

## **Gestione di siti contaminati con sistemi GIS: modellazione di volumetrie 3D**

Daniele Strippoli (\*) – Riccardo Rottenbacher (\*\*)

Foster Wheeler Italiana S.p.A. – Environmental Division. Via S. Caboto, 1 – 20094 – Corsico (MI)

(\*) Tel: 02-44862463, Fax: 02-44863998, e-mail: daniele\_stripoli@fwceu.com

(\*\*) Tel: 02-44862565, Fax: 02-44863998, e-mail: riccardo\_rottenbacher@fwceu.com

### **Abstract**

*Hereinafter is exposed a methodology of soil terrain 3D modeling developed for the design and supervision of civil works in contaminated sites. The methodology has been applied to a physical confinement project for an area of about 2.250.00 ft<sup>2</sup> (by cut off wall and by capping system, to protect raindrop infiltration). 35.000.000 ft<sup>3</sup> soil volume has been modeled in GIS environment.*

*Several design restrictions have been considered by methodology, exploiting GIS powerful tools.*

*According to the experience acquired during project execution is possible to affirm that developed methodology allows managing/reviewing changes become necessary during field works and supervising activities execution.*

### **Premessa**

Lo studio di seguito proposto ha per oggetto l'utilizzo dello strumento informatico GIS per la modellazione di volumetrie 3D nell'ambito della gestione di siti contaminati e illustra, in particolare, una metodologia applicata a supporto di progetti di messa in sicurezza permanente in campo ambientale.

Lo schema metodologico illustrato è stato sviluppato quale supporto per l'adeguamento, in fase esecutiva di un progetto di messa in sicurezza permanente riguardante il confinamento fisico di un sito industriale inquinato mediante:

- la realizzazione di un diaframma plastico immerso in argilla (muro di contenimento sotterraneo per impedire i flussi di trasporto di contaminanti presenti all'interno del volume di terreno perimetrato);

- la realizzazione di un sistema di copertura impermeabile (denominato pacchetto “capping”), per impedire l’infiltrazione delle acque meteoriche.

I macrodati che caratterizzano il progetto sono prospettati nella seguente Tabella.

Estensione dell’area intervento	≅ 210.000 m <sup>2</sup>
Lunghezza del diaframma plastico	≅ 2.000 m
Profondità media del diaframma plastico	≅ 45 m
Quota minima dal piano campagna (stato di fatto)	0 m s.l.m.
Quota massima dal piano campagna (stato di fatto)	8 m s.l.m.
Quota massima dal piano campagna (stato di progetto)	5 m s.l.m.

Tabella 1 – Macrodati che caratterizzano il progetto

La sezione sotto riportata sintetizza la sequenza di strati omogenei prevista dal progetto.



Figura 1 – Sequenza di strati omogenei previsti dal progetto

Le maggiori criticità progettuali affrontate sono identificabili nella necessità di garantire:

- la gestione di tutti i volumi presenti in sito (≅ 625.000 m<sup>3</sup>); di quelli derivanti dalle attività di scavo del diaframma plastico (≅ 100.000 m<sup>3</sup>) e di quelli necessari per la realizzazione del pacchetto capping (≅ 275.000 m<sup>3</sup>);
- l’ottemperanza del vincolo di quota massima, imposto dagli Enti di controllo;
- il drenaggio delle acque meteoriche e la stabilità dei rilevati.

### Metodologia d’analisi

Lo strumento GIS è stato applicato quale ausilio per:

- la progettazione del rimodellamento morfologico necessario alla realizzazione di una superficie di regolarizzazione dell’intera area (vedi Figura 1);

- la messa in opera del sistema di capping e delle relative opere connesse (quali la rete di drenaggio delle acque meteoriche).

La metodologia operativa applicata è costituita dai seguenti step:

1. importazione in ambiente GIS dei rilievi plano-altimetrici dello stato di fatto;
2. modellazione tridimensionale e ricostruzione del modello 3D del sito;
3. gestione in ambiente GIS dei vincoli progettuali (volumetrici, plano-altimetrici, esecutivi, di pendenza, etc...);
4. modellazione tridimensionale e ricostruzione 3D del progetto;
5. estrazione di curve di livello e sezioni per l'esecuzione dell'opera.

#### FASE 1-2

Partendo dai rilievi plano-altimetrici dello stato di fatto (realizzati con tradizionale rilievo topografico e disponibili in formato CAD) si è proceduto ad importare le informazioni spaziali dei dati (coordinate X,Y e Z) in ambiente GIS. Il modello 3D dello stato di fatto, ricostruito con la funzione di Triangolazione di *3D Analyst*, è stato convertito in formato Raster, al fine di consentire una gestione più rapida dei dati nelle procedure di calcolo (realizzate con la funzione *Raster calculator* di ArcGIS).

Al fine di garantire un ottimo livello d'attendibilità nel calcolo dei volumi si è scelto di impostare una dimensione di cella, durante la conversione da formato TIN a formato Raster, pari a 0,2 cm x 0,2 cm.

Considerando la densità dei dati importati dal rilievo plano-altimetrico si è scelto non discretizzare ulteriormente il dato, anche al fine di non appesantire eccessivamente le procedure di calcolo.

La seguente Figura 2 schematizza il processo sopra esposto.

#### FASE 3-4

La gestione dei vincoli progettuali è stata gestita sfruttando le potenzialità del *Model Builder* di ArcGIS, impostando una sequenza logica di operazioni di calcolo basata sulle funzionalità del GIS stesso (quali operazioni di *overlay*, *buffering*, *slope analysis*).

La predisposizione di formati standardizzati di input – output per il dialogo con il software impiegato per la progettazione e la verifica della rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche, ha consentito di gestire ed integrare in ambiente GIS anche quest'aspetto progettuale.

Il modello sviluppato ha permesso di:

- gestire, con tempi di risposta rapidi, variazioni delle basi progettuali;
- analizzare, con estrema flessibilità, la fattibilità di varianti progettuali / migliorie;

- creare processi di ottimizzazione della movimentazione dei volumi presenti in sito, garantendo il minimo apporto di materiale dall'esterno (permettendo, quindi, di ottimizzare l'economia del progetto).

L'impostazione di sequenze d'analisi in *Batch* del modello impostato ha consentito di eseguire direttamente in corso d'opera quanto sopra.

La seguente Figura 3 rappresenta i modelli 3D ottenuti, confrontando lo stato di fatto con una delle soluzioni progettuali identificate.

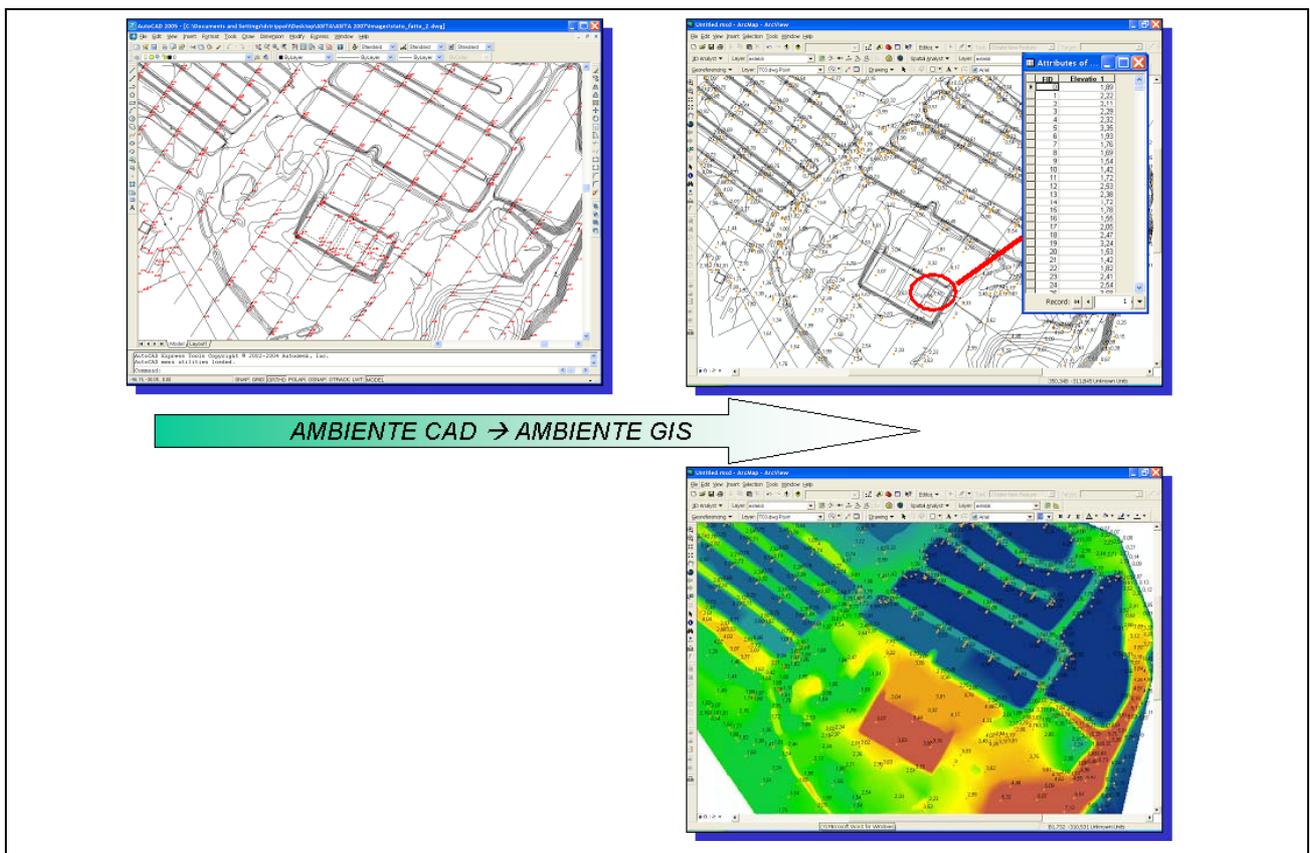


Figura 2 – Ricostruzione in ambiente GIS del modello 3D del sito (stato di fatto)

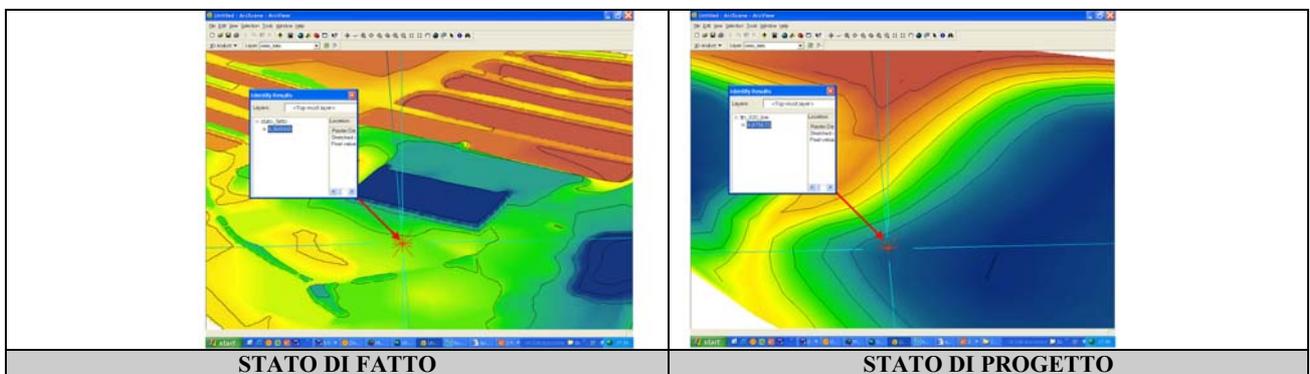


Figura 3 – Modello 3D del sito (confronto tra stato di fatto e stato di progetto)

## FASE 5

Al fine di poter consentire la realizzazione in cantiere delle soluzioni progettuali, identificate mediante la modellazione 3D, si è dovuto procedere alla restituzione del modello realizzato in un formato più “familiare” alle Ditte coinvolte nella realizzazione delle opere.

In tal senso è stata realizzata una procedura d’esportazione dei dati (fondamentalmente isoipse e sezioni trasversali – longitudinali del progetto) verso l’ambiente CAD, tradizionalmente impiegato dalle ditte esecutrici dei lavori civili.

La procedura (gestita in ambiente *Model Builder* ed in grado di operare sequenze in *Batch*) estrae dal modello 3D i valori di quota corrispondenti ai punti delle linee di sezione. Tali valori vengono proiettati dal piano cartesiano X,Y in sezione, creando le linee di sezione in formato .DWG per la loro importazione in ambiente CAD.

Qualora necessario (ad esempio per comodità di rappresentazione grafica) la procedura d’esportazione è in grado di applicare fattori di scala su entrambe gli assi.

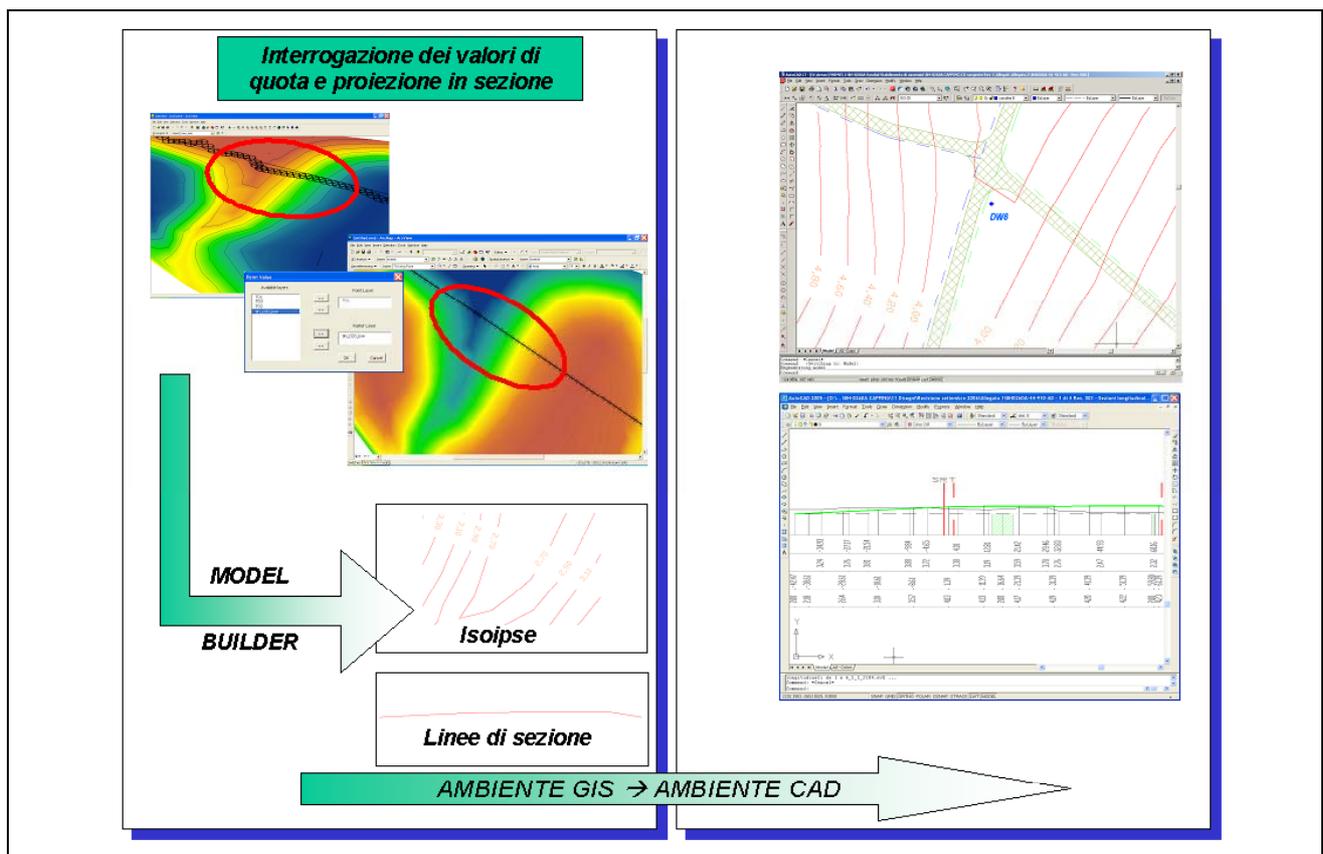


Figura 3 – FASE 5 - Estrazione di curve di livello e sezione per l’esecuzione dell’opera

La metodologia proposta è stata applicata, in modo re-iterativo, durante l'esecuzione dell'opera stessa, consentendo di gestire, in tempo reale, durante la fase esecutiva la variazione delle volumetrie stimate. Monitorando e gestendo, in corso d'opera, i dati derivanti dalle attività di scavo e movimentazione dei volumi è stato possibile confrontare i risultati ottenuti dalla procedura di calcolo con i computi metrici di cantiere. La verifica ha dimostrato un margine di tolleranza sui risultati ottenuti pari a  $\pm 1\%$  (considerando i volumi gestiti, pari a  $\cong 1.000.000 \text{ m}^3$ , si è appurato un margine massimo d'errore pari a  $\cong \pm 10.000 \text{ m}^3$ ).

### **Conclusioni**

L'attività svolta ha consentito di testare le prestazioni di ArcGIS nella modellazione di volumetrie 3D e di creare un sistema di gestione di problematiche progettuali basato sull'utilizzo consequenziale delle funzionalità del GIS stesso.

Concludendo, in base all'esperienza maturata si ritiene che:

- il software GIS sia un valido strumento a supporto dello studio di volumetrie 3D nell'ambito della progettazione di opere di messa in sicurezza permanente, che contemplino rimodellamenti morfologici;
- la gestione in ambiente GIS di tali progetti offre l'opportunità di archiviare, attraverso uno strumento in grado di gestire relazioni spaziali, informazioni complementari (quali: Dbase di campionamenti chimico-fisici, dati sulle infrastrutture presenti, etc.);
- la metodologia proposta sia un valido supporto per il rimodellamento morfologico e per il controllo, in tempo reale, dei volumi da gestire in corso d'esecuzione delle opere;

Infine, la possibilità di eseguire analisi in *Batch* ha consentito di lavorare con uno strumento molto flessibile, in grado di permettere anche la supervisione della corretta esecuzione degli interventi progettati.