

CONTRIBUTO ALL'APPLICAZIONE DELLA WATER FRAMEWORK DIRECTIVE AI LAGHI ITALIANI: VALUTAZIONE DELLE PRESSIONI ANTROPICHE ATTRAVERSO IL GIS LIMNO

Elisa BURASCHI, Stefano RAVELLI, Chiara MONGUZZI, Franco SALERNO, Gianni TARTARI

Istituto di Ricerca Sulle Acque (CNR-IRSA) - Via della Mornera, 25 - Località Occhiate – 20047 Brugherio (MI)
Tel. 039.216941 – Fax 0392004692 – e.mail: buraschi@irsa.cnr.it

RIASSUNTO

L'obiettivo della Water Framework Directive (WFD, 00/60/CE) è l'istituzione di un quadro comunitario per la protezione degli ambienti acquatici, per il raggiungimento di un "buono" stato di qualità delle acque, in un'ottica di tutela dell'intero ecosistema associato al rispettivo bacino idrografico. Il Progetto LIMNO, avviato nel 1997, ha portato alla realizzazione di un database (DataBase LIMNO) che raccoglie i dati disponibili per 366 laghi italiani, associando l'informazione ad un GIS (GIS LIMNO). La struttura del GIS LIMNO è composta dai perimetri lacustri e dai rispettivi bacini idrografici, individuati sulla cartografia italiana (IGM), georiferiti, digitalizzati e intersecati con l'uso del suolo e le superfici comunali. Questa base dati, associata alle informazioni sull'antropizzazione del territorio, è stata utilizzata per stimare il carico di nutrienti generato dalle principali fonti inquinanti in ciascun bacino idrografico, e per effettuare una valutazione dei fattori di pressione antropica. Il GIS LIMNO, insieme al complesso di informazioni limnologiche raccolte, rappresenta un supporto per il recepimento della WFD, in particolare per la stesura dei Piani di Gestione del Bacino Idrografico e per l'individuazione degli ambienti di riferimento.

ABSTRACT

The Water Framework Directive's aim (WFD, 00/60/CE) is to establish a framework for community action for the protection of all waters, in order to achieve the "good status" of quality. The protection of aquatic environments concerns the whole ecosystem and the catchments of water bodies. The LIMNO Project, started in 1997, has carried out a database (DataBase LIMNO), that collects the available data of 366 Italian lakes and is linked to a GIS (GIS LIMNO). GIS LIMNO is made up of polygonal layers (lakes and their catchments), that were determined on Italian cartography, then georeferenced and digitised, and intersected with the land use and the municipalities' layer. The data so got were combined with the information about anthropization, in order to calculate the nutrient loads generated by main polluting sources in each catchment and to evaluate the anthropic pressure factors. GIS LIMNO, jointly to the whole limnological information collected, represents a supporting tool for the implementation of WFD, especially for the River Basin Management Plans' draft and the reference sites' characterization.

Introduzione

La Direttiva 00/60/CE (*Water Framework Directive*; WFD) ha come finalità l'istituzione di un quadro di riferimento per l'azione comunitaria orientato alla protezione degli ambienti acquatici e al raggiungimento di uno stato "buono" della qualità delle acque. Ulteriori obiettivi ambientali riguardano ogni singolo aspetto dell'ecosistema acquatico, e sono volti a migliorarne lo stato e ad impedirne il deterioramento, riducendo le fonti inquinanti e promuovendo un utilizzo equilibrato e sostenibile delle risorse idriche al fine di garantire una fornitura sufficiente delle stesse (Art. 1).

Per l'ottenimento degli scopi prefissati ciascuno Stato Membro della Comunità Europea deve: **i)** identificare i corpi idrici presenti sul territorio nazionale, riconoscendo la loro appartenenza ad una delle categorie indicate (acque superficiali -laghi, fiumi, acque di transizione o acque costiere- o sotterranee; All. II); **ii)** classificare i corpi idrici superficiali in tipi, secondo uno dei due sistemi stabiliti (A o B) impostati su descrittori di carattere morfometrico e sulla composizione prevalente del substrato geologico (All. II); **iii)** fissare le condizioni di riferimento biologiche, idromorfologiche e chimico-fisiche per ciascun tipo di corpo idrico superficiale (REFCONDs), identificabili con lo stato ecologico elevato (All. II); **iv)** sviluppare proprie metodologie e strumenti per la determinazione dello stato ecologico (corpi idrici naturali) e del potenziale ecologico (corpi idrici artificiali). Lo stato (o il potenziale) ecologico di un corpo idrico si basa sugli elementi di qualità biologici; i parametri chimico-fisici e idromorfologici sono invece elementi a supporto (All. V). Le classi di stato ecologico dei corpi idrici sono determinabili dalla distanza dalle REFCONDs specifiche per il suo tipo.

La WFD aspira alla tutela dell'intero ecosistema acquatico in associazione con il rispettivo bacino idrografico: per questo motivo, è richiesta la stesura di un Piano di Gestione del Bacino Idrografico (Art. 13; All. VII), che ne includa le caratteristiche principali, tra le quali i fattori di pressione e la stima dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque.

Il Progetto LIMNO, avviato nel 1997 e condotto congiuntamente dall'Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA-CNR) e dall'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE-CNR), ha l'obiettivo di sviluppare un Sistema Informativo Territoriale dei principali laghi italiani, uno strumento finalizzato allo studio interdisciplinare di questi ambienti e per questo orientato a coadiuvare il recepimento della WFD. Essa richiede infatti la raccolta del maggior numero di informazioni disponibili, per la gestione delle quali è indispensabile sviluppare strumenti adeguati, come database e GIS. Oggetto di studio del Progetto sono 366 laghi naturali ed artificiali, distribuiti su tutto il territorio nazionale, selezionati sia in base alla dimensione (superficie $\geq 0,2 \text{ km}^2$) sia per interessi ambientali e paesaggistici. Esso è costituito da una banca dati strutturata attraverso Microsoft® Access 2000 (DataBase LIMNO) e da un supporto GIS (GIS LIMNO) ad essa relazionata, realizzato in ambiente ESRI® ArcView® GIS 3.2 (Tartari et al., 2005).

Il presente lavoro illustra le fasi di realizzazione del GIS LIMNO e la sua struttura, evidenziandone il contributo al recepimento della WFD, rappresentato dalla cartografia digitale e dall'individuazione dei fattori di pressione antropica in ogni bacino idrografico (uso del suolo, popolazione, attività industriali, agricoltura, zootecnia, ecc.). Dall'analisi di questi ultimi è possibile effettuare una selezione preliminare degli ambienti di riferimento e quindi delle REFCONDs.

Metodi

REALIZZAZIONE DEL GIS LIMNO

Per la realizzazione del GIS LIMNO sono state necessarie quattro fasi.

- Predisposizione della struttura base del GIS LIMNO

La fase iniziale ha richiesto l'individuazione e la raccolta del supporto cartografico: come riferimento sono state utilizzate le carte dell'Istituto Geografico Militare (IGM) in scala 1:25.000 e 1:100.000, alle quali sono state affiancate, per particolari esigenze, la cartografia IGM (serie M 792) in scala 1:50.000 e, in minima parte, la Cartografia Nazionale Svizzera (CNS) in scala 1:50.000. Su queste carte è stata tracciata la linea spartiacque dei bacini idrografici. Per i laghi naturali la chiusura del bacino è stata individuata in corrispondenza dell'incile del lago, per i serbatoi in corrispondenza dello sbarramento. Di ogni carta sono state acquisite le immagini in formato *raster*.

- Georeferenziazione

La georeferenziazione è stata eseguita utilizzando un'estensione di ArcView® 3.2, (*Warp.avx*); fissati 4 punti di coordinate note, è stato imposto al software di calcolare un polinomio di ordine 1 con un algoritmo di ricampionatura matematica (*nearest neighbour method*). Attraverso questa procedura ad ogni punto vengono attribuite le sue coordinate effettive, riferite al sistema di

riferimento in cui è posizionato. Il materiale cartografico è stato georeferenziato nel sistema UTM-ED1950 sul fuso 32. In molti casi è stato quindi necessario trasformare le coordinate nel sistema di riferimento prescelto, avvalendosi del software CartLab1-Versione 1.2.2.

- *Digitalizzazione*

I temi che costituiscono la struttura di base del GIS LIMNO sono: il lago, la linea spartiacque e la quota massima del bacino idrografico. Questi dati sono stati acquisiti ed archiviati nel GIS mediante digitalizzazione manuale, effettuata utilizzando gli strumenti grafici di cui è dotato ArcView[®] 3.2 e l'estensione *X-Tools.avx*, che permettono di realizzare e modificare punti, linee e poligoni, di calcolare aree, perimetri e lunghezze, di trasformare spezzate in poligoni e viceversa, a seconda delle necessità dell'utente.

- *Intersezione*

Avvalendosi del comando "*intersect themes*", disponibile nell'estensione *X-Tools.avx*, sono stati derivati nuovi strati informativi che rappresentano i comuni e le classi di uso del suolo per ciascun bacino idrografico. Queste elaborazioni sono state realizzate a partire dai seguenti supporti: il tematismo dei confini amministrativi comunali di tutto il territorio nazionale, aggiornato al 1991, e la cartografia CORINE Land Cover degli usi del suolo.

VALUTAZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE

Per la valutazione dei fattori di pressione antropica sono stati utilizzati i dati statistici descrittivi delle diverse fonti di contaminazione diffuse e localizzate, ricavati dai censimenti della popolazione e dell'industria del 1991 (ISTAT, 1992a; ISTAT, 1993) e dal censimento dell'agricoltura del 1990 (ISTAT, 1992b).

Dapprima è stata calcolata la superficie e la frazione percentuale di ogni tipologia di uso del suolo per ogni comune appartenente anche solo parzialmente al bacino idrografico, creando la base per la ripartizione dei dati ISTAT. Successivamente, in relazione alle frazioni percentuali corrispondenti, è stato determinato il numero di abitanti (frazioni urbane), il numero di addetti industriali (frazioni industriali) e il numero di capi di bestiame (frazioni agricole) per i comuni di ciascun bacino idrografico e, dalla somma di questi, per l'intero bacino idrografico.

Questi dati sono stati elaborati attraverso l'applicazione di opportuni coefficienti numerici (Barbiero et al., 1991; Pagnotta, Barbiero, 2003) in modo da ottenere la densità di popolazione equivalente (ottenuta dalla somma della popolazione residente, degli equivalenti industriali e zootecnici, rapportata alla superficie emersa del bacino idrografico ed espressa in ab/km²) e i carichi potenziali di nutrienti generati sul territorio (ottenuti dalla somma dei carichi potenziali di tutte le fonti diffuse e localizzate e generalmente espressi in t/a).

Tali coefficienti permettono, nel primo caso, di trasformare i diversi capi animali e gli addetti di diverse attività industriali in abitanti equivalenti, mentre nel secondo caso descrivono la quantità di fosforo o azoto ceduta da una persona come conseguenza di attività metaboliche e domestiche o da una superficie di un km² di terreno per dilavamento.

Risultati

STRUTTURA DEL GIS LIMNO

Il GIS LIMNO è attualmente formato da due livelli, derivati da due diversi tipi di elaborazione:

- un livello di base costituito da due temi di tipo poligonale (perimetri lacustri e rispettivi bacini idrografici) e da uno puntiforme (quota massima del bacino idrografico), individuati sulla cartografia e successivamente georeferenziati e digitalizzati. Questo primo livello è stato completato per tutti i 366 laghi oggetto di studio del Progetto LIMNO;
- un livello "derivato", costituito dai temi dei confini amministrativi comunali e dagli usi del suolo di ciascun bacino idrografico, ricavati dall'operazione di intersezione del livello di base con la cartografia dei confini amministrativi comunali e la cartografia CORINE Land Cover. Questo secondo livello è stato realizzato esclusivamente per i laghi naturali.

I FATTORI DI PRESSIONE ANTROPICA

Nel GIS LIMNO i fattori di pressione antropica sono ottenuti dalla cartografia combinando i dati di antropizzazione (popolazione equivalente e carichi inquinanti) e in questo lavoro, a scopo esemplificativo, vengono riportati esempi di carte derivate relativi al caso del lago di Monate. Nel complesso l'analisi dei fattori di pressione è stata effettuata per i maggiori laghi naturali (superficie $\geq 0,5 \text{ km}^2$). Attualmente sono in corso ulteriori elaborazioni ed approfondimenti a scala nazionale.

Distribuzione della popolazione equivalente

La popolazione equivalente totale permette di tener conto di tutte le attività che possono dar luogo ad un inquinamento di natura organica delle acque (Pagnotta, Barbiero, 2003).

Nella figura 1, per ogni comune è rappresentata la distribuzione percentuale ripartita nelle tre principali sorgenti inquinanti nel bacino idrografico del lago di Monate. La pressione zootecnica costituisce il 10% del totale ed è presente in tutti i comuni (in particolare nel comune di Osmate rappresenta il 100%), la popolazione residente, localizzata nei comuni di Cadrezzate e di Travedona, rappresenta il 22% del totale ed infine la componente industriale costituisce il 68% del totale.

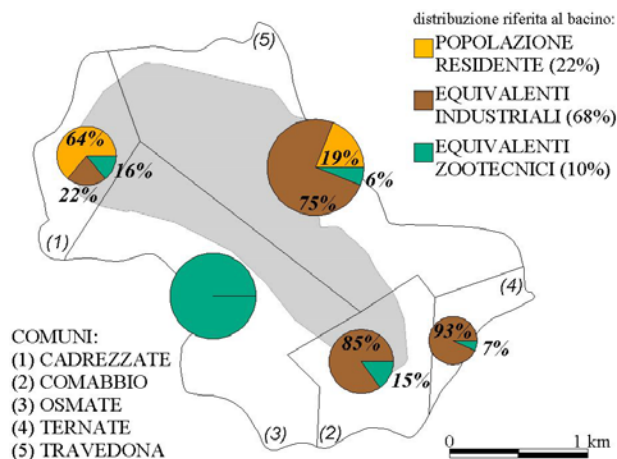


Figura 1 – Lago di Monate (VA): distribuzione della popolazione equivalente

La figura 2 riporta la distribuzione della popolazione residente, degli equivalenti industriali e zootecnici in un campione di 50 laghi naturali. Il grafico evidenzia il ruolo relativo di ogni sorgente inquinante: emerge in generale che l'industria e la zootecnia sono i fattori aventi maggiore rilievo, seguiti dalla componente dovuta alla popolazione. Quest'ultima è comunque importante avendo un peso superiore al 10% in quasi tutti i casi, ad eccezione dei laghi di Albano, Avigliana Piccolo, Fimon, Martignano nei quali è presente solo la componente zootecnica, e dei laghi Mezzola e Resia, nei quali la popolazione residente si attesta intorno al 5% della popolazione equivalente totale.

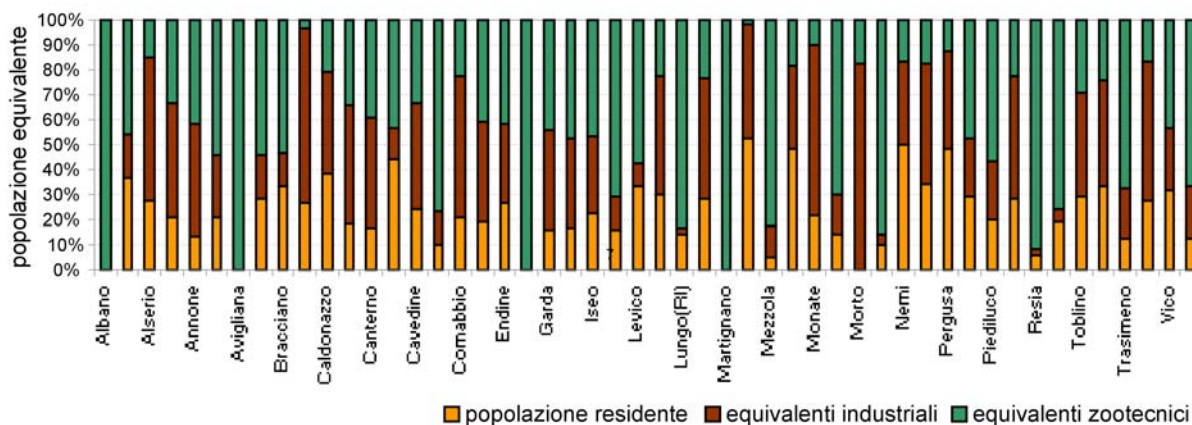


Figura 2 – Distribuzione della popolazione equivalente in un campione di 50 laghi naturali

Distribuzione dei carichi inquinanti

Un ulteriore risultato ricavabile dal GIS LIMNO è raffigurato nelle figure 3 e 4, che riportano altre due carte derivate nelle quali è visualizzata la distribuzione dei carichi inquinanti di fosforo. Nella figura 3 sono rappresentati i carichi inquinanti generati, i quali si riferiscono alla quantità di nutrienti prodotta nel bacino idrografico dalle diverse componenti antropiche senza considerare ulteriori riduzioni o abbattimenti. Nella figura 4 sono invece riportati i carichi inquinanti effettivi, i

quali si riferiscono alla quantità di nutrienti che viene effettivamente rilasciata al corpo lacustre, calcolata attraverso appositi fattori di riduzione (Barbiero et al., 1991).

Nelle due carte è rappresentata la percentuale di carico derivata da ciascuna categoria per ogni comune: dal confronto è possibile valutare la differenza tra carico generato ed effettivo. Ad esempio, è evidente che la popolazione del comune di Travedona genera il 42% del carico di fosforo, ma acquista un peso maggiore in termini di carico effettivo, stimato nell'84%.

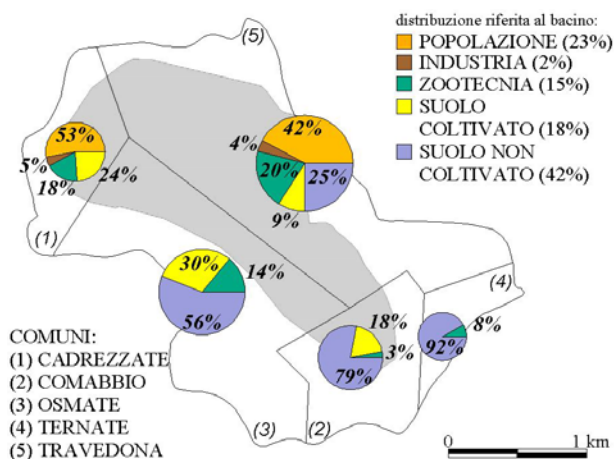


Figura 3 – Lago di Monate (VA): carichi di fosforo generati.

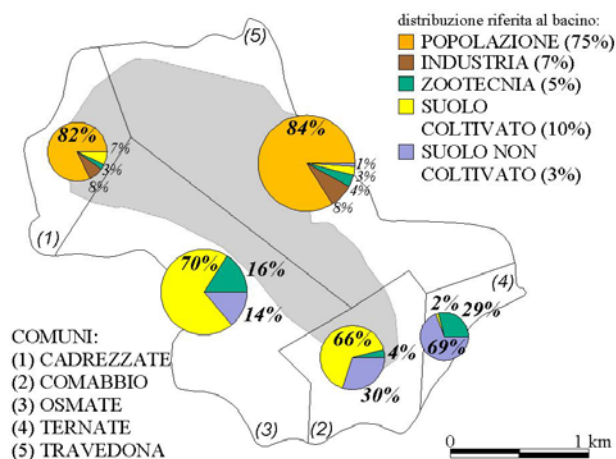


Figura 4 – Lago di Monate (VA): carichi di fosforo effettivi.

Confronto dei fattori di pressione con la qualità delle acque: fosforo e densità di popolazione equivalente

La densità di popolazione equivalente può essere messa in relazione con i valori di concentrazione di fosforo totale (TP, µgP/l) nei laghi, misurati alla circolazione invernale, archiviati nel DataBase LIMNO e relativi al decennio '90-99. In generale, come atteso (Fig. 5), nonostante l'approssimazione insita nell'origine dei dati, esiste una relazione tra i due parametri ($r = 0,6$) che conferma la validità dell'utilizzo dei fattori di pressione per l'individuazione preliminare degli ambienti di riferimento, come indicato dalla WFD.

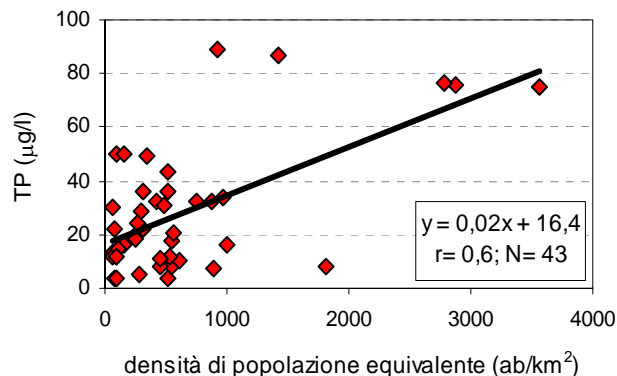


Figura 5 – Relazione tra la concentrazione di fosforo totale e la densità di popolazione equivalente

Discussione e conclusioni

La realizzazione del protocollo di valutazione presentato in questo lavoro è stata resa possibile grazie all'impostazione di un approccio metodologico completo: raccolta e catalogazione del supporto cartografico cartaceo, tracciatura manuale dei bacini idrografici, realizzazione della cartografia digitale attraverso la georeferenziazione e la digitalizzazione, elaborazioni con i supporti tematici esistenti per derivare nuove informazioni, elaborazione delle informazioni ricavate con i dati ISTAT. Lo strumento ottenuto costituisce un set di informazioni unico nel suo genere per i principali laghi italiani; la loro omogenea distribuzione su tutto il territorio nazionale li rende inoltre rappresentativi del panorama nazionale delle acque lacustri. I risultati ottenuti forniscono indicazioni sullo stato di qualità dei laghi, adatte ad individuare le dimensioni degli interventi di protezione e di recupero ambientale. A scala locale, invece, anche se le informazioni acquisite

permettono di ricavare delle indicazioni di massima, queste hanno un valore più relativo poiché richiedono ulteriori informazioni mirate e dettagliate.

Il GIS LIMNO costituisce un'indubbia base di partenza per il recepimento della WFD. La cartografia dei laghi e dei rispettivi bacini idrografici, nonché la raccolta e la produzione di dati di antropizzazione, sono infatti parte integrante della raccolta di informazioni richieste per la stesura dei Piani di Gestione del Bacino Idrografico (Art. 13; All. VII). L'analisi dei fattori di pressione antropica può essere inoltre utilizzata al fine di coadiuvare la definizione delle REFCONDs per ciascun tipo di lago. In quest'ottica, è stata anche avviata una metodologia a supporto dell'individuazione degli ambienti di riferimento, basata essenzialmente su due parametri e sulla relazione esistente tra di essi: la concentrazione di fosforo e la densità di popolazione equivalente. Combinando il limite della classe di oligotrofia (fosforo totale = 10 µgP/l) e un valore di densità di popolazione equivalente indicativo di scarsa antropizzazione (200 ab/km²), stimato dalla densità media di aree del territorio nazionale scarsamente antropizzate (ISTAT, 1995), sembra possibile individuare ambienti aventi caratteristiche compatibili con le condizioni "di riferimento" (Buraschi et al., 2005). La determinazione delle REFCONDs e delle classi di stato ecologico richiederà naturalmente di essere completata introducendo gli elementi di qualità biologica: una fase molto più complessa, a causa della generale scarsità di dati e di metodologie con solide basi scientifiche, ma di applicazione relativamente semplice, come richiesto dalla WFD.

L'aggiornamento della base dati con le informazioni relative alle indagini censuarie del 2001, avviata nella fase corrente del Progetto LIMNO, offrirà invece la possibilità di effettuare confronti con i dati pregressi e, dalla comparazione con l'evoluzione temporale della qualità dei corpi lacustri, si potranno avanzare interpretazioni sul ruolo dinamico dei fattori di pressione nel tempo.

Bibliografia

Barbiero, G., Carone G., Cicioni G., Puddu A., Spaziani F.M. (1991), *Valutazione dei carichi inquinanti potenziali per i principali bacini idrografici italiani: Adige, Arno, Po e Tevere*. Quaderni Istituto Ricerca Sulle Acque, 90: 233 pp.

Buraschi, E., Salerno F., Monguzzi C., Barbiero G., Tartari G. (2005), Characterization of the Italian lake-types and identification of their reference sites using anthropogenic pressure factors. *J. Limnol.*, 64 (1): 75-84

Istituto Nazionale di Statistica (1995), *Le Regioni in cifre*. ISTAT (ed), Roma, 178 pp.

Istituto Nazionale di Statistica (1993), *7° censimento generale dell'industria e dei servizi. Dati sulle caratteristiche strutturali delle imprese e delle unità locali*, ISTAT (ed), Roma

Istituto Nazionale di Statistica (1992a), *13° censimento generale della popolazione*, ISTAT (ed), Roma

Istituto Nazionale di Statistica (1992b). *4° censimento generale dell'agricoltura 21 ottobre 1990 - 22 febbraio 1991*, ISTAT (ed), Roma

Pagnotta, R., Barbiero G. (2003), Stima dei carichi inquinanti nell'ambiente marino-costiero. *Ann. Ist. Sup. Sanità*, 39: 3-10

Tartari G., Buraschi E., Monguzzi C., Marchetto A., Copetti D., Previtali L., Salerno F., Tatti S., Barbiero G., Pagnotta R. (2005), *Progetto LIMNO: qualità delle acque lacustri italiane. Volume 1: Sintesi dei risultati*. Quaderni Ist. Ric. Acque, 120. (In press)