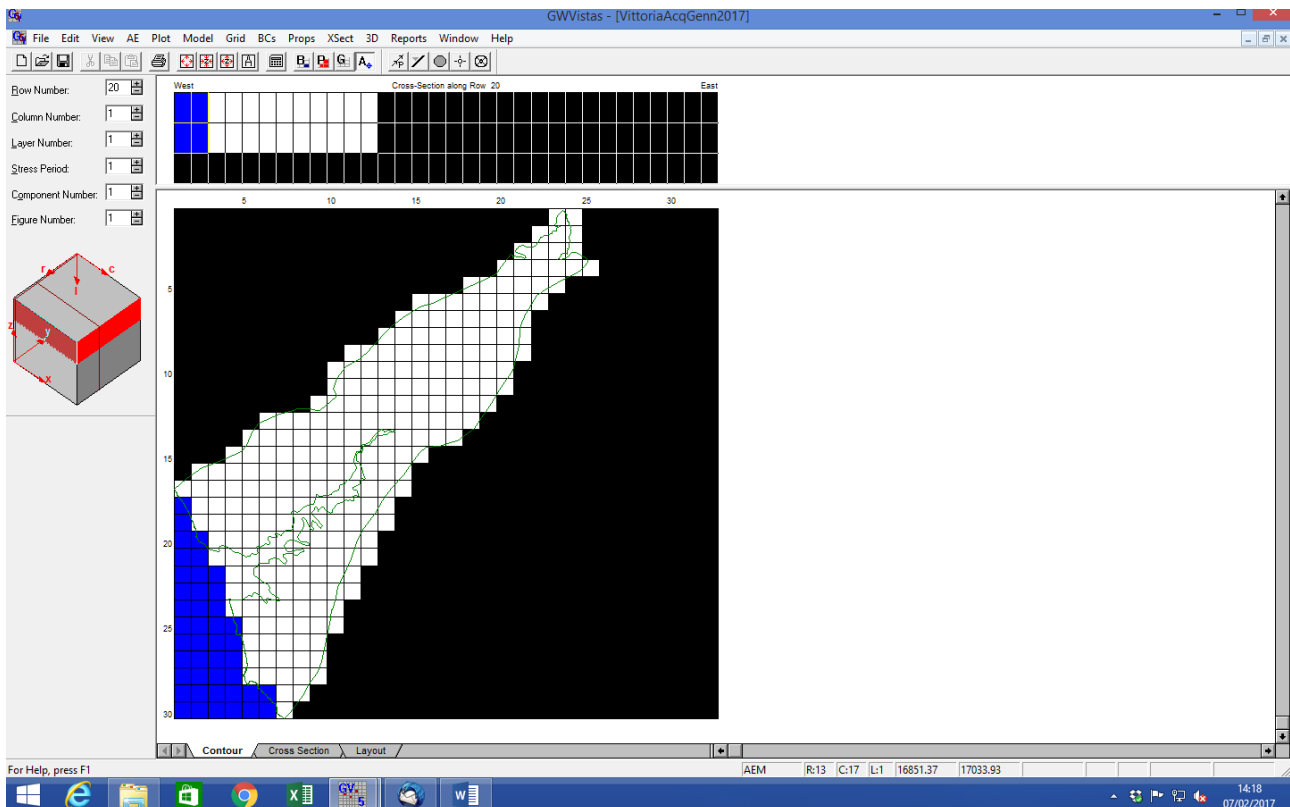


### *Applicazione del modello MODFLOW all'acquifero denominato "Vittoria"*

L'area corrispondente all'acquifero superficiale localizzato nella piana di Vittoria è stata schematizzata nel modello MODFLOW<sup>1</sup> come mostrato in Figura 4.5; in particolare, l'area è delimitata a sud dalla linea di costa, ad est e ad ovest da due limiti di assenza di flusso in corrispondenza dei limiti dell'acquifero superficiale.

La mappa dell'area è stata importata (in formato shape) mediante l'interfaccia GWV5. La delimitazione dell'area è stata importata come poligono.



**Figura 4.5** Delimitazione dell'area dell'acquifero superficiale individuato nella piana di Vittoria in cui è stato applicato il modello MODFLOW

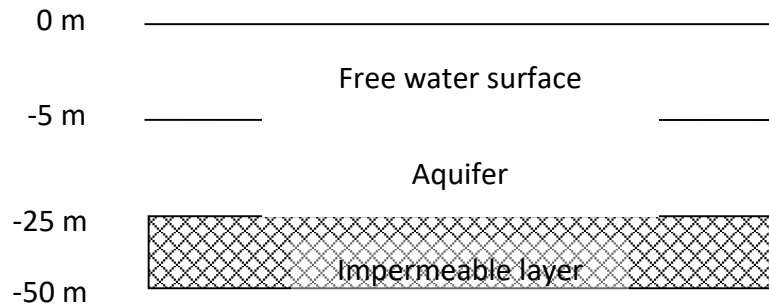
L'acquifero superficiale di tipo freatico poggia su uno strato impermeabile di marne; il volume modellato viene suddiviso in tre layers: il primo che indica la linea di falda libera, il secondo il vero e proprio acquifero e il terzo il substrato impermeabile costituito dalle marne della formazione Tellaro (Figura 4.6); le celle del terzo layer sono modellate come assenza di flusso quindi "non attive" (Figura 4.7).

La griglia di lavoro viene fissata con le seguenti caratteristiche:

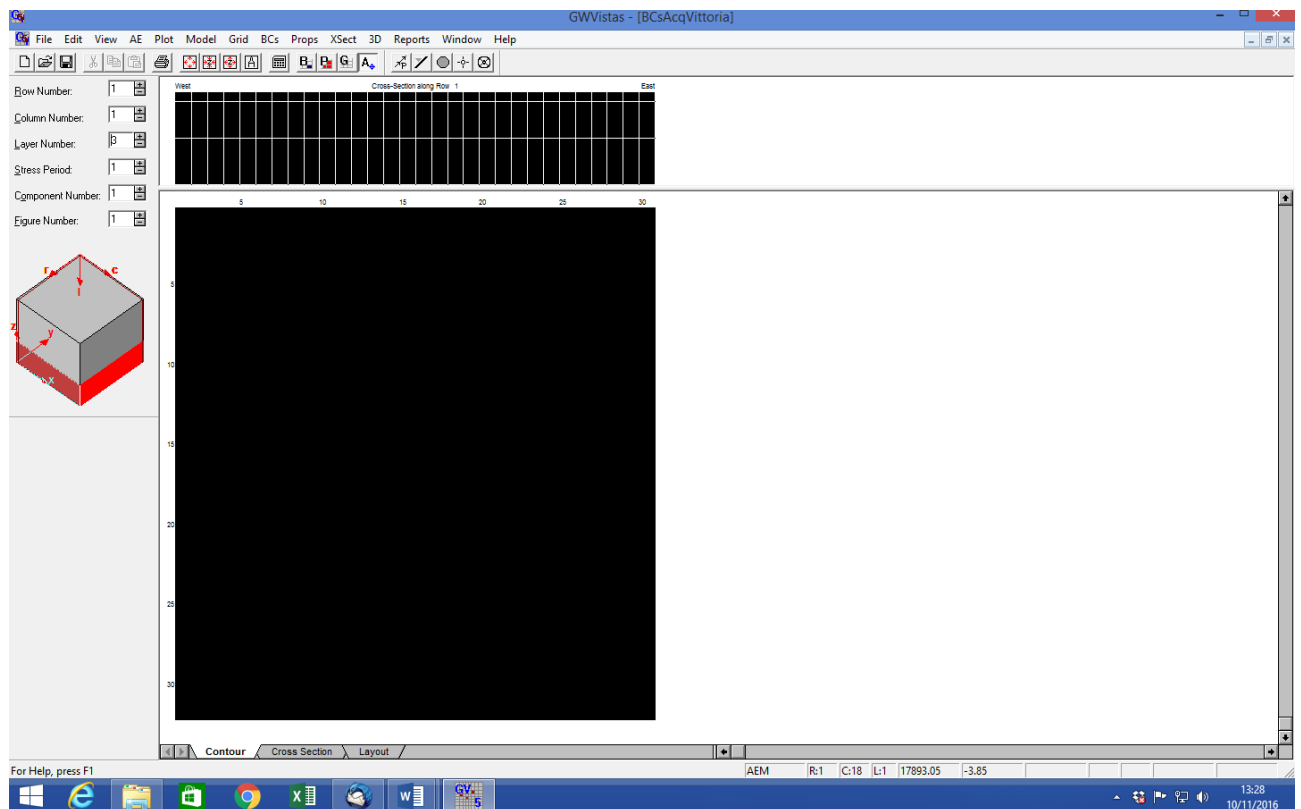
---

<sup>1</sup> Per la descrizione del modello vedere la relazione "Modellazione acque sotterranee"

- number of rows: 30;
- number of column: 32;
- model bottom elevation: - 50 m (la formazione Tellaro ha una profondità di 26 m sotto il livello del mare);
- model top elevation: 0 m



**Figura 4.6** Layers simulati in MODFLOW



**Figura 4.7** Simulazione del layer impermeabile (layer 3) come assenza di flusso

L'acquifero alluvionale viene classificato come "fine sand" e dai dati di letteratura esistenti su formazioni simili viene caratterizzato come riportato in tabella 4.1. Inoltre considerando le condizioni climatiche ed evapotraspirative dell'area e assumendo una precipitazione media annua pari a 500 mm sono stati calcolati i seguenti parametri:

ET = 65% di 500 mm = 0.325 m e quindi  $1.03 \times 10^{-8} \text{ m/s} = 0.00089 \text{ m/giorno}$

Ricarica = 20% di 500 mm = 0.1 m e quindi  $3.17 \times 10^{-9} \text{ m/s} = 0.000274 \text{ m/giorno}$

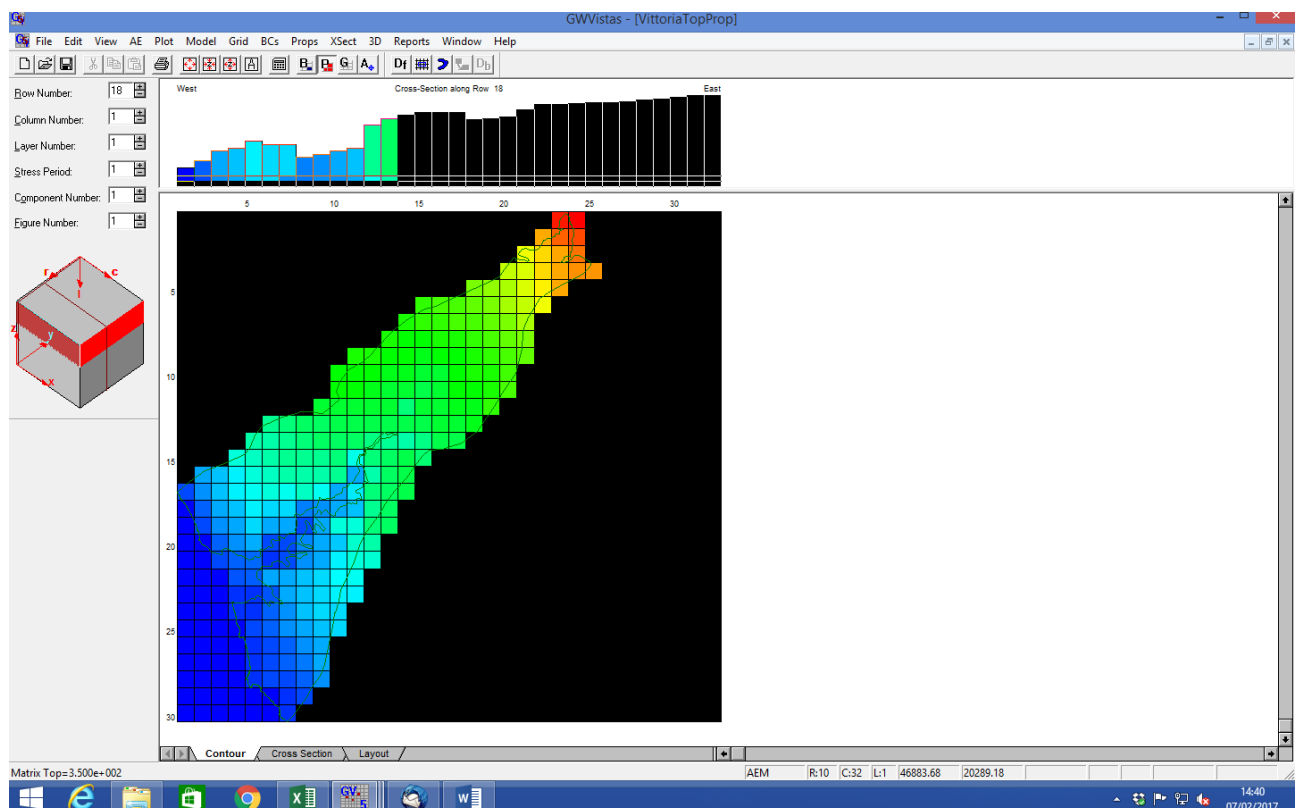
**Tabella 4.1** Proprietà idrogeologiche di letteratura dell'acquifero superficiale individuato nella piana di Vittoria

<i>Parametri acquifero</i>	<i>Value</i>
Kx	1.0 E -5 m/s
Ky	1.0 E-5 m/s
Kz	1.0 E -6 m/s
Specific Storage (Ss)	1.64 E -4 /m
Specific Yield (Sy)	0.33
Effective Porosity	0.45

Le elevazioni dei 3 layers sono state definite nel seguente modo:

Layer 1: è stato caricato il Digital Elevation Model dell'area in esame per definire il tetto del layer 1 (Figura 4.8).

Layer 3: è stato caricato il tetto delle argille della formazione Tellaro come tetto per definire il tetto del layer 3.



**Figura 4.8** Digital Elevation Model dell'acquifero superficiale individuato nella piana di Vittoria

#### *Condizioni a contorno implementate in MODFLOW*

Le condizioni a contorno che sono state implementate per l'applicazione del modello MODFLOW nell'ara di Donnalucata sono state le seguenti:

(i) Condizione di carico idraulico costante in corrispondenza della linea di costa: il modello impone un livello di acqua pari a 0 m sul livello del mare in corrispondenza della linea di costa per simulare l'assottigliarsi dell'acquifero costiero fino ad arrivare a quota zero in corrispondenza della costa. Questo assicura che durante il periodo simulato nelle celle in corrispondenza della costa il livello sia sempre a quota zero. Questa condizione influenza anche indirettamente le condizioni di flusso sotterraneo all'interno del volume simulato in quanto il modello forza il flusso sotterraneo verso queste celle (Figura 4.9); questa condizione viene assegnata alle celle della linea di costa nei tre layers;

(ii) Condizione di carico idraulico costante in corrispondenza del mare: alle celle che rappresentano il mare viene assegnata la stessa condizione di carico idraulico costante a quota zero (Figura 4.9);

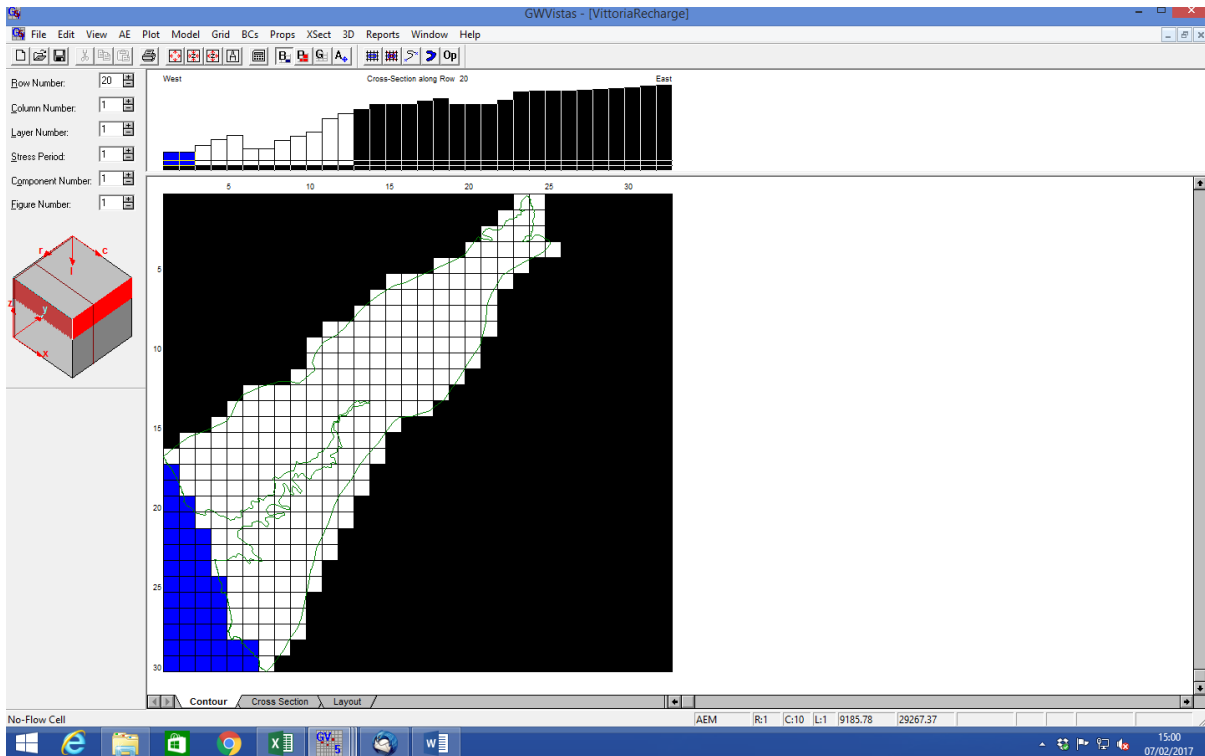
(iii) Condizione di assenza di flusso: lo strato impermeabile che rappresenta le marne della formazione Tellaro viene considerata una condizione di assenza di flusso in corrispondenza della quale il flusso non può nè entrare nè uscire dal volume simulato; le celle sono considerate dal modello "non attive" (Figura 4.7);

(iv) Condizione di assenza di flusso: la stessa condizione di assenza di flusso viene assegnata ai due limiti laterali sinistro e destro della conoide alluvionale, nonché a tutte le celle che si trovano a sinistra e a destra della conoide (Figura 4.9); questa condizione viene assegnata alle celle del I e del II layer;

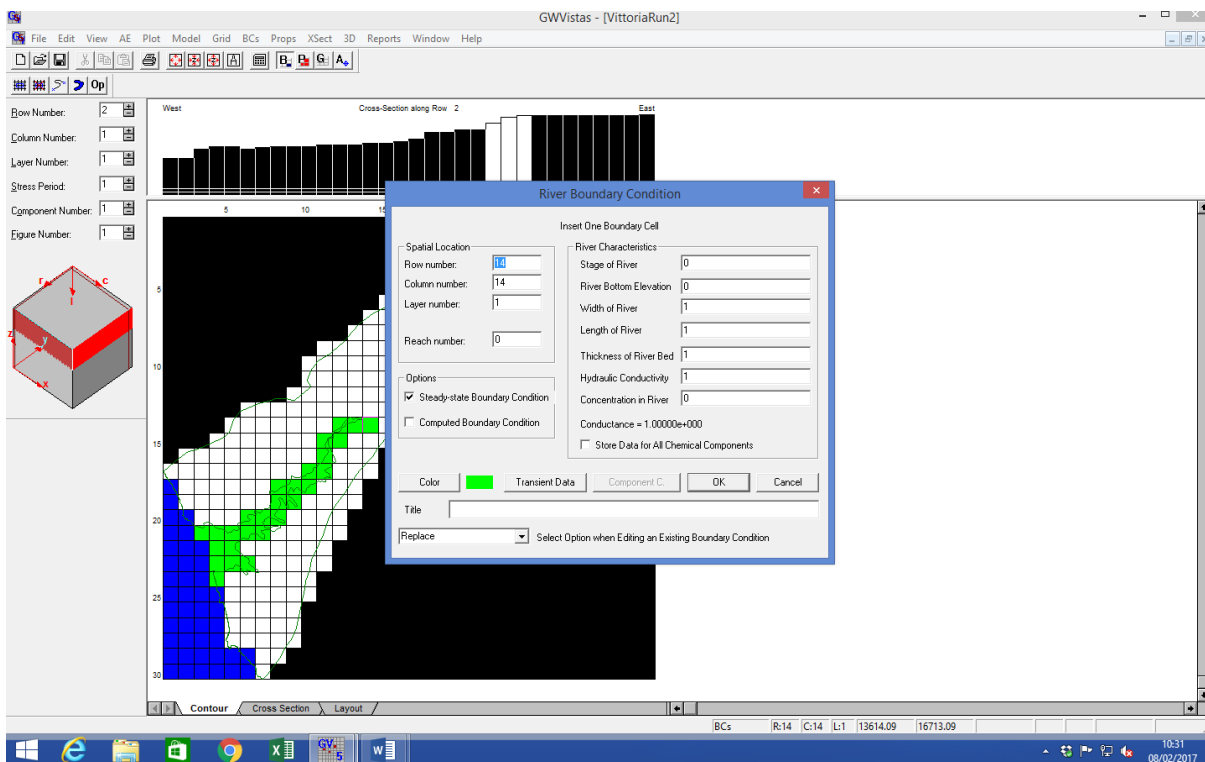
(v) Ricarica: a tutte le celle in corrispondenza dello strato più in alto dell'acquifero viene assegnata una condizione a contorno di flusso costante pari al 20% della pioggia annua (500 mm/anno), ovvero pari a 100 mm/anno.

(vi) Fiume: il fiume presente all'interno dell'acquifero, viene simulato in MODFLOW imponendo la condizione a contorno relativa mediante l'apposita finestra di dialogo (Figura 4.10).

Questo viene fatto solo in corrispondenza del layer 1 e solo in corrispondenza dell'acquifero; per tutte le celle del layer 1 che non siano acquifero e per tutte le celle degli altri due layers (zone 2 e 3) viene assegnata una ricarica pari a zero.



**Figura 4.9** Condizione di carico idraulico costante pari a zero metri in corrispondenza delle celle che rappresentano la linea di costa e il mare e condizione di assenza di flusso nelle celle a destra e a sinistra della conoide alluvionale.



**Figura 4.10** Inserimento delle caratteristiche del fiume ricadente nell'acquifero individuato nella Piana di Vittoria.

### *Calibrazione preliminare del modello*

Il modello MODFLOW viene fatto girare per simulare le linee piezometriche con i dati di conducibilità idraulica  $K_x$ ,  $K_y$  e  $K_z$  riportati nella tabella 4.1. Come primo tentativo di calibrazione si cerca di far coincidere le curve isopiezometriche generate dal modello con quelle ricavate dalla elaborazione della banca dati di indagini di sottosuolo resa disponibile da ISPRA (Figura 4.11).

In particolare, poiché durante la prima simulazione le linee piezometriche venivano più elevate di quelle osservate, si è proceduto all'incremento dei parametri conducibilità idraulica e ricarica della falda. I valori che hanno consentito di ottenere le linee iso-piezometriche più vicine a quelle osservate sono riportate in tabella 4.2. Inoltre la ricarica della falda è stata posta uguale a 0.000676 m/giorno. Il valore della ricarica è pari a circa 2.5 volte il valore inizialmente fissato pari a circa il 20% della pioggia annua sulla base di dati osservati e modelli di bilancio idrologico applicati nella medesima area nell'ambito del progetto MORISO 1.

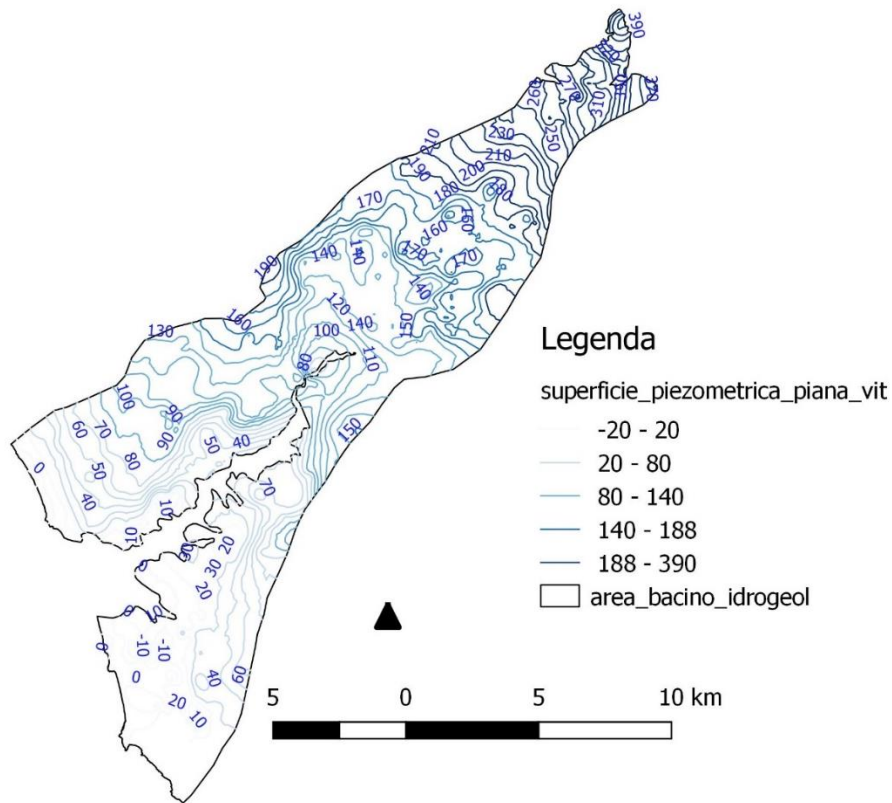
**Tabella 4.2** Parametri idrogeologici calibrati dell'acquifero superficiale individuato nella piana di Vittoria

<i>Parametri acquifero</i>	<i>Value</i>
$K_x$	5.0 E -5 m/s
$K_y$	5.0 E -5 m/s
$K_z$	5.0 E -6 m/s

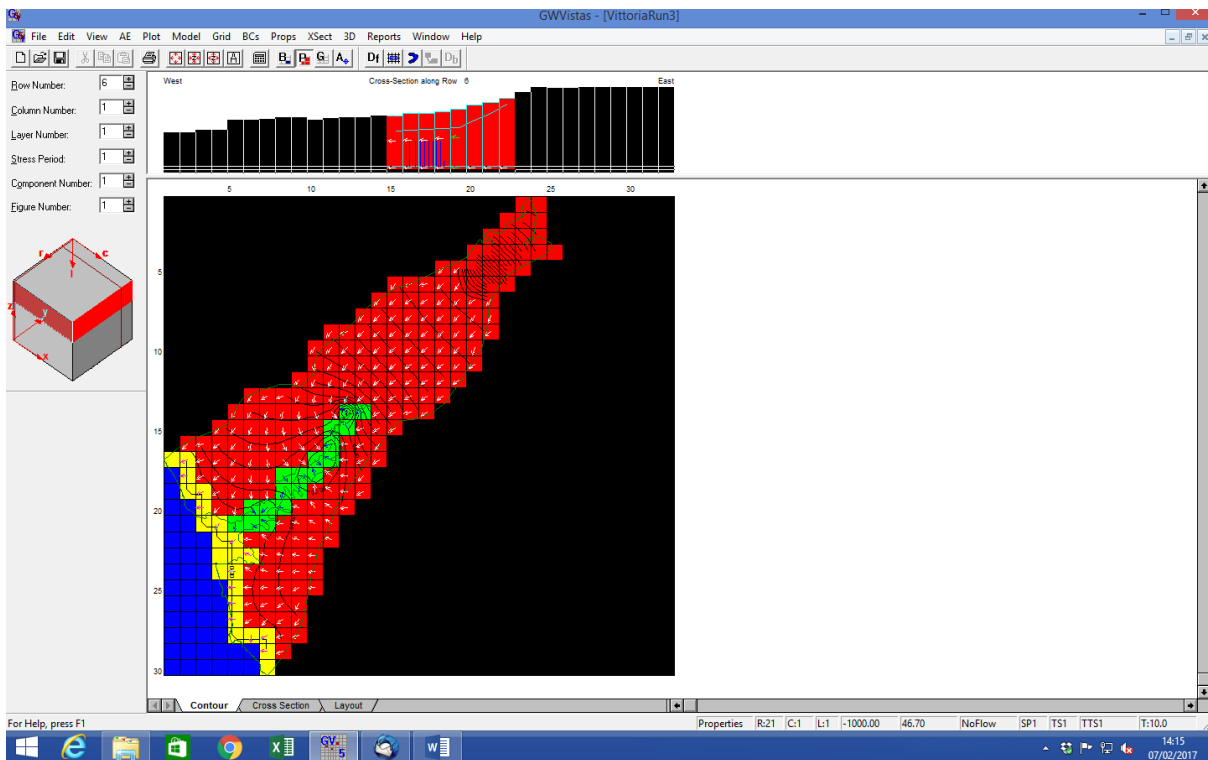
Gli altri parametri sono rimasti inalterati. Il modello MODFLOW fatto girare con i parametri indicati ha fornito i risultati riportati in Figura 4.12. Nella figura sono riportate le linee iso-piezometriche simulate dal modello (in nero) e i vettori che rappresentano la velocità del flusso (in bianco).

Il modello fornisce inoltre la possibilità di visualizzare qualunque sezione della mappa relativamente alle diverse righe. Nella Figura 4.13 sono riportate alcune sezioni significative relative alle righe n. 6, 17, 20 e 21. In figura 4.14 sono riportate le iso-piezometriche ricavate dalla elaborazione della banca dati dell'ISPRA e quelle simulate dal modello MODFLOW. Si può vedere come le curve iso-piezometriche osservate a zero metri (costa, livello minimo), a 390 m (livello massimo) nonché a 100 e 150 m ad esempio siano ben simulate dal modello.

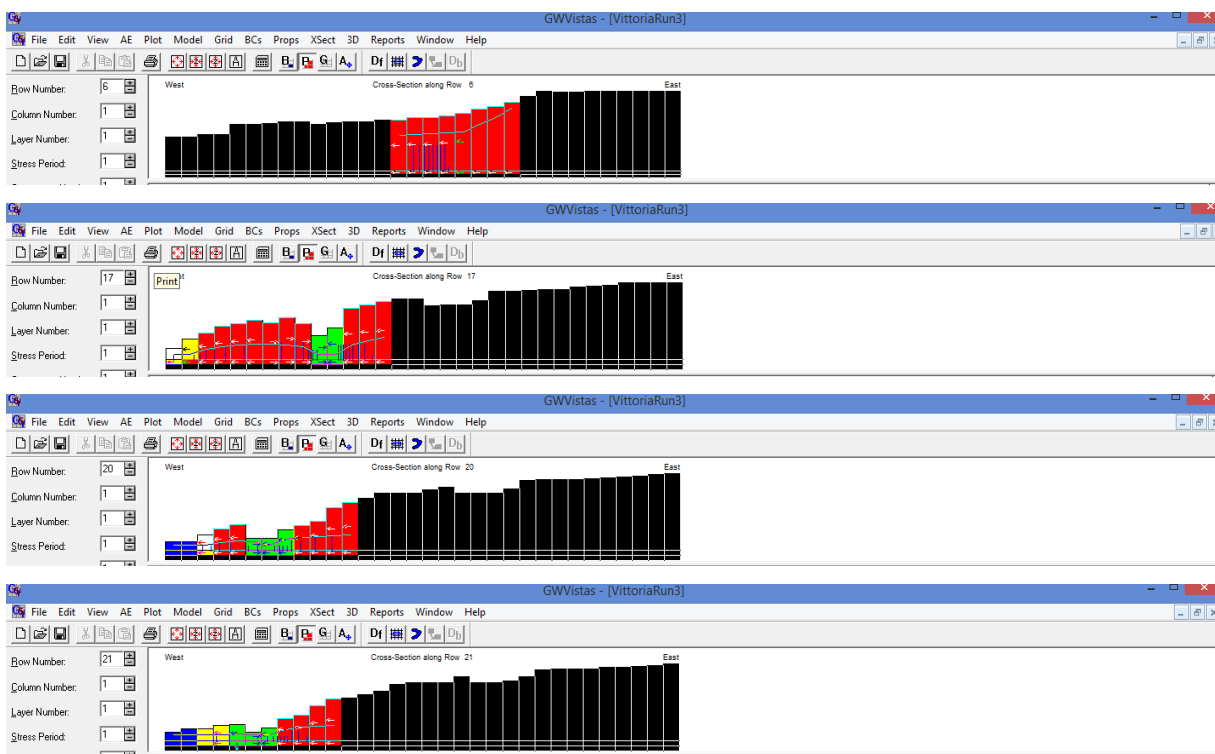
Non appena saranno disponibili i dati di livello e di permeabilità in corrispondenza delle due perforazioni che verranno realizzate nel bacino nell'ambito del presente progetto, sarà possibile rifinire ulteriormente la calibrazione del modello. L'utilizzo di una ricarica dell'acquifero pari a 0.000675, pari a circa 2.5 volte i valori trovati in letteratura (ovvero pari a 49% della pioggia annua osservata per l'area in esame), indica che esistono dei trasferimenti di risorsa idrica dagli acquiferi adiacenti verso l'acquifero individuato nella Piana di Vittoria.



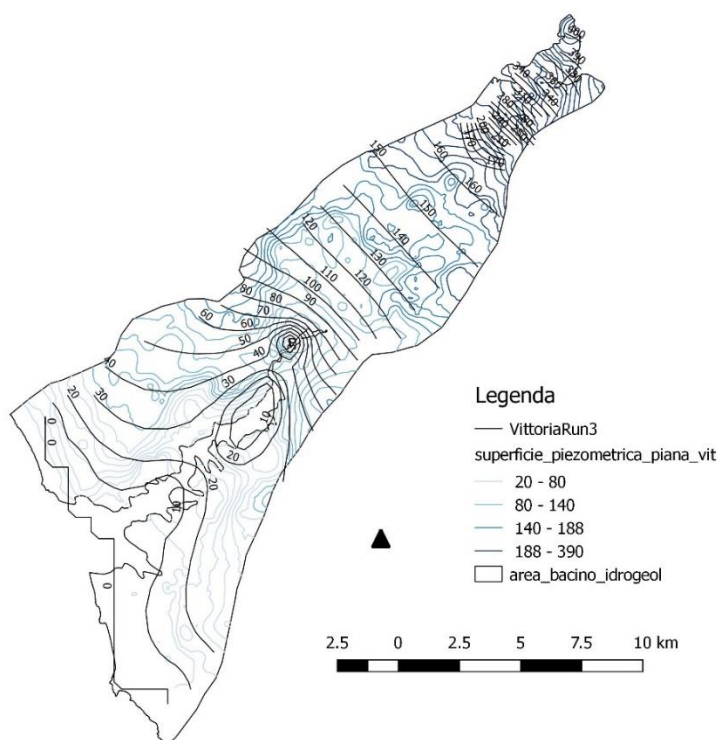
**Figura 4.11** Linee iso-piezometriche elaborate a partire dalla banca dati di indagini di sottosuolo (ISPRA).



**Figura 4.12** Curve iso-piezometriche e vettori di velocità simulate da MODFLOW per l'acquifero individuato nella piana di Vittoria.



**Figura 4.13** Sezioni significative dell'acquifero individuato nella piana di Vittoria e simulato con MODFLOW.



**Figura 4.14** Curve iso-piezometriche osservate e simulate da MODFLOW per l'acquifero individuato nella piana di Vittoria.



