
DELL'EDITORE**

ARCHITETTURA SOSTENIBILE

Contributi agili sulla bioarchitettura e sull'ecologia per promuovere una nuova concezione dell'edificio: una maggiore attenzione all'impatto ambientale delle tecniche costruttive, dei materiali utilizzati e dello stesso processo produttivo.

Centro ABITA RECUPERO EDILIZIO E BIOCLIMATICA

a cura di Marco Sala

ISBN 88-513-0004-6

AS1 pp. 240, € 17,04

Il manuale analizza procedure e strumenti per l'utilizzo di tecnologie bioclimatiche nel campo del recupero e negli interventi di riqualificazione dell'ambiente costruito. Oltre ad individuare le tecniche di controllo bioclimatico degli spazi aperti e di transizione, si offrono casi studio e un panorama sugli strumenti di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici.



G. Scudo – B. Narici – C. Talamo COSTRUIRE CON LA TERRA

ISBN 88-513-0005-4

AS2 pp. 256, € 18,08

La terra è uno dei materiali da costruzione più antichi e al tempo stesso attuali: questa tecnica costruttiva altamente ecologica permette, infatti, soluzioni progettuali d'avanguardia. Il volume analizza diverse tecniche costruttive e per ciascuna di esse si esaminano caratteristiche, campi di utilizzo del materiale e prestazioni dei manufatti realizzabili, modalità operative di realizzazione e messa in opera. Una serie di schede descrive, inoltre, alcune parti d'opera analizzate nelle loro prestazioni fisiche e meccaniche.





S.E.V.
EDILIZIA SOSTENIBILE

44 progetti dimostrativi

ISBN 88-513-0032-1
AS3 pp. 136, € 15,00

44 interventi progettati e realizzati nell'ambito di un programma di Progetti Dimostrativi per l'Edilizia sostenibile ed a basso consumo energetico. Si tratta di interventi di edilizia residenziale e di edilizia scolastica o relativa ad altre destinazioni d'uso che dimostrano come sia effettivamente possibile costruire in modo "sostenibile", sperimentare soluzioni innovative capaci di assurgere a standard per qualsiasi tipologia di edificio. Un testo estremamente utile per la chiarezza e concretezza delle soluzioni tecniche proposte.



Niccolò Aste
IL FOTOVOLTAICO IN ARCHITETTURA

Integrazione di sistemi a energia solare negli edifici

ISBN 88-513-0031-3
AS4 pp. 242, € 25,00

Una guida di facile consultazione che fornisce informazioni sulle più recenti tecnologie a disposizione e sui prodotti e produttori del settore. Un agile strumento destinato a progettisti e installatori per fare il punto sulle innumerevoli applicazioni del fotovoltaico in architettura: oltre ai tradizionali tetti, anche le pareti, i vetri e molti altri componenti dell'edificio, infatti, possono essere realizzati con questi materiali.



Antonella Bellomo
PARETI VERDI
Linee guida alla progettazione

ISBN 88-513-0097-6
AS5 pp. 158, € 15,00

Nella letteratura tecnica italiana, manca a tutt'oggi una manualistica che consenta al progettista di affrontare il progetto delle pareti impiantate di vegetazione. Questo testo fornisce quindi informazioni utili sia alla corretta selezione delle essenze vegetali in funzione dei diversi sistemi di facciata sia alla scelta delle tecniche ed impianti per il verde parietale in relazione agli obiettivi specifici del progetto dell'involucro.

Annibale Sicurella
PROGETTARE IL VERDE

Tecniche e soluzioni

ISBN 88-513-0098-4

AS6 pp. 188, € 17,00

All'interno della pubblicazione trovano spazio ampie trattazioni inerenti sia le logiche che le scelte progettuali (esposte nei loro intenti e nella loro flessibilità pratica). Particolare attenzione viene offerta all'analisi del giardino ecosistemico ed estremamente interessanti potranno rivelarsi le indicazioni relative ai sistemi di fitodepurazione e alla tecnologia dei giardini pensili.



G. Scudo – M. Ochoa
SPAZI VERDI URBANI

La vegetazione come strumento di progetto

ISBN 88-513-0132-8

AS7 pp. 226, € 22,00

Si tratta del primo contributo italiano che, in modo organico, permette di scegliere e dimensionare in fase di progetto il verde considerato non solo un elemento decorativo ma anche in base alla sua capacità di incidere sul microclima e di accrescere il comfort dell'edificio. Il testo si presenta dunque come un manuale di progettazione microclimatica del verde, essenziale per qualsiasi progetto di spazio aperto.



N. Tubi – M. P. Silva
GLI EDIFICI IN PIETRA

Recupero e costruzione – Murature, solai e coperture

ISBN 88-513-0154-9

AS8 pp. 452, € 35,00

Il volume fornisce indicazioni utilizzabili nelle diverse fasi di intervento per la salvaguardia delle costruzioni in pietra e segnala le tecniche, i materiali e le verifiche praticabili per condurre operazioni progettuali ed esecutive compatibili con la qualità dell'esistente e dei suoi valori ecologici e culturali.





Alessandro Rogora
ARCHITETTURA E BIOCLIMATICA
 La rappresentazione dell'energia nel progetto

ISBN 88-513-0131-X
AS9 pp. 138, € 15,00 con CD 

I metodi e le tecniche di aiuto ad una progettazione energeticamente attenta. Il testo è strutturato in tre sezioni distinte che si propongono di delineare un inquadramento teorico dei diversi temi, mostrare le soluzioni operative dei problemi esposti teoricamente, fornire gli strumenti operativi di lavoro, sotto forma di allegati, utilizzabili per compiere le analisi.

In preparazione:

Giuseppe Luigi Cirelli
TRATTAMENTI NATURALI DELLE ACQUE REFLUE URBANE
 Fitodepurazione, lagunaggio, accumulo in serbatoi

www.sistemieditoriali.it

COSTRUIRE CON INTERNET

Collegati al sito e scarica gratis la nostra guida ai siti ed alle risorse online per ingegneri, architetti, geometri e professionisti dell'edilizia.



■ 5 Esperienze di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue finalizzato al riutilizzo irriguo: il caso studio di S. Michele di Ganzaria (Catania)

Salvatore Barbagallo, Giuseppe Luigi Cirelli, Simona Consoli, Attilio Toscano

Dipartimento di Ingegneria Agraria - Università di Catania

5.1 Premessa

Nelle regioni aride e semiaride, come il Meridione d'Italia, l'impiego delle acque reflue urbane depurate risulta indispensabile per superare la carenza di risorse idriche ed in alcuni casi rappresenta una delle uniche alternative realizzabili nel breve periodo per fronteggiare i sempre più frequenti periodi di siccità (Barbagallo et al., 2001). In Sicilia, da alcuni anni sono in esercizio sistemi di trattamento terziario di tipo estensivo per la riutilizzazione delle acque reflue in agricoltura. Nel 2001 a S. Michele di Ganzaria (provincia di Catania) è stato realizzato un impianto di fitodepurazione a flusso subsuperficiale orizzontale, utilizzato come trattamento terziario, a servizio di circa 1.100 AE (Barbagallo et al., 2002a; 2003a); tale impianto rappresenta il primo modulo di un più esteso sistema di affinamento finalizzato al riuso delle acque reflue urbane a scopo irriguo. L'impianto di fitodepurazione, di proprietà del Comune di San Michele di Ganzaria, viene monitorato a fini sperimentali dal Dipartimento di Ingegneria Agraria dell'Università di Catania nell'ambito del progetto di ricerca AQUATEC finanziato dal MIUR.

5.2 Descrizione dell'impianto

L'impianto di fitodepurazione a flusso subsuperficiale orizzontale è stato realizzato nel comune di San Michele di Ganzaria, centro agricolo con una popolazione di circa 5.000 abitanti, situato 90 Km a Sud-Ovest di Catania. L'area è caratterizzata da un clima mediterraneo-arido con una concentrazione di piogge nella stagione invernale ed una quasi totale assenza di precipitazioni nella stagione estiva (piovosità media pari a circa 500 mm/anno). L'impianto, ubicato ad una quota di circa 350 m s.l.m., è stato realizzato a valle dell'impianto di depurazione comunale la cui "linea acque", organizzata in due moduli, è costituita da: vasca Imhoff, filtro percolatore, sedimentazione secondaria.

Il letto di fitodepurazione oggetto della sperimentazione è stato realizzato nell'ambito di un più ampio progetto che prevede la costruzione di quattro vasche a flusso subsuperficiale orizzontale poste a due a due in parallelo e in serie, di due serbatoi per la regolazione e un ulteriore affinamento dei liquami urbani e di una rete per la distribuzione delle acque reflue per l'irrigazione di circa 150 Ha di uliveti (figura 5.1).

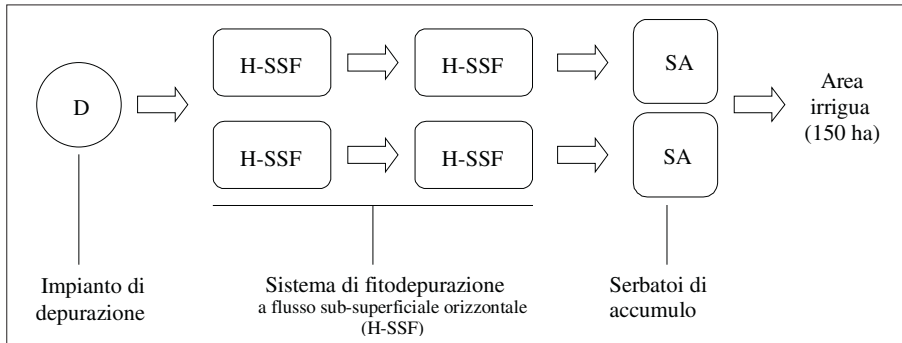


Figura 5.1 - Schema del sistema di affinamento e riuso delle acque reflue di San Michele di Ganzaria (Catania)

Dal marzo 2001 è in esercizio uno dei quattro letti di fitodepurazione previsti, utilizzato come trattamento terziario a servizio di circa 1.100 AE, con una portata di progetto pari a circa 1,75 L/s ed un tempo di detenzione nominale di circa 2 giorni. In attesa del completamento del sistema di riuso agricolo le acque reflue vengono scaricate nel vicino fiume Tempio.

Come già detto, il trattamento primario e secondario viene effettuato nell'impianto di depurazione già esistente. Le acque, una volta trattate, vengono convogliate all'impianto di fitodepurazione mediante una condotta di lunghezza pari a circa 340 m, avente un dislivello di circa 3 m. Il letto di fitodepurazione ha una lunghezza di 78 m, una larghezza di 25 m ed una superficie del letto filtrante pari a 1.950 m² (corrispondente a circa 1,7 m² per abitante servito) (figura 5.2). L'altezza del letto filtrante è pari a 0,6 m (altezza d'acqua pari a 0,4 m); il fondo ha una pendenza di circa l'1% per favorire il deflusso dei reflui. Sia il fondo del letto che le sponde sono stati impermeabilizzati mediante una guaina bentonitica di spessore pari a 4 mm. Inoltre sulle sponde, realizzate in terra con una scarpa di 3:1, sono state poste delle reti di bioiuta per favorire l'attecchimento della vegetazione e prevenire i fenomeni di erosione.

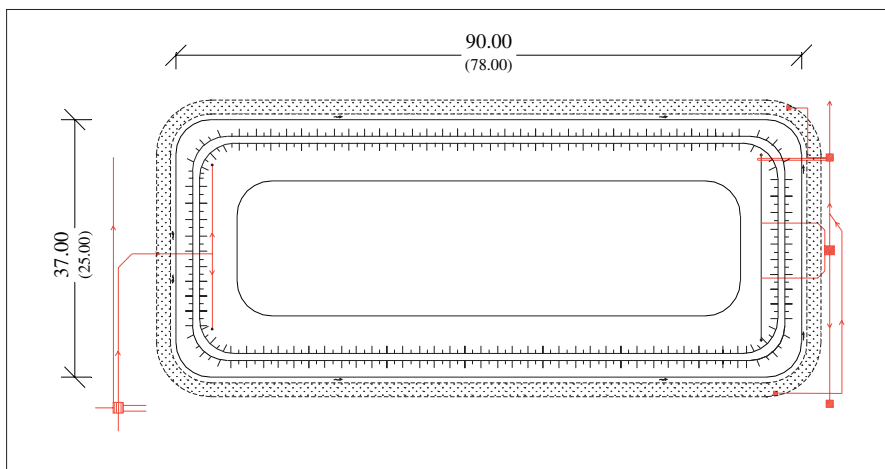


Figura 5.2 - Planimetria dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania)

Il letto filtrante è costituito da pietrisco avente una dimensione granulometrica costante pari a 8-10 mm. Le acque reflue vengono immesse in testa al letto di fitodepurazione mediante una tubazione di distribuzione interrata, del diametro di 200 mm, che presenta una serie di fori lungo tutta la sua lunghezza ed è posta trasversalmente alla direzione del flusso, in modo da permettere una omogenea distribuzione del refluo in tutta la sezione del letto ed evitare il più possibile i fenomeni di cortocircuitazione idraulica (figura 5.3). Attraverso un'analogha condotta trasversale forata, posta sul fondo del letto nella sua sezione terminale, viene effettuata la raccolta delle acque reflue che vengono così convogliate al pozzetto di uscita in cui sono presenti due tubi flessibili la cui quota viene regolata manualmente per controllare il livello idrico nel letto filtrante. Inoltre, lungo la superficie del letto, sia trasversalmente sia longitudinalmente, sono stati posti 9 piezometri che consentono di effettuare il prelievo ed il controllo delle acque che filtrano attraverso il letto di fitodepurazione.

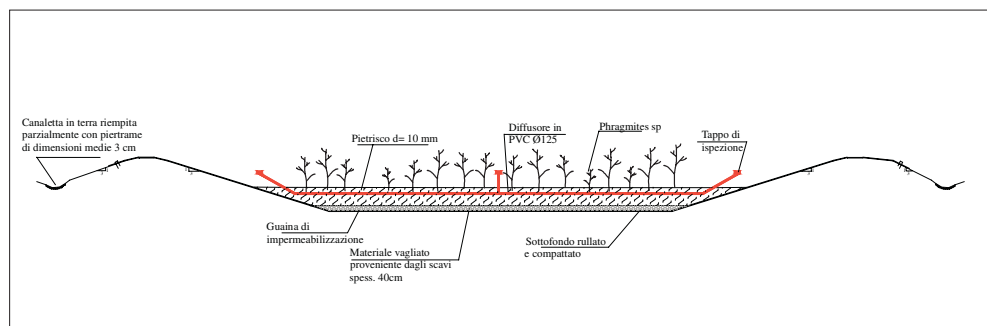


Figura 5.3 - Sezione trasversale dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania) in prossimità della tubazione di ingresso delle acque reflue

Sul letto filtrante sono stati messi a dimora rizomi di *Phragmites sp.* nella misura di circa quattro rizomi per metro quadrato. I rizomi sono stati messi a dimora nel gennaio 2001 e hanno raggiunto un completo sviluppo dopo circa 9 mesi con un grado di copertura pari a circa il 100%.

5.3 Metodologia d'indagine

Le indagini¹ condotte sull'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria hanno previsto una serie di campionamenti e di analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche delle acque reflue. I campionamenti sono stati effettuati nei seguenti periodi: marzo-settembre 2001 (1° anno); marzo-dicembre

¹ Alle indagini hanno collaborato il prof. Giuseppe Giammanco e la prof. Sarina Pignato dell'Università degli Studi di Catania che hanno curato in particolare gli aspetti relativi alla qualità batteriologica delle acque reflue; la metodologia per la valutazione della concentrazione di virus e patogeni nelle acque reflue è riportata in Barbagallo et al. (2003a).

2002 (2° anno). Sono stati effettuati 12 campionamenti nel corso del 1° anno e 9 campionamenti nel corso del 2° anno, complessivamente sono stati analizzati oltre 80 campioni di acque reflue. I prelievi hanno riguardato le acque reflue grezze in ingresso all'impianto di depurazione, i reflui in uscita e l'effluente finale del letto di fitodepurazione.

Utilizzando le metodiche IRSA-CNR, sono stati determinati i seguenti parametri chimico-fisici: solidi sospesi totali (a 180 °C), BOD₅, COD, fosforo totale, azoto (organico, ammoniacale, nitroso, nitrico, totale), conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto e temperatura. Per quanto riguarda il BOD₅ e il COD rilevati sull'effluente dell'impianto di fitodepurazione, le analisi sono state effettuate su campioni di acqua filtrati attraverso filtri in fibra di vetro tipo GF/C Whatmann.

La determinazione del numero di coliformi totali, di coliformi fecali, di *Escherichia coli* e di streptococchi fecali è stata effettuata con il metodo delle membrane filtranti, secondo metodi standard per l'esame delle acque (APHA, 1998). La ricerca e la numerazione delle uova di elminti (nematodi) è stata effettuata secondo la procedura descritta da Ayres e Mara (1996). Per la ricerca e la numerazione delle salmonelle sono stati utilizzati due diversi metodi (Pignato et al., 2000; Giammanco et al., 2002): uno colturale ed uno basato sull'amplificazione di uno specifico sito del DNA batterico mediante la reazione a catena della polimerasi (*Polymerase Chain Reaction*, PCR). Con frequenza mensile è stata inoltre rilevata la concentrazione dei seguenti metalli pesanti: Cu, Cd, Zn, Pb e Cr.

Per valutare il tempo di detenzione effettivo dell'impianto sono state effettuate delle prove specifiche tramite l'utilizzo di un tracciante costituito da una soluzione di cloruro di sodio ad una concentrazione di 150 g/L (Barbagallo et al., 2003d). La soluzione è stata immessa ad impulsi in testa all'impianto di fitodepurazione regolando i valori della portata in ingresso a 1,20 L/s e a 2,30 L/s. In uscita dall'impianto di fitodepurazione è stato misurato l'incremento di conducibilità elettrica effettuando un set di rilievi a mezzo di un conducimetro portatile con frequenza di ogni 2 ore. Nel 1° caso (1,20 L/s) i rilievi hanno avuto una durata di circa 72 ore e nel 2° caso (2,30 L/s) hanno avuto una durata di circa 36 ore. I valori delle portate prescelte per la valutazione del tempo di detenzione sono da considerarsi gli estremi del range di portate abitualmente trattate nel letto di fitodepurazione.

Nel dicembre 2001 è stato effettuato il primo sfalcio della vegetazione, rimuovendo le canne tagliate dal letto filtrante.

5.4 Risultati

I risultati delle prove per l'individuazione del tempo di detenzione delle acque reflue all'interno dell'impianto di fitodepurazione hanno evidenziato un tempo di detenzione di circa 34 ore con una portata in ingresso di 1,20 L/s e di circa 19 ore con una portata di 2,30 L/s. Il tempo di detenzione reale è pertanto risultato pari a circa il 50% del tempo di detenzione nominale. Tale risultato appare di rilevante importanza ai fini del

dimensionamento dell'impianto, effettuato sulla base di una cinetica di rimozione del primo ordine (confronta paragrafo 2.5).

I risultati delle caratteristiche chimico-fisiche e batteriologiche delle acque reflue non trattate, monitorate nel corso dell'indagine sono riportati sinteticamente nella tabella 5.1 e nella tabella 5.2.

Tabella 5.1 - Valore medio e coefficiente di variazione (CV) della concentrazione di alcuni parametri chimico-fisici nelle acque reflue brute di San Michele di Ganzaria (Catania)

Acque brute	SST mg/L	BOD ₅ mg/L	COD mg/L	Ntot mg/L	Ptot mg/L
Media	379.7	298.3	516.8	44.2	10.5
CV	0.23	0.24	0.24	0.11	0.16

Tabella 5.2 - Valore medio e coefficiente di variazione (CV) della concentrazione di alcuni parametri microbiologici nelle acque reflue brute di San Michele di Ganzaria (Catania)

Acque brute	CT CFU/100mL	CF CFU/100mL	<i>E. coli</i> CFU/100mL	SF CFU/100mL	<i>Salmonella</i> MPN/100mL	Uova di elminti no./L
Media	5.E+07	2.E+07	1.E+07	2.E+06	34	18
CV	0.51	0.38	0.45	0.39	1.97	1.10

CT: coliformi totali; CF: coliformi fecali; SF: streptococchi fecali

Le concentrazioni medie degli inquinanti presenti nelle acque reflue non trattate si attestano intorno a valori tipici per i reflui urbani (circa 300 mg/L di BOD₅, 400 mg/L di SST e 500 mg/L di COD).

I valori di pH e CE delle acque reflue all'interno della vasca di fitodepurazione si sono mantenuti pressoché costanti lungo tutta la fase del periodo di campionamento e pari a circa rispettivamente 8,2 ÷ 8,4 e 1,2 ÷ 1,5 dS/m. Le concentrazioni di ossigeno disciolto nei liquami si sono attestate sempre al di sotto di 1,0 mg/L, in accordo con quanto riportato in letteratura per i sistemi a flusso subsuperficiale orizzontale (Kadlec et al., 2000).

Nella figura 5.4 è riportata la media dei valori, misurati nel corso del 1° e 2° anno di indagine all'ingresso e all'uscita dell'impianto di fitodepurazione, dei seguenti parametri chimico-fisici: SST, BOD₅, COD, azoto totale (Ntot) e fosforo totale (Ptot)

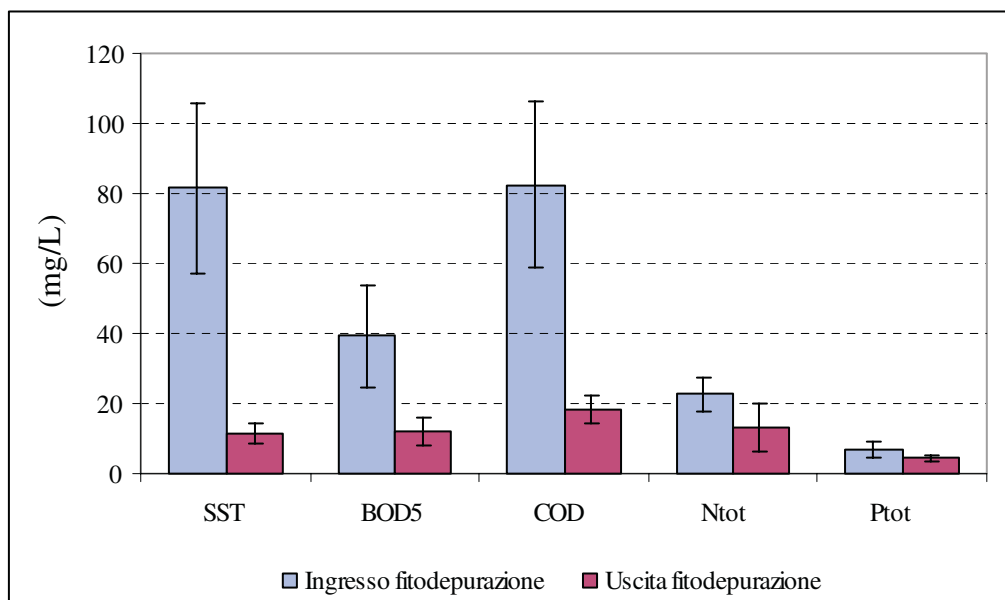


Figura 5.4 - Valori medi (\pm SD) di alcuni parametri chimico-fisici tra l'ingresso e l'uscita dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania)

Per quanto riguarda i solidi sospesi totali, le concentrazioni in ingresso all'impianto di fitodepurazione sono risultate variabili fra circa 34 e 120 mg/L, mentre nell'effluente sono stati rilevati valori compresi fra 8 e 18 mg/L, con un valore medio di circa 11 mg/L. L'efficienza media di rimozione dei SST è risultata pari a circa l'85% con un valore della deviazione standard (SD) pari a 6,4; tra il primo e secondo anno si è avuto un leggero miglioramento nella rimozione (figura 5.5).

Le acque reflue in ingresso al letto filtrante sono state caratterizzate da valori medi di BOD₅ e COD rispettivamente di 39 e 82 mg/L (figura 5.4). Nell'effluente sono stati osservati valori di BOD₅ compresi fra 6 e 18 mg/L, con un valore medio di 11,8 mg/L, e valori di COD fra 9,7 e 25 mg/L, con un valore medio di 18,4 mg/L.

La riduzione media della concentrazione di sostanza organica (figura 5.5) durante il periodo di detenzione nell'impianto di fitodepurazione è stata di circa il 68% per il BOD₅ (SD=11,62) e del 76% per il COD (SD=6,04); tra il primo e secondo anno non si sono avute modifiche significative nella rimozione di entrambi i parametri.

Le acque reflue in ingresso al letto filtrante sono state caratterizzate da valori medi di azoto totale e fosforo totale rispettivamente di 22,5 e 6,8 mg/L (figura 5.4). Nell'effluente sono stati osservati valori di N_{tot} compresi fra 3,5 e 23 mg/L, con un valore medio di 13 mg/L, e valori di P_{tot} fra 2,9 e 6,4 mg/L, con un valore medio di 4,4 mg/L.

Più modesta è risultata l'efficienza media di rimozione dei nutrienti che, sia nel caso dell'azoto totale che del fosforo totale, si è attestata rispettivamente intorno al 45% e al 32% (figura 5.5). Va evidenziato che tra il 1° e 2° anno di indagine si è avuto un

significativo miglioramento nella rimozione dell'azoto totale, probabilmente dovuto al maggiore sviluppo dell'apparato radicale.

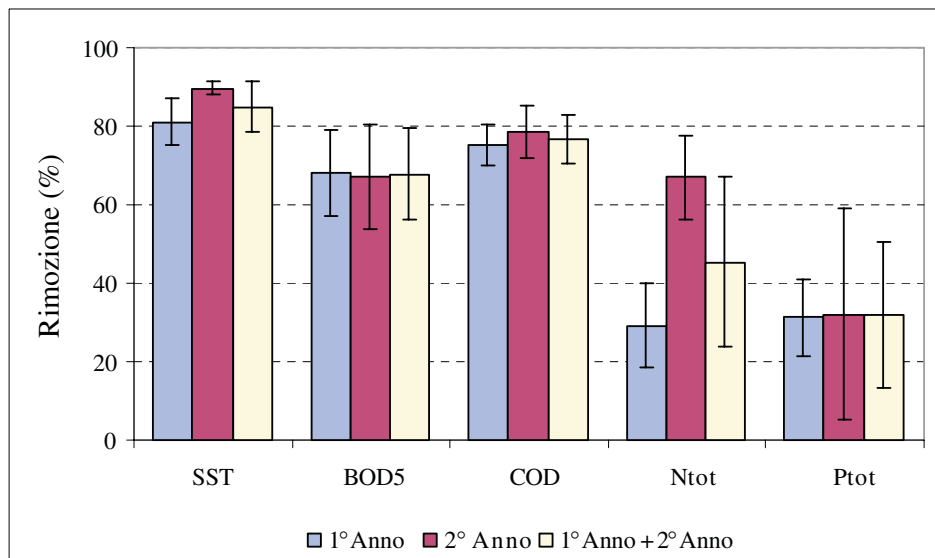


Figura 5.5 -Efficienza media di rimozione (\pm SD) di alcuni parametri chimico-fisici per il 1° e 2° anno d'indagine tra l'ingresso e l'uscita dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania)

I risultati delle analisi mirate all'individuazione di metalli pesanti (Cu, Cd, Zn, Pb e Cr) nei liquami hanno evidenziato una presenza di detti elementi compatibile con gli standard qualitativi consigliati dall'EPA per il riuso dei reflui a scopo irriguo (USEPA, 1992).

Il numero di batteri coliformi e di streptococchi fecali nelle acque non trattate è risultato compatibile con i valori propri delle acque reflue urbane (tabella 5.2). Inoltre, va segnalata la presenza di salmonelle in numero discretamente elevato con un valore medio pari a 35 in 100 mL, nonché di uova di nematodi, in particolare del genere *Ascaris*, nel numero medio di 18 per litro e un valore massimo di 70 per litro.

L'effluente dall'impianto di depurazione a filtri percolatori ha mostrato una riduzione media del numero di batteri indicatori (coliformi, *E. coli* e streptococchi fecali) di 1-2 ordini di grandezza rispetto ai valori del liquame brutto; le salmonelle sono risultate sempre assenti in 100 mL nel corso del 1° anno e con un valore medio pari a 3 nel corso del 2° anno; le uova di nematodi sono risultate presenti, anche se in numero più ridotto con un valore medio di circa 9 uova per litro ed un valore massimo di 54 per litro.

Nella figura 5.6 è riportato il numero medio di batteri indicatori misurati all'ingresso e all'uscita dell'impianto di fitodepurazione nel corso del 1° e 2° anno di indagine.

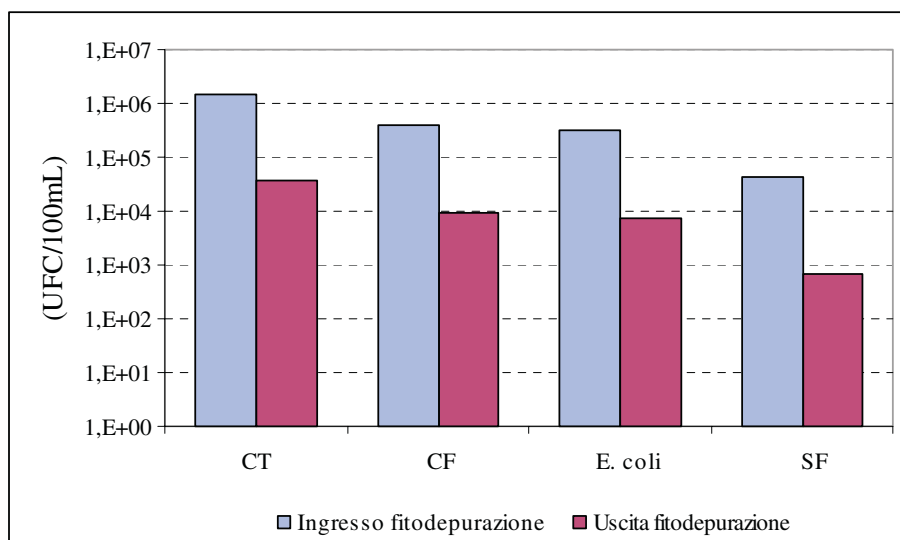


Figura 5.6 - Valori medi della concentrazione di coliformi totali (CT), coliformi fecali (CF), *E. coli* e streptococchi fecali (SF) tra l'ingresso e l'uscita dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania)

Il passaggio attraverso l'impianto di fitodepurazione ha migliorato la qualità microbiologica del refluo. Infatti, è stata osservata una riduzione media di circa 2 ordini di grandezza del numero dei batteri indicatori, corrispondente ad una rimozione del 99% (figura 5.7), e, cosa ancor più importante, è stata rilevata la totale scomparsa di *Salmonella* e di uova di nematodi. La rimozione di questi microrganismi risulta di rilevante importanza stante il fatto che la maggior parte dei sistemi di trattamento tradizionali hanno una scarsa efficienza nella rimozione di questi inquinanti, in particolare le uova di elminti risultano resistenti anche a trattamenti di disinfezione avanzata.

Il miglioramento della qualità batteriologica è stato osservato anche nei periodi di scarsa efficienza dell'impianto di depurazione secondario evidenziando una buona capacità *buffer* del sistema di fitodepurazione.

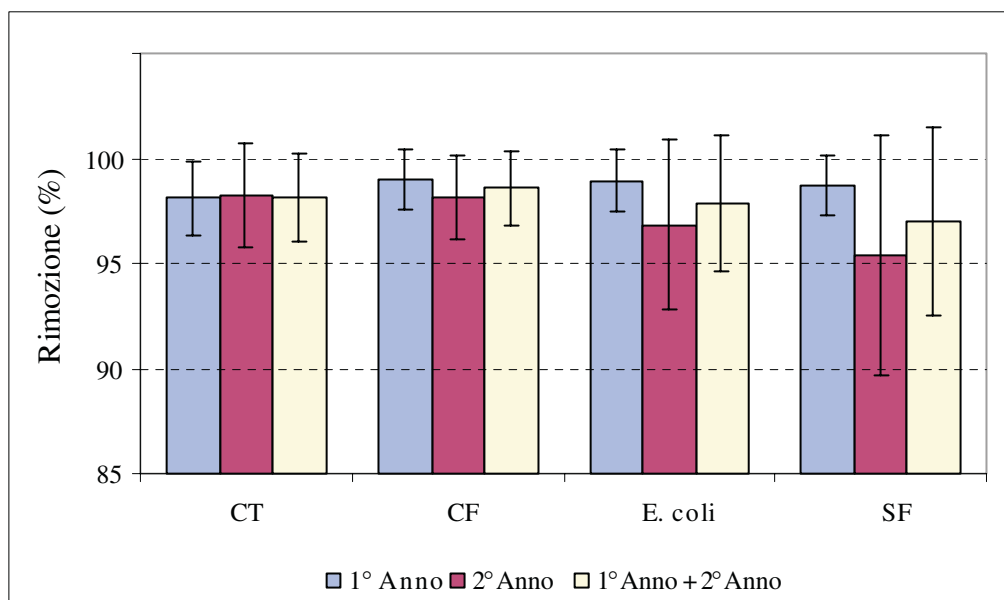


Figura 5.7 - Efficienza media di rimozione (\pm SD) di coliformi totali (CT), coliformi fecali (CF), *E. coli* e streptococchi fecali (SF) per il 1° e 2° anno d'indagine tra l'ingresso e l'uscita dell'impianto di fitodepurazione di San Michele di Ganzaria (Catania)

5.5 Conclusioni

Le indagini condotte sull'impianto di fitodepurazione per il trattamento terziario finalizzato al riutilizzo irriguo delle acque reflue del centro abitato di San Michele di Ganzaria hanno evidenziato soddisfacenti prestazioni nella rimozione dei principali inquinanti. L'impianto a flusso subsuperficiale orizzontale ha raggiunto sin dalla fase iniziale di esercizio livelli medio-alti di rimozione di SST, BOD₅ e COD. In tutti i campioni prelevati nel corso dell'indagine in uscita dalla fitodepurazione, la concentrazione dei suddetti inquinanti è risultata sempre inferiore ai limiti imposti dal D.Lgs. 152/1999 per lo scarico nei corpi idrici superficiali; inoltre i campioni prelevati sono risultati conformi anche ai limiti, ancora più restrittivi, riportati nella tabella 1 allegata al decreto sul riutilizzo delle acque reflue n. 185 del 12 giugno 2003.

La concentrazione di fosforo totale nell'effluente dell'impianto di fitodepurazione è risultata sempre superiore ai limiti consentiti dalla normativa per le aree sensibili (2 mg/L); la concentrazione di azoto totale è risultata, nel 40% dei casi, superiore dai limiti previsti (15 mg/L). Tale limitata rimozione dei nutrienti, in questo particolare caso, non rappresenta un problema in quanto l'impianto è stato progettato per riutilizzare le acque reflue a scopo irriguo.

L'impianto di fitodepurazione caratterizzato da un tempo di detenzione effettivo compreso tra 20 e 36 ore in relazione al differente regime della portata di acque reflue nell'arco della giornata, ha evidenziato una efficacia significativa ai fini della minimizzazione del rischio infettivo connesso con l'uso delle acque reflue in agricoltura. Infatti,

è stata ottenuta una ulteriore riduzione di circa il 99% nel numero dei batteri indici, il che, sommandosi alla riduzione ottenuta con il trattamento nell'impianto a filtri percolatori, ha conferito al refluo finale un livello di qualità altrimenti non ottenibile se non con costi molto elevati (Barbagallo et al., 2003a).

Particolarmente rilevante ai fini sanitari è il risultato della rimozione delle salmonelle e di uova di elminti, entrambi presenti nelle acque reflue trattate in concentrazioni significative, evidenziando la notevole diffusione di tali microrganismi tra la popolazione locale (Pignato et al., 2000). La rimozione delle uova di nematodi parassiti dell'uomo è molto importante, in quanto tali parassiti hanno una notevole capacità di sopravvivere a lungo nell'ambiente e di causare infestazioni. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 1989), per evitare il rischio di infestazione nell'uomo, è necessario che le acque reflue da riutilizzare in agricoltura contengano meno di un uovo di elminti per litro. Il numero trovato nell'effluente dall'impianto di trattamento a filtri percolatori è stato ben superiore a tale limite, ma il successivo trattamento delle acque nell'impianto di fitodepurazione è stato efficace anche a questo riguardo, rimuovendo costantemente le uova ancora presenti in ingresso.

Il sistema di accumulo in serbatoi previsto a valle dei letti di fitodepurazione porterà un ulteriore miglioramento della qualità microbiologica delle acque reflue di San Michele di Ganzaria. Sulla base dell'ampia attività di ricerca condotta in Sicilia sui serbatoi di acque reflue (Barbagallo et al., 1996; 1997; 2002b; 2003c) si può ragionevolmente affermare che il sistema di accumulo, comunque necessario per garantire la regolazione delle acque reflue, consentirà di rimuovere le *Escherichia coli* al di sotto del limite di 50 UFC/100 mL, riportato nel decreto sul riutilizzo delle acque reflue redatto dal Ministero dell'Ambiente (D.M. 12 giugno 2003, n. 185). Nel suddetto decreto per le *E. Coli* viene infatti ammesso un limite di 50 UFC/100 mL (80% dei campioni) e 200 UFC/100 mL (valore massimo puntuale) per le acque reflue recuperate da sistemi di fitodepurazione e lagunaggio.

Per le altre tipologie di impianto il limite della *E. Coli* è di 10 UFC/100 mL (80% dei campioni) con un valore massimo puntuale di 100 UFC/100 mL.