

A. Rubert - Università degli studi di Udine.

D. Goi - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università degli studi di Udine.

M. Gregori - Dipartimento di Biologia ed Economia Agro-Industriale, Università degli studi di Udine.

L'Hanoi Agricultural University (Hau) e l'Università degli Studi di Udine collaborano da diversi anni ad un progetto inserito nel quadro della Cooperazione Scientifica e Tecnologica Italia-Vietnam intitolato "Gestione sostenibile dei rifiuti organici urbani e rurali", il cui obiettivo è il trattamento dei rifiuti organici per produrre fertilizzanti da impiegare nella coltivazione di ortaggi biologici.

Nel novembre 2004 Hau e Università degli Studi di Udine hanno deciso di espandere il loro progetto anche alla gestione del cosiddetto nightsoil (materiale fecale umano). Nel 2007 inoltre si è aperto un terzo filone di ricerca riguardante il trattamento delle acque reflue domestiche. La scelta di ampliare il progetto è nata dall'analisi della situazione locale, segnata da problemi sanitari legati alla diffusa contaminazione fecale di alimenti ed acqua.

### La situazione

In Vietnam, il problema della risorsa acqua è rilevante, ne sono la prova gli alti valori di inquinamento di origine domestica riscontrabili nelle acque superficiali e di falda delle grandi aree urbane. Tale problema è aggravato dal fatto che mentre quasi il 100% della popolazione urbana del Paese è dotata di servizi igienici, si stima che solo il 50% della popolazione rurale abbia accesso a latrine considerate igieniche. Nemmeno Hanoi, la capitale, è attualmente dotata di un impianto di trattamento delle acque reflue. Il trattamento delle acque nere (scarichi dei wc) dipende dal tipo di latrina scelta, attualmente le principali tipologie sono la latrina tradizionale e la latrina settica, quest'ultima si sta diffondendo con particolare velocità negli ultimi anni. La latrina tradizionale (Figura 1) consta

di 1 o 2 camere di raccolta, eventualmente utilizzate alternativamente, permette la separazione delle urine dalle feci, non utilizza acqua. Il riutilizzo del materiale fecale in agricoltura è molto diffuso e rappresenta una grande risorsa per le fasce più povere, per lo più però esso avviene senza un adeguato trattamento per permetterne l'utilizzo in sicurezza. La toilette settica si sta invece diffondendo in particolare modo nelle città e nelle aree peri-urbane: è una classica toilette con sciacquone, il cui scarico viene raccolto in una vasca settica a tre scompartimenti, che a sua volta versa nel sistema di drenaggio.

L'insieme delle acque grigie e degli effluenti dalle vasche settiche non riceve alcun ulteriore trattamento e scorre principalmente lungo condotte a cielo aperto i cui finali ricettori sono i

# PROBLEMA ACQUE REFLUE IN VIETNAM

Il trattamento dei reflui domestici è ancora un problema non risolto in Vietnam, la mancanza di trattamenti provoca contaminazioni fecali delle acque che sono causa di diffusi problemi sanitari. Sistemi adatti alla realtà economica, sociale e culturale vietnamita dovrebbero essere sviluppati.

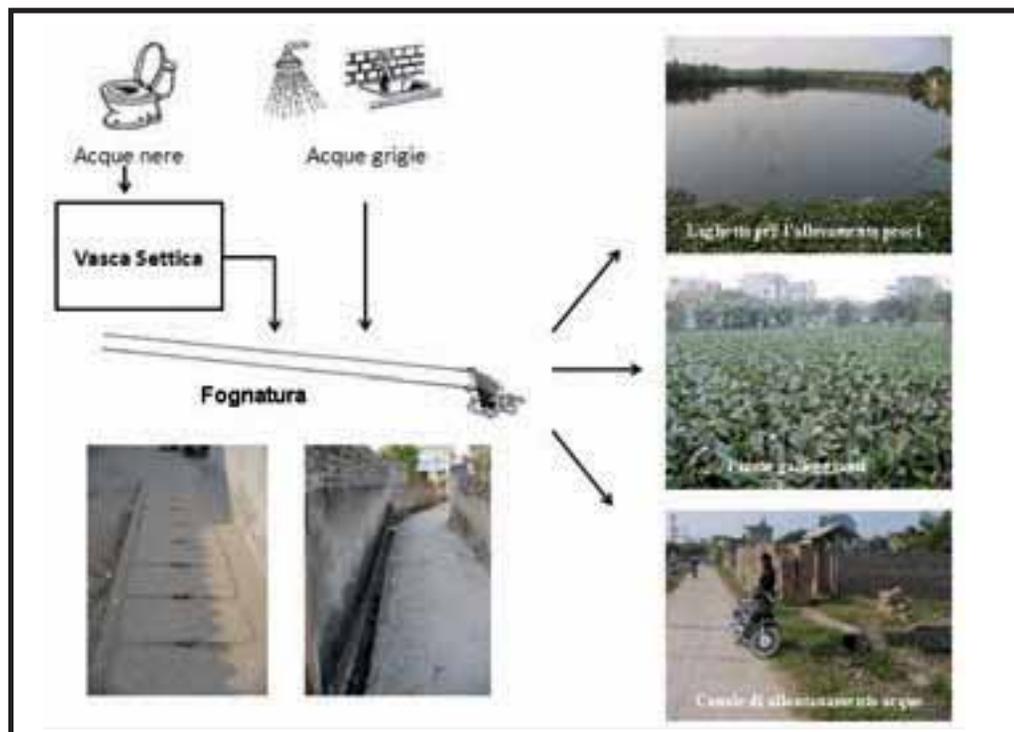
*The treatment of domestic wastewater is still an unsolved problem in Vietnam, the lack of treatment leads to fecal contamination of water, that is the cause of diffused health problems. New treatment systems suitable for the economic, social and cultural Vietnamese condition, should be developed.*

fiumi o i laghetti. Questa situazione comporta seri problemi sanitari, uno su tutti l'infezione da "soil transmitted helminths". L'infezione ad opera di questi vermi è piuttosto comune ed arriva nelle aree del nord a tassi del 90%, in particolare nei bambini in età scolare. Anche se la semplice infezione da uno di questi vermi non è associata ad alcun sintomo o malattia, infezioni ripetute determinano un'aumentata intensità di infezione (cioè numero di vermi) ed un severo pattern di patologie, come anemia, carenza di vitamina A, grave malnutrizione e ridotte performance scolastiche.

Questa situazione è particolarmente sentita dalle autorità sanitarie e agricole locali, anche perché le acque sono utilizzate per l'irrigazione e per l'allevamento dei pesci. I vegetali crudi costituiscono buona parte della dieta tradizionale dei vietnamiti e piante aromatiche crude vengono aggiunte ai piatti dopo la cottura diventando così facile veicolo di contaminazione. Per far fronte a questo problema, l'Organizzazione Mondiale della Sanità compie una periodica campagna di de-verminazione tra i bambini in età scolare. Sebbene questi trattamenti siano efficaci e poco costosi, risultano inutili se la causa della contaminazione non viene rimossa, portando ad una nuova e praticamente immediata re-infezione della popolazione. Un altro problema, conseguenza della mancanza di trattamento dei reflui, è il fenomeno dell'eutrofizzazione che sta mettendo in difficoltà le zone le cui economie si basano sulla pesca e sull'allevamento dei pesci.

### Lo studio

Vista la scarsa possibilità di reperire dati utili e la rapidità dei cambiamenti sociali in atto in Vietnam, a Dang Xa, un comune dell'area peri-urbana di Hanoi, è stato svolto uno studio specifico per comprendere come siano gestiti i reflui domestici e quali siano i fattori che portano alla diffusione delle toilette settiche di cui si riportano i principali risultati. Il comune di Dang Xa è formato da 10 villaggi con una popolazione totale di circa



8.000 abitanti. Le principali entrate economiche della regione provengono dall'allevamento (25%) e dall'agricoltura (54%), grazie anche alle condizioni climatiche che permettono fino a 3 raccolti l'anno, in particolare vengono coltivati vegetali in rotazione (40% dell'area coltivabile) e riso. Il funzionamento dei sistemi di irrigazione e di drenaggio, e l'apporto di fertilizzanti sono quindi elementi base per il buon andamento dell'economia del comune. Proprio la necessità di fertilizzanti è il fattore che più ha influenzato la diffusione delle latrine tradizionali. Dalle interviste condotte ad alcune famiglie che hanno adottato la nuova latrina settica emergono però

nuove tendenze. I fertilizzanti minerali oggi giorno sono sempre più facili da reperire, stoccare e distribuire, perciò assume minor importanza il ritorno finanziario proveniente dal riutilizzo del materiale fecale, mentre invece ne acquistano fattori quali: la pulizia della latrina, la mancanza di odori molesti, il sicuro utilizzo da parte di anziani e bambini soprattutto durante le ore notturne, l'etichetta di modernità e la minor richiesta di spazio per la realizzazione (Tabella 1). Lo spazio è un fattore molto limitante a Dang Xa, infatti una famiglia ha a disposizione solo 50-60m<sup>2</sup> per la propria abitazione. Dalle interviste è inoltre emerso che non vi è alcu-

Figura 2 – Schema degli scarichi di acque reflue domestiche in Dang Xa.

Fattori	Frequenza di identificazione del fattore nelle 16 interviste
Pulizia	16
Mancanza di odori molesti	9
Minor richiesta di spazio	6
Non necessità di riutilizzo del materiale fecale	5
No mosche	3
Legato alla produzione di biogas	2

Tabella 1 - Fattori che influenzano la scelta di un tipo di latrina.

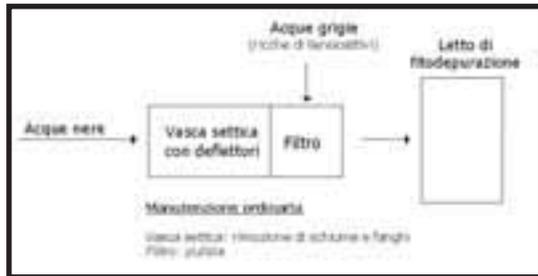


Figura 3 - Ipotesi di trattamento.

na manutenzione delle vasche settiche. Infatti è opinione comune che la rimozione dei fanghi, che si depositano sul fondo, sia necessaria solo dopo 15-20 anni dalla costruzione della latrina, nemmeno le schiume vengono mai rimosse. Spesso manca addirittura una bocca di accesso per facilitare queste operazioni. Le famiglie generalmente costruiscono vasche più grandi possibili (3-36 m<sup>3</sup>), proprio per evitarne l'eventuale frequente svuotamento. L'effluente della vasca settica scarica direttamente sul sistema fognario in cui confluiscono anche le acque grigie, senza alcun trattamento. Il sistema di drenaggio versa in corsi d'acqua, o in laghetti utilizzati per l'acquacoltura o per la crescita di piante galleggianti (Figura 2). Questi laghetti sono spesso direttamente collegati al sistema di irrigazione e le loro acque sono riutilizzate direttamente o indirettamente per vari scopi, tra cui l'irrigazione, comportando seri problemi di conta-

Figura 1  
Latrina tradizionale.



minazione fecale delle colture. I laghetti hanno anche un'altra importante funzione, rappresentano infatti delle "vasche di laminazione" durante i mesi più piovosi (luglio ed agosto).

### Analisi chimico-microbiologiche

Un monitoraggio dell'efficacia delle vasche settiche è stato effettuato mediante analisi chimiche degli effluenti di vasche adottate a Dang Xa. A questo scopo sono stati raccolti e analizzati alcuni campioni di acqua provenienti dalle vasche settiche e da alcuni laghetti che ricevono lo scarico delle fognature. I parametri misurati sono stati: pH, EC, Orp, Temperatura, Urea, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Bod<sub>5</sub>, Cod, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Cl<sub>2</sub>, Ascaris, Coliformi totali. I risultati delle analisi sono stati confrontati con i limiti vietnamiti per lo scarico di acque reflue domestiche, seppur questi non si applichino alle abitazioni ma esclusivamente ad edifici pubblici; inoltre vista la grande probabilità che le acque siano riutilizzate per fini irrigui, i dati analitici ottenuti sono stati confrontati con gli standard vietnamiti, italiani e dell'Osm-Fao per il riutilizzo dei reflui in agricoltura (Tabella 2). I dati riportati vanno esaminati considerando le grandi dimensioni delle vasche ed i notevoli effetti diluitivi della situazione in oggetto. In ogni caso le

concentrazioni di azoto e fosforo molto elevate rafforzano l'ipotesi di riutilizzo di questi effluenti in agricoltura; il problema principale rimane dunque la presenza di patogeni in dosi massicce.

### Le proposte

I presenti sistemi depurativi non consentono, in generale, di produrre un effluente in grado di rispettare limiti imposti dalla normativa vietnamita, inoltre nei casi considerati sussiste un'elevata probabilità che i reflui vengano riutilizzati per scopi irrigui o legati alla piscicoltura, nonché che contaminino acque superficiali e di falda. Le attuali condizioni economiche rendono difficile ipotizzare soluzioni impiantistiche centralizzate, per questo una proposta ragionevole potrebbe essere quella di apportare migliorie tecnologiche e di gestione a sistemi decentralizzati. Questi, ad oggi, possono rappresentare una valida soluzione per il contesto delle periferie agricole vietnamite. Durante lo studio sono state avanzate alcune proposte di miglioramento tra le quali una implementazione del sistema settico che tenga conto delle seguenti esigenze:

- facilità di comprensione e gestione del sistema a livello familiare;
- efficienza del sistema anche in conseguenza di shock di carico;
- introduzione di sistemi naturali;

- introduzione di sistemi che abbattano la carica patogena prevenendo la contaminazione di altre fonti di acqua anche in caso di inondazione;
- introduzione di sistemi ben accettati dalla popolazione e dalle autorità locali.

Si è preferito inoltre pensare ad un modello modulare che possa essere implementato in momenti diversi, venendo così incontro alle normali esigenze economiche di una famiglia e permettendo l'adattamento dello stesso ad ogni specifica situazione. Per la progettazione di un sistema di trattamento di acque reflue a Dang Xa ci si scontra principalmente con limiti economici, legati alla ridotta disponibilità di spazio e ai grandi quantitativi d'acqua utilizzati (stima: 300 l/capita giorno), altro fattore importante è l'elevata densità abitativa anche nei piccoli villaggi rurali. Infine, dal punto di vista idrogeologico, il livello di falda è piuttosto alto (-3/4 m sul piano campagna) con permeabilità del suolo bassa. Una delle proposte avanzate (Figura 3) prevede il miglioramento del trattamento delle acque nere, presso ogni abita-



zione, attraverso una vasca settica implementata con l'inserimento di alcuni deflettori, con un filtro a sabbia a singolo passaggio e un piccolo letto di fitodepurazione aggiuntivo a flusso sub-superficiale (quest'ultimo può essere considerato un sufficiente trattamento finale, tenendo conto delle favorevoli condi-

zioni ambientali). Anche il flusso delle acque grigie potrebbe seguire lo stesso trattamento a partire dal filtro (acque ricche di tensioattivi che costituiscono una parziale barriera alla proliferazione di microorganismi fecali). L'obiettivo principale rimane quello di abbattere la carica patogena con mezzi non specifi-

*Tabella 2 - Concentrazioni medie misurate nei campioni prelevati dagli effluenti di 9 vasche settiche e 4 laghetti.*

Parametro	Unità di misura	Vasca settica	Laghetti	Limiti			
				Vietnam Scarico <sup>a</sup>	Vietnam Riutilizzo <sup>b</sup>	Italia Riutilizzo <sup>c</sup>	Fao Oms <sup>d</sup>
EC	mS/cm	2,11	0,51	-	-	3	0,7
Urea	mg/l	676,67	180,00	-	-	-	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	48,48	12,25	6	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	49,51	14,93	-	-	-	-
Bod <sub>5</sub>	mg/l	190	140	30	-	20	-
Cod	mg/l	206,67	86,00	-	-	100	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	42,91	8,68	2	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,35	0,67	-	-	-	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,14	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/l	106,07	38,34	-	300	250	3
Coliformi Totali	Cfu/100ml	7,2x10 <sup>7</sup>	6x10 <sup>7</sup>	1.000 <sup>a</sup>	200	10 (E.Coli)	1.000 (Coliformi fecali)
Uova di vermi	Eggs/liter	presenza	presenza	-	-	-	<1

a = Limiti vietnamiti per lo scarico di acque reflue domestiche (Tvcn 6772:200)

b = Limiti vietnamiti per il riutilizzo di acque reflue in agricoltura (Tvcn 6773:200)

c = Limiti italiani per il riutilizzo di acque reflue (DM 185, 2003)

d = Limiti di Fao-Oms per il riutilizzo di acque reflue in agricoltura (Guidelines 2006)

ci, e l'eccesso di concentrazione di nutrienti delle acque nere e grigie, impiegando semplici aggiustamenti tecnologici ed un maggior impiego gestionale che miri ad una attenta manutenzione del sistema.

### Conclusioni

Il trattamento delle acque reflue è ancora un problema in Vietnam. Dai risultati delle analisi è emerso che le vasche settiche non sono un trattamento sufficiente per rispettare i limiti di scarico vietnamita.

A maggior ragione non sono in grado di abbattere la carica patogena per rispettare gli standard relativi al riutilizzo di acque in agricoltura e acquacoltura (molto diffuso in Vietnam e a Dang Xa).

Si rendono quindi necessarie alcune implementazioni del sistema in particolare a livello decentralizzato. Le soluzioni proponibi-

li allo stato attuale si basano su sistemi naturali quali la filtrazione e la fitodepurazione che in altri casi hanno mostrato la loro efficienza nella rimozione di Tss, Bod e patogeni. Poiché questi sistemi sono fortemente condizionati dalle condizioni locali (per esempio, dal clima e dalle caratteristiche dei reflui), le proposte avanzate necessiterebbero di essere convalidate da degli studi pilota in campo.

L'obiettivo a lungo termine sarebbe quello di superare alcuni pesanti vincoli economici e le limitazioni di spazi dedicati alla depurazione delle acque che sono ad oggi i più grandi ostacoli alla diffusione di trattamenti efficaci per le acque reflue in Vietnam.

Altro aspetto importante sarebbe quello di introdurre gradualmente miglioramenti tecnologici in modo da passare da sistemi di trattamento non specifici ad

impianti dedicati come, per esempio, piccoli sistemi di disinfezione delle acque reflue applicabili a realtà decentralizzate.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Hellström, L. Jonsson, *Water Science & Technology*, 2003, **48(11-12)**, 61.
- [2] Hanqing Yu *et al.*, *Water Science & Technology*, 1997, **35(9)**, 191.
- [3] L. Malmén *et al.*, *Water Science & Technology*, 2003, **48(11-12)**, 77.
- [4] Marcos von Sperling, *Water Science & Technology*, 1996, **33(3)**, 59.
- [5] Metcalf & Eddy, "Wastewater engineering. Treatment, disposal, and Reuse", McGraw-Hill 1991.
- [6] R. Otterpohl *et al.*, *Water Science & Technology*, 2003, **48(11-12)**, 23.
- [7] Takashy Asano, "Wastewater Reclamation and Reuse", Water quality management library, Crp Press, 1998.
- [8] Tarek A. Elmitwalli *et al.*, *Water Science & Technology*, 1999, **39(5)**, 177.
- [9] William P. Barber, David C. Stuckey, *Water Research*, 1999, **33(7)**, 1559.
- [10] World Health Organization, "Guideline for safe reuse of wastewater