

# Cave dismesse della Regione Umbria: metodo per l'individuazione di aree da destinare ad interventi di riattivazione, ricomposizione e recupero ambientale.

Corrado Cencetti<sup>1</sup>, Michele Cenci<sup>2</sup>, Andrea Fredduzzi<sup>1</sup>, Ivan Marchesini<sup>1</sup>, Andrea Monsignori<sup>2</sup>, Paolo Tacconi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Via G. Duranti 93 – 06125 Perugia, corcen@unipg.it, fredduzzi@unipg.it, marchesini@unipg.it, ptacconi@unipg.it

<sup>2</sup>Regione dell'Umbria, Direzione Politiche Territoriali Ambiente ed Infrastrutture, VI Servizio, I - Sezione Cave Miniere ed Acque Minerali, Piazza Partigiani 1 - 06100 Perugia, michelecenci@libero.it, caveminiera@regione.umbria.it

*The dismissed quarries of the Umbria Region: a method to define the areas which should be assigned to reactivation, recovery and reclamation projects*

**ABSTRACT:** The paper describes the first part of a study regarding the definition of the dismissed quarries which mainly impact on the landscape and of those which, in case, can be reactivated. The study is one of the targets of the PRAE (Regional Plan for the Extractive Activities) of the Umbria Region. The first part of the research deals with the creation of some vector maps representing the perimeters of the dismissed quarries and the creation of the database of the attributes. By means of the analysis of many territorial data (geological maps, DTMs, orthorectified aerial photographs, etc.) it was possible to join, by means of database tables, a lot of informations to each quarry (dimension, topographic area, land use, visual impact, amount of excavated material, etc.). These attributes have been subsequently used to calculate three indices of impact, reactivation and recovery. The study has been carried out on a GNU-Linux workstation by means of free software (Grass GIS, PostgreSQL, Psql, PgAccess, Latex, R, OpenOffice), which have demonstrated to be a powerful and useful resource not only in the field of the research but also in the landscape management.

*Key terms:* quarries, GIS, open source software, environmental impact, reenvironment  
*Termini chiave:* cave, GIS, software libero, impatto ambientale, riambientamento

## Riassunto

Nel presente lavoro viene descritta la prima parte dello studio relativo all'individuazione delle cave dismesse maggiormente impattanti e di quelle eventualmente riattivabili. La ricerca rientra negli obiettivi del Piano Regionale per le Attività Estrattive della Regione Umbria. La prima parte del lavoro ha previsto la creazione di mappe numeriche vettoriali, contenenti i perimetri delle aree di cava dismesse, e la creazione di alcune tabelle degli attributi. Attraverso l'analisi di numerosi dati territoriali, quali ad esempio la vincolistica, la carta geologica o il modello digitale del terreno, è stato possibile associare a ciascuna area estrattiva una notevole quantità di informazioni (estensioni areali e topografiche, uso del suolo, volumi estratti, impatto visivo, ecc.), che sono state successivamente utilizzate per costruire degli indici di impatto, di riattivazione e ricomposizione. L'intero lavoro è stato effettuato su workstation GNU-Linux ed utilizzando esclusivamente software libero (Grass GIS, PostgreSQL, Psql, PgAccess, Latex, R, OpenOffice), che ha dimostrato di rappresentare una potente ed utile risorsa non solo nel campo della ricerca, ma anche in quello della gestione del territorio.

## 1. Introduzione

L'attività estrattiva dismessa rappresenta un notevole elemento di impatto ambientale sul territorio italiano.

Il numero di cave dismesse presenti sul territorio umbro, in particolare, è pari a circa 4 volte quelle attive.

Con l'approvazione della L.R. 2/2000, norma che disciplina la programmazione e l'attività di coltivazione dei materiali di cava nella Regione Umbria nel rispetto dell'ambiente e del territorio e con le sue successive modifiche ed integrazioni, è stata sancita la priorità, rispetto all'apertura di nuovi siti estrattivi, dell'ampliamento delle attività in essere e la ripresa delle attività nelle aree di escavazione dismesse, anche al fine della ricomposizione ambientale.

La programmazione delle attività estrattive si attua attraverso il Piano Regionale delle Attività Estrattive (PRAE – Regione Umbria, 2005), di recente approvazione. Il prossimo aggiornamento del PRAE conterrà, tra l'altro, la verifica dello stato dei luoghi delle cave dismesse e dei prevedibili interventi di cava.

Il PRAE prevede, di conseguenza, la verifica dello stato dei luoghi delle cave dismesse, comprendente la rilevazione dello stato dei luoghi, il grado di rinaturazione e

reinserimento dell'area di cava nel contesto paesaggistico locale e le diverse ipotesi di fattibilità di interventi di riattivazione, reinserimento o recupero ambientale.

Tale analisi vuole concentrare la sua fase iniziale nella suddivisione delle cave dismesse in siti già naturalmente recuperati e quindi reinserite nel contesto paesaggistico, in siti suscettibili di riattivazione ed in siti che necessitano di recupero ambientale, in quanto presentano un elevato impatto sull'ambiente.

L'opportunità di individuare le aree estrattive che necessitano di un intervento prioritario ha spinto Regione Umbria e Università di Perugia a definire una convenzione di ricerca.

L'obiettivo era quello di definire un metodo, che sarebbe stato poi applicato, per arrivare a costruire un database delle cave dismesse in Umbria, finalizzato a definire quali siano, tra queste, quelle maggiormente impattanti e quali quelle riattivabili o da ricomporre.

Lo studio è stato suddiviso in 3 fasi fondamentali:

1. individuazione, in laboratorio, delle aree estrattive dismesse umbre ed assegnazione di indici di impatto e riattivazione;
2. verifica di campagna delle cave caratterizzate da valori degli indici estremamente elevati;
3. definizione dei possibili scenari di intervento sulle attività estrattive ritenute "emergenze", a seguito della verifica effettuata al punto precedente.

Il presente lavoro descrive la sola prima fase del lavoro, definendone strumenti, parametri utilizzati, procedure e risultati ottenuti.

Il lavoro è stato interamente portato avanti su workstation GNU-Linux ed utilizzando software liberi (<http://www.gnu.org/philosophy>) come Grass GIS (Neteler & Mitasova, 2005), PostgreSQL, Psql, PgAccess, Latex, R, OpenOffice che, in termini di prestazioni ed affidabilità, sono talvolta superiori ai software proprietari ed inoltre presentano il vantaggio di non costringere la Pubblica Amministrazione a disperdere risorse finanziarie nell'acquisto di licenze d'utilizzo.

Si ritiene che il lavoro svolto, per i metodi utilizzati e le soluzioni proposte, possa risultare interessante per gli addetti al settore e per tutti coloro che, in maniera diversa, si occupano di gestione del territorio, trattazione dei dati territoriali e sistemi di "decision making" in genere.

## 2. Dati a disposizione

La Regione Umbria si è fatta promotrice, nel corso degli ultimi anni, di alcuni censimenti delle cave dismesse presenti sul territorio. I dati ottenuti, poiché provenivano da molteplici fonti, sono risultati estremamente eterogenei, talvolta ridondanti e spesso poco precisi, anche a causa della incerta ubicazione sul territorio delle presunte cave. Il censimento, che è riassunto in un foglio di calcolo in cui sono riportati identificativo univoco (*id\_regione*), coordinate del punto (*Gauss-Boaga Roma40*) ed altri

parametri eventualmente utilizzabili (*proprietario*, *origine del dato*, *toponimo*, etc.), è stato successivamente esportato in formato testo e successivamente importato, come file vettoriale di punti, all'interno di Grass GIS.

Si è scelto, per il lavoro, il sistema di riferimento Gauss-Boaga Roma40 Fuso Est, in quanto la Regione Umbria utilizza solitamente questo sistema per la propria cartografia numerica. Le mappe numeriche che non sono state fornite in questo sistema di riferimento sono state riproiettate tramite Grass GIS che, facendo uso della libreria di proiezioni cartografiche *PROJ* (<http://www.remotesensing.org/proj/>), è in grado di effettuare riproiezioni di mappe raster e vettoriali (anche con trasformazione di *datum*) con elevata precisione.

Oltre alla mappa dei punti delle cave dismesse, sono stati importati in Grass GIS (utilizzando le potenzialità di *Gdal*, una potente libreria per la manipolazione e la conversione di numerosi formati di dati territoriali digitali - <http://www.remotesensing.org/gdal/>), le seguenti mappe numeriche riferite all'intero territorio regionale: ortofoto con risoluzione al suolo pari ad 1 metro; foto aeree storiche e georiferite relative ad alcuni tratti dei maggiori corsi d'acqua umbri (fiume Tevere, fiume Paglia); CTR raster con risoluzione al suolo pari a circa 0.4 metri; DEM con risoluzione al suolo pari a 25 metri; mappe vettoriali relative ai 18 differenti vincoli ostativi definiti dal PRAE; mappa vettoriale relativa ai fenomeni franosi censiti; mappa vettoriale relativa alle attività di cava attive; mappa vettoriale della carta geologica; mappa vettoriale dei litotipi (ottenuta per riclassificazione della precedente); mappa vettoriale dei toponimi; altri dati.

## 3. Digitalizzazione ed inserimento dei dati interpretati dalle ortofoto e da altri dati di supporto

Grass GIS è in grado di gestire gli attributi di un file vettoriale sia come semplice tabella *dbf*, sia come tabella di *DBMS* relazionali più complessi e potenti (MySQL, PostgreSQL). Come già detto, nel nostro caso si è scelto di lavorare in ambiente PostgreSQL.

La prima parte del lavoro ha riguardato l'individuazione e la digitalizzazione dei perimetri delle aree di cava dismesse (figura 1).

Va sottolineato come, talvolta, la presenza di un'area di cava dismessa non sia facilmente desumibile dalle sole fotografie aeree; quindi, in molti casi è stato necessario, al fine di desumere la reale presenza di aree di cava o di accertarne l'assenza, incrociare le informazioni derivanti da carte tecniche, ortofoto, fotografie aeree storiche, ecc.. Spesso, inoltre, aree di cava dismesse estremamente evidenti e non presenti nel censimento regionale, sono state aggiunte *ex novo*.

Inoltre, all'interno di ogni area estrattiva, sono state delimitate anche diverse sottoaree, in base all'attuale uso del suolo. In particolare sono stati distinti: fronte di cava,

piazzale di cava, aree vegetate, suolo nudo generico, lago di falda, aree urbanizzate, aree coltivate.

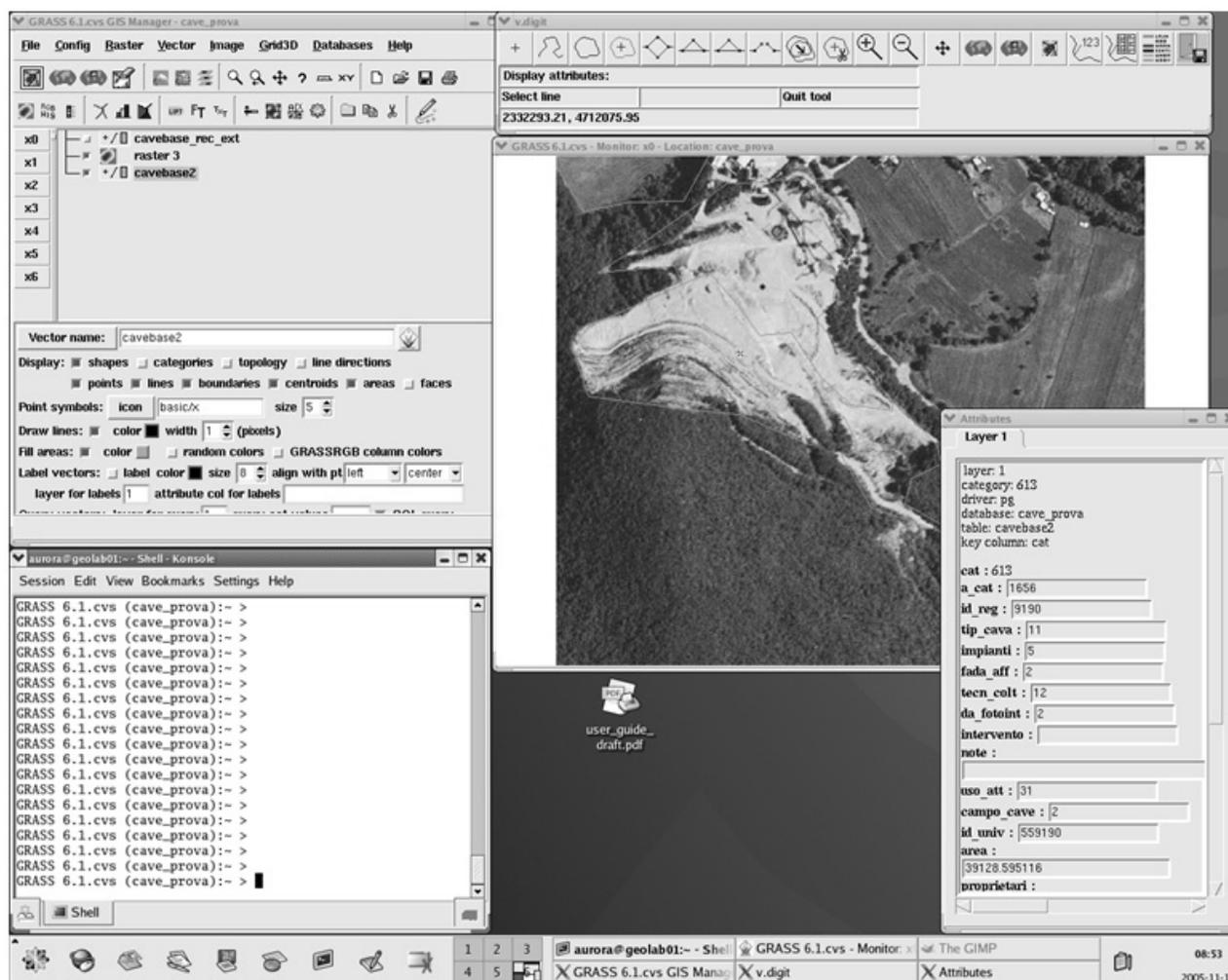


Figura 1 - Definizione dei perimetri di cava ed inserimento degli attributi desumibili da ortofoto

*Drawing quarry perimeters and inserting attributes defined from the orthorectified aerial photographs*

Le informazioni relative ad ogni sottoarea sono state associate ad un centroide che a sua volta era collegato ai records di una tabella (figura 2).

I campi della tabella di questo primo prodotto vettoriale che, alla fine della fase di digitalizzazione, rappresenta il primo risultato utile ottenuto, sono stati in parte compilati manualmente dall'operatore (*id\_regione*, *tipo di cava*, *tecnica di coltivazione*), in parte compilati automaticamente tramite moduli interni di Grass GIS (*area*). In particolare sono stati definiti due campi particolarmente importanti per il lavoro: il primo, chiamato *id\_univ*, definisce un identificativo unico per ogni area di cava, comune a ciascuna sottoarea. Il secondo, definito *note*, è stato utilizzato per caratterizzare il livello di confidenza con cui l'area perimetrata poteva essere classificata come area estrattiva.

La mappa vettoriale così creata è stata denominata, per semplicità, *cavebase*. Tale nome viene assunto anche dalla

tabella ad essa collegata.

#### 4. Creazione della mappa vettoriale finale

Al fine di produrre una mappa vettoriale facilmente fruibile anche da utenti non esperti ed esportabile su altri sistemi GIS, si è deciso che il formato di esportazione sarebbe stato un *Esri shapefile (shp)*.

Questo comportava la necessità di creare un'unica mappa vettoriale che individuasse i perimetri principali delle aree di cava (senza sottoaree), comprendenti un unico centroide a cui erano associati tutti gli attributi. In sostanza si trattava di creare una tabella i cui campi fossero anche quelli precedentemente definiti per la mappa *cavebase*.

Utilizzando le funzioni di riclassificazione ed estrazione con dissoluzione dei *boundaries* comuni tra le diverse sottoaree di un'unica area di cava, è stato possibile ottenere un'unica mappa vettoriale in cui la categoria di ogni area estrattiva assumeva un valore uguale a quello dell'*id\_univ*.

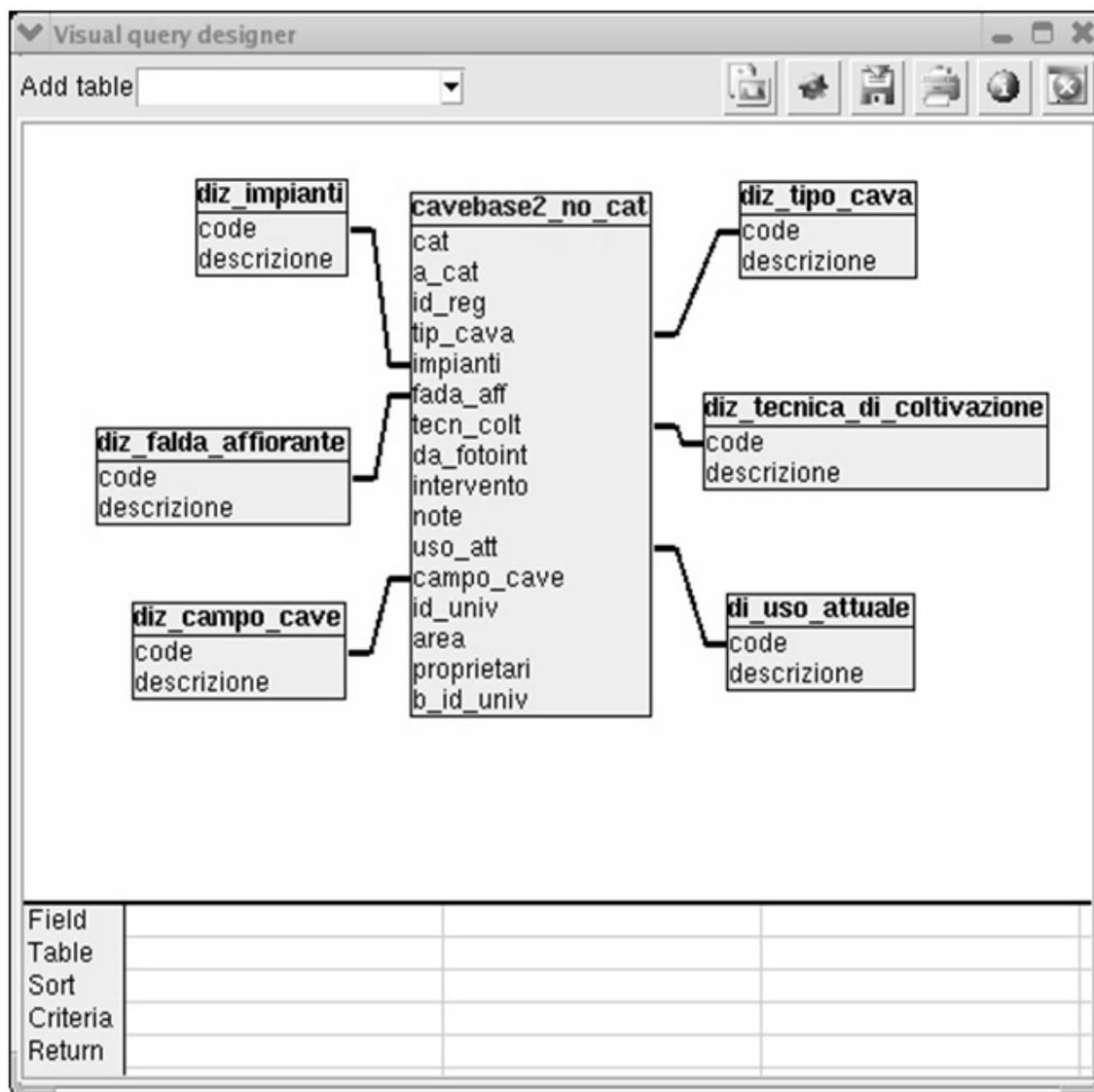


Figura 2 - Un esempio delle tabelle degli attributi (PgAccess)  
*Example of attributes tables (PgAccess)*

Successivamente, tramite *queries sql* eseguite sulla tabella di database *cavebase*, sono stati sommati e raggruppati (comandi *sql sum()* e *group by*) per *id\_univ*, i valori delle diverse tipologie di aree presenti all'interno di un'area estrattiva (infatti in una cava dismessa potevano essere presenti più laghi di falda o magari più fronti di estrazione).

La tabella ottenuta è costituita da un unico *record* per ogni cava e da campi che riportano, principalmente, l'identificativo *id\_univ*, l'area di fronte cava, di piazzale cava, di aree urbanizzate, ecc. Circa in ugual maniera sono state associate, sempre a partire dalla tabella *cavebase*, le informazioni relative a tecniche di coltivazione e tipologia di cava (cava di versante, culminale, di pianura chiusa, di pianura aperta).

Collegando, tramite il valore comune di categoria e di

*id\_univ*, la mappa vettoriale ottenuta per riclassificazione/estrazione alla tabella appena creata, si è ottenuta la base del prodotto finale atteso. Tale mappa è stata chiamata, come la tabella ad essa associata, *cave\_finale*.

Il numero di cave dismesse presenti nella mappa vettoriale (comprendendo anche quelle di cui non si ha certezza), è risultato pari a 518.

## 5. Inserimento degli ulteriori attributi della mappa vettoriale finale

L'obiettivo della prima fase del lavoro, come già detto, era quello di individuare, tra le tante cave presenti sul territorio umbro, quelle che avevano necessità di interventi di riqualificazione rapidi e quelle che potevano essere prese in

considerazione ai fini di una riattivazione dell'estrazione.

Per questo erano necessarie ulteriori informazioni, oltre a quelle già inserite e descritte precedentemente, relative alle cave stesse.

Di seguito sono descritte, in modo sintetico per ragioni di spazio, le procedure utilizzate per assegnare questi ulteriori attributi alla tabella *cave\_finale*.

I dati sono stati inseriti seguendo principalmente tre metodi: *overlay* topologico, moduli interni di Grass GIS, creazione di appositi *script di shell* (cioè di piccoli programmi in linguaggio di programmazione *shell*).

L'*overlay* topologico è stato eseguito con ciascuno dei 18 vincoli ostatici. Il risultato dell'*overlay* (eseguito con operatore *and* e quindi, in sostanza, un'intersezione tra aree) ha consentito di creare, nella tabella degli attributi, 18 campi dicotomici, nei quali il valore "1" stava per "presenza del vincolo" e "0" per "assenza di vincolo". L'*overlay* è stato utilizzato anche per definire i litotipi e le formazioni geologiche interessate dall'area estrattiva. In particolare, mentre per i litotipi (non più di 6 categorie) si è mantenuta traccia della presenza di tutti quelli affioranti nell'area di cava, per le formazioni si è preferito inserire in tabella solamente la formazione affiorante sulla maggior parte dell'area di cava (annotandone anche l'estensione). Tutte queste operazioni non hanno richiesto solamente l'esecuzione di procedure di intersezione topologiche, ma anche la successiva esecuzione di *join sql* che hanno consentito di associare ad ogni cava tutte le informazioni derivanti dalle intersezioni stesse. I *client sql* utilizzati, *psql* e *PgAccess*, sono risultati in questa fase estremamente utili: il primo perchè consente di lavorare da riga di comando e quindi di mantenere memoria dei comandi precedentemente attribuiti, favorendo l'esecuzione di procedure ripetitive; il secondo perchè facilita, con una *graphic user interface (gui)* sufficientemente sviluppata, la visualizzazione dei dati e l'esportazione/importazione delle tabelle (figura 2).

L'inserimento, all'interno del database, dei nomi dei toponimi prossimi all'area estrattiva è stato eseguito utilizzando il modulo *v.distance*, un modulo interno a Grass GIS che ha consentito di associare ai centroidi delle cave il nome dei toponimi più vicini.

Tra gli ultimi dati inseriti nella tabella, ed ancora da descrivere, sono rimasti tutti quei parametri che sono stati stimati in base al modello digitale del terreno. La qualità del DEM, in questo caso, assume un'importanza fondamentale, che non può essere tralasciata. Il DEM utilizzato, infatti, fornito dalla Regione Umbria, deriva dall'interpolazione delle isoipse IGM 1:25000 e se, da un lato, è in grado di rappresentare ottimamente il territorio a scala regionale, dall'altro non è spesso in grado di mettere in evidenza la presenza di cave posteriori alla realizzazione delle carte, o non sufficientemente grandi da essere adeguatamente rappresentate con risoluzione di 25 metri al suolo.

Per il presente lavoro, il DEM è stato utilizzato al solo scopo di inserire, all'interno della tabella relativa a ciascuna cava dismessa, le seguenti informazioni:

1. dislivello dell'area di cava nel suo complesso
2. altezza dei fronti
3. area topografica dei fronti
4. porzione di territorio da cui sono visibili le cave
5. stima dei volumi di materiale estratti.

Inserire questo tipo di informazioni avrebbe richiesto l'esecuzione, per ciascuna delle 518 cave dismesse, di numerose operazioni che, se eseguite manualmente, avrebbero avuto necessità di una quantità di tempo notevole, incrementando la possibilità di errori da parte dell'operatore. Si è quindi deciso di sfruttare la struttura modulare di Grass GIS (che è composto da singoli programmi, eseguibili anche attraverso linea di comando), per inserire all'interno di alcuni *script di shell* i comandi di Grass GIS da utilizzare iterativamente su tutte le cave dismesse censite.

Per quanto riguarda i primi due parametri (dislivello della cava totale e del solo fronte) gli *script* creati sono estremamente semplici. Essi infatti, in base all'identificativo univoco di ogni cava, provvedono ad isolare le sole celle del DEM interne alla cava stessa (o al suo fronte) ed a individuarne il valore massimo e minimo. La differenza tra i due valori fornisce il risultato voluto. Questi due *script*, come i successivi, necessitano di avere in *input*:

- a) una lista degli *id\_univ* delle cave su cui andare ad eseguire le operazioni (fornita su un file di testo o derivante dallo standard output di una *select sql*);
- b) una mappa vettoriale che contenga un campo *id\_univ* nella tabella degli attributi.

Il dato relativo all'area topografica dei fronti di cava è particolarmente importante in chiave di impatto ambientale. È evidente, infatti, che ad una ridotta estensione planimetrica del fronte di cava può corrispondere una notevole estensione reale se il fronte di cava è molto inclinato.

Con riferimento al lavoro di Grohmann (2004), è stato creato uno *script di shell* che procede ad isolare il fronte di cava ed a calcolarne, tramite operazioni di *map algebra*, la reale estensione sulla base della seguente equazione:

$$area\_topografica = res^2 \cdot \{1 + [\tan(slope)]^2\}$$

in cui:

*res* = risoluzione della mappa raster;

*slope* = carta delle pendenze (precedentemente generata dal DEM della Regione Umbria).

Per quanto attiene alla visibilità delle aree estrattive dismesse, si è proceduto a calcolarne l'estensione sulla base del modulo *r.los* di Grass GIS (modulo che individua la porzione di territorio da cui è possibile vedere un punto dato - vedi figura 3).

Poiché sarebbe stato limitativo definire la visibilità di una cava dismessa medio-grande sulla base di un unico punto, è stato generato uno *script* contenente due cicli *for*. Il primo, quello principale, individua la cava da analizzare (sulla base della lista o della *select sql*); il secondo, interno al precedente, genera all'interno dell'area di cava un numero *n* di punti proporzionale alle dimensioni della cava stessa.

Su ciascun punto va poi ad eseguire il comando *r.los* che genera *n* mappe di visibilità, riunite poi in un'unica mappa.

A questo punto il ciclo *for* principale prosegue calcolando l'estensione di territorio visibile dalla cava (e dal

quale, ovviamente, è quindi possibile vedere la cava stessa). L'output dello *script* è un file di testo contenente la lista di *id\_univ* ed estensione dell'area visibile corrispondente.

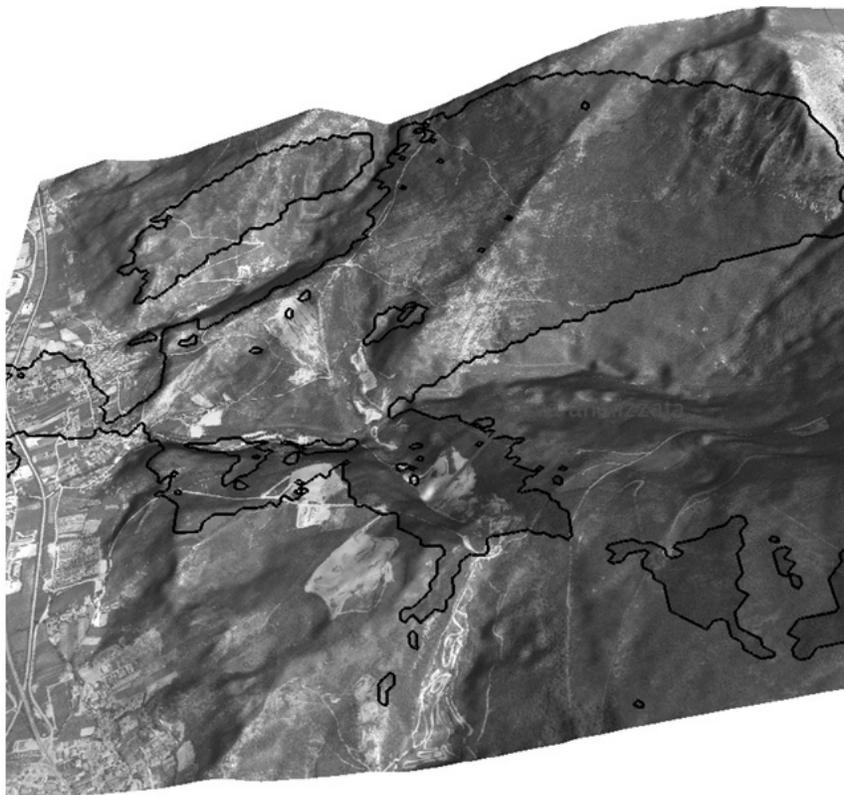


Figura 3 - Un esempio dell'output di *r.los*  
*Example of the r.los output*

La stima dei volumi estratti ha richiesto alcune assunzioni. Innanzi tutto, come già detto, si è posto che la reale topografia delle cave dismesse non fosse adeguatamente rappresentata dal DEM disponibile, ma che anzi questo rappresentasse la topografia precedente l'inizio dell'attività estrattiva. In secondo luogo si è assunto che il fronte delle cave di versante fosse inclinato con angoli diversi, in funzione del litotipo (60° per calcari, arenarie e vulcaniti; 35° per le ghiaie; 25° per le marne; 15° per le argille); questo valore è stato utilizzato per ricostruire, in modo approssimato, il fronte del piano di cava presente nell'area estrattiva.

Lo *script* opera come descritto in figura 4.

Il risultato del modulo è anche un modello digitale del terreno ricreato, in maniera approssimata, al fine di mettere in evidenza le cave; in figura 5 viene mostrato il modello digitale del terreno, con sovrainposta l'ortofotocarta attuale, così come si presenta originariamente (sopra) e come è stato modificato automaticamente sulla base dei risultati dello *script* (sotto); la risoluzione al suolo (25 metri) è stata mantenuta nell'immagine al fine di mettere in luce la scarsa qualità del DEM.

La tabella contenente le informazioni sin qui descritte rappresenta, di per sé, un risultato estremamente utile, aggiornabile e quindi fruibile da operatori della Pubblica Amministrazione.

L'integrabilità di Grass GIS nell'ambiente di *shell* ha consentito, inoltre, di realizzare, con poche righe di codice ed utilizzando LATEX, un generatore di *report* che consente di stampare le informazioni volute in merito alle cave censite su singoli fogli A4 in formato PDF.

L'integrazione di PostgreSQL ed R (un potente software di analisi statistica) ha consentito di studiare la distribuzione statistica dei valori inseriti nelle tabelle, consentendo quindi di raggrupparli in modo omogeneo in classi di valori ben distinte. In sostanza, ciascuna cava dismessa è stata assegnata ad una classe di numeri interi creata per ciascun parametro che invece assume valori numerici reali.

Le classi di valori create assumono per lo più valori crescenti da 1 a 6, consentono una semplice interrogazione del database e permettono di procedere alla creazione di indici derivati dalla somma dei valori delle classi per ogni singola cava.

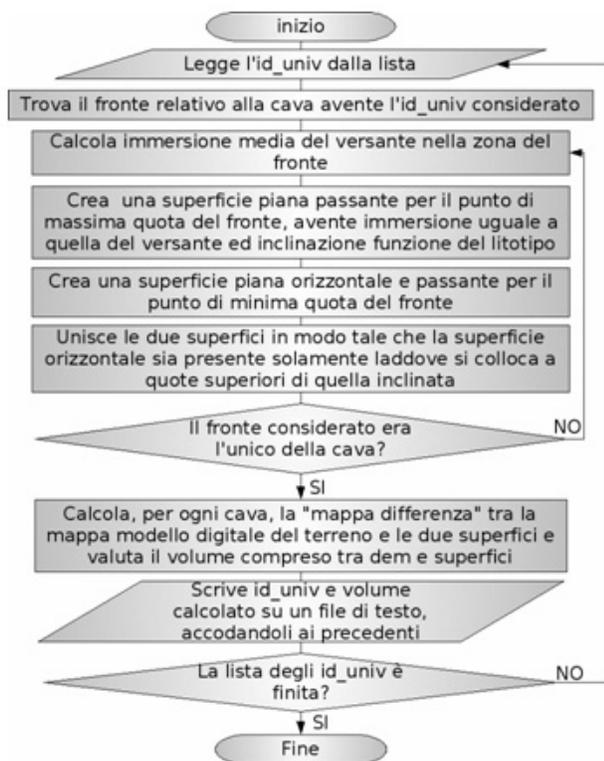


Figura 4 - Diagramma di flusso dello *script* per il calcolo dei volumi di materiale estratto

*Flow chart of the script for the calculation of the volumes of extracted material*

## 6. Creazione degli indici ed analisi dei risultati

La creazione degli indici, definiti *indice di impatto* ed *indice di riattivazione*, ha necessariamente richiesto la distinzione tra le varie tipologie di cava. Infatti, alcune delle classi utilizzate per le cave di versante non potevano essere adottate per quelle di pianura e viceversa.

In particolare, quindi, gli indici sono stati calcolati utilizzando apposite *queries sql*, in modo che fossero sommati algebricamente i valori assunti dalle classi riportate in tabella 1 e fossero rispettate le condizioni riportate nella medesima tabella (va sottolineato che, talvolta, i valori assunti dalle diverse classi vanno a sottrarsi piuttosto che ad aggiungersi, in funzione delle finalità dell'indice; per brevità, si tralascia di descrivere in dettaglio le somme).

In tabella 1 si intende per:

- *Riambientamento*: la porzione di cava vegetata o utilizzata a fini agricoli;
- *Somma vincoli*: la somma di tutti i vincoli ostativi ambientali che insistono sull'area;
- *Volumi / (Area totale)*: il rapporto tra volumi estratti e area totale di cava;
- *Suolo nudo*: la porzione di cava tuttora priva di

coperture vegetali o agricole;

- *Falda affiorante*: la porzione di cava interessata dalla presenza di laghi in falda, rimasti a colmare cave a fossa.

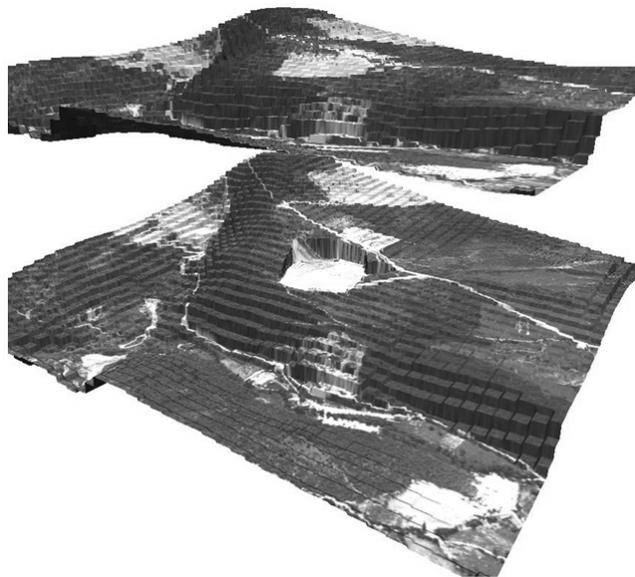


Figura 5 - DEM disponibile con sovrapposizione della ortofoto (sopra); stesso DEM modificato dallo *script* per il calcolo dei volumi estratti (sotto)

*Available DEM with superimposition of orthorectified photograph (upper); same DEM modified by the script for the calculation of the extracted volumes (lower)*

Al fine di analizzare i risultati ottenuti si è proceduto, innanzitutto, a distinguere tra cave di versante e cave di pianura. Nei grafici delle figure 6 e 7, si riporta la distribuzione di valori degli indici di impatto per le cave di monte e per le cave di pianura.

Si osserva subito che esistono degli *outliers* in entrambi i casi, cioè alcune cave che assumono valori dell'indice di impatto che si discostano dalla media più di 1.5 volte la differenza tra il primo ed il terzo quartile.

I parametri statistici della distribuzione dei valori degli indici di impatto sono riportati in tabella 2.

Se, al fine di individuare una soglia che identifichi le aree più impattanti, si utilizza un semplice criterio statistico, si osserva che rispettivamente circa 7 cave di monte e 9 di pianura assumono valori che si discostano più di 1,5 deviazioni standard dalla media.

La semplice ricerca, sulla mappa finale creata, di tutte quelle cave di monte e di pianura che presentano valori dell'indice di impatto superiori alla soglia stessa ha consentito di individuarle e verificare l'efficacia del metodo.

Per quel che riguarda l'*indice di riattivazione*, del quale si tralascia di riportare i grafici, i risultati ottenuti hanno messo in luce che 98 delle 168 cave di monte e 28 di quelle di pianura rispettano i vincoli riportati in tabella 1.

Tabella 1 - Attributi utilizzati per il calcolo degli indici  
*Attributes used for the calculation of the indices*

<i>Tipi di cave</i>	<i>Indici</i>	<i>Classi</i>	<i>Condizioni</i>
Cave di versante	Indice impatto	Visibilità, Riambientamento, Area topografica, Somma vincoli	
	Indice riattivazione	Volumi / (Area totale), Suolo nudo, Visibilità	Somma vincoli = 0
Cave di pianura	Indice impatto	Falda affiorante, Riambientamento, Area totale, Somma vincoli	
	Indice riattivazione	Suolo nudo	Somma vincoli = 0 falda aff. = assente

Tabella 2 - Parametri statistici della distribuzione di valori degli indici di impatto  
*Statistical parameters of the value distribution of impact indices*

Tipo di cava	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	St. Dev
Monte	2.00	5.00	7.00	6.69	8.00	19.00	2.54
Pianura	2.00	6.00	8.00	7.98	10.00	18.00	3.31

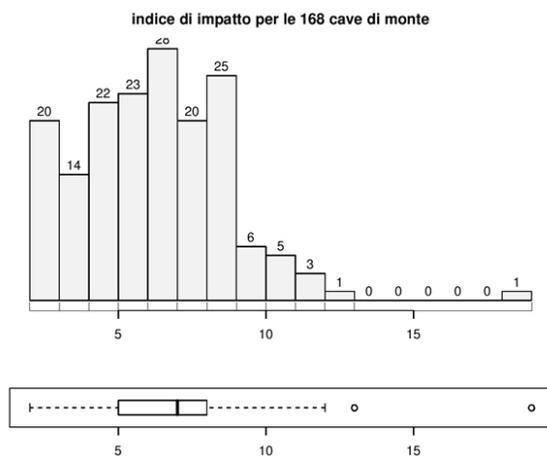


Figura 6- Indice di impatto per le cave di monte  
*Impact index for the mountain quarries*

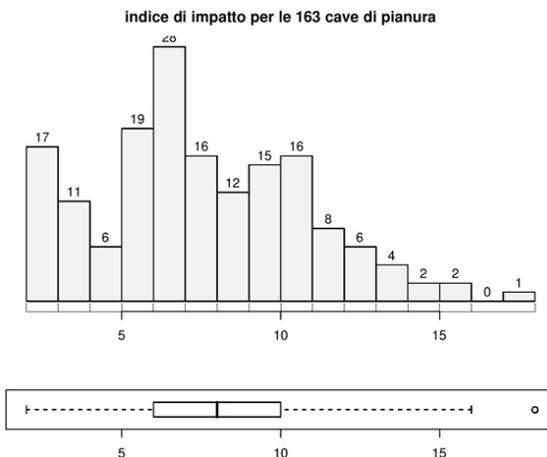


Figura 7 - Indice di impatto per le cave di pianura  
*Impact index for the plains quarries*

Sia tra le cave di monte che tra quelle di pianura si sono verificati numerosi casi in cui l'assenza di vincoli ostativi e di falda affiorante ha consentito di attribuire valori dell'*indice di riattivazione* a cave che presentavano anche alti valori di indice di impatto. Questi casi (91 cave di monte e le 28 di pianura) possono essere utilizzati per derivare un *indice di ricomposizione*, cioè un indice che individua, in base alla somma dei precedenti 2 indici, tutte quelle attività estrattive dismesse che possono essere prese in considerazione per interventi di riqualificazione ambientali finanziati da privati (che possono trarre vantaggio economico dagli interventi di coltivazione necessari per ripristinare condizioni morfologico-paesaggistiche compatibili con quelle preesistenti).

Le aree estrattive dismesse di monte che presentano valori dell'*indice di ricomposizione* superiore a 18 (una deviazione standard superiore al valore medio) sono circa 14, mentre 5 sono quelle di pianura che superano tale soglia.

## 7. Conclusioni e sviluppi futuri

Il lavoro, portato avanti su workstation GNU-Linux, si è avvalso delle potenzialità del software libero Grass GIS, integrato con il database relazionale PostgreSQL e con altri software liberi. Proprio grazie all'utilizzo di questi strumenti software in ambiente Linux è stato possibile realizzare tutta una serie di *script di shell* (un ambiente di gestione e programmazione) che ha consentito di automatizzare la creazione di parte dei dati che sono poi stati inseriti nel database creato. Ciò conferma le potenzialità e l'affidabilità di questi strumenti.

La cartografia numerica realizzata, oltre a rappresentare un censimento delle attività estrattive dismesse in Umbria (e quindi già di per sé un risultato estremamente utile ai fini amministrativi) costituisce il punto di partenza per analisi statistiche dei dati ottenuti e per la selezione di tutte quelle situazioni che necessitano di interventi di riqualificazione o possono essere prese in considerazione per eventuali

riattivazioni.

Il lavoro svolto, inoltre, pone le basi per l'acquisizione di numerosi altri dati che potranno essere utilizzati al fine di raffinare l'individuazione delle aree estrattive di interesse.

È intenzione del gruppo di lavoro, infatti, migliorare la valutazione di alcuni parametri ed integrarne di nuovi. Ad esempio, uno degli obiettivi è quello di inserire, all'interno della valutazione del parametro "visibilità", una procedura per valutare, automaticamente, la percentuale di territorio da cui è possibile vedere la cava ma che, contemporaneamente, è interessato da insediamenti abitativi o vie di comunicazione. Contestualmente, nell'ambito della valutazione dell'*indice di riattivazione*, dovranno essere

prese in considerazione anche la distanza dai centri abitati o dai corpi idrici ed eventualmente le caratteristiche del tracciato stradale di accesso alla cava.

## 8. Ringraziamenti

La ricerca è stata finanziata dalla Regione Umbria nell'ambito della convenzione "*Ricognizione cave dismesse nella Regione Umbria finalizzata alla verifica dello stato dei luoghi e dei prevedibili interventi di cava*", stipulata tra Regione Umbria e Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Perugia.

## Bibliografia

Grohmann C. H. (2004) - Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. *Computers and Geosciences*, 30, Issue: 9-10, November - December, 2004, 1055-1067.

Neteler M. & Mitasova H. (2002) – *Open Source GIS: a Grass GIS Approach*. Kluwer Academic Publishers, London.

Regione Umbria (2005) – Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE). Supplemento straordinario al Bollettino ufficiale della Regione Umbria - Serie generale, n.18 del 20 aprile 2005.