

COMMITTENTE



COMUNE DI PALERMO
AREA INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

PROGETTISTA

ATI:



(Capogruppo Mandataria)



DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTE

METROPOLITANA AUTOMATICA LEGGERA DELLA CITTA' DI
PALERMO
PRIMA LINEA
TRATTA FUNZIONALE ORETO/NOTARBARTOLO

PROGETTO PRELIMINARE

IDROLOGIA E IDRAULICA
NOTA INTEGRATIVA ASPETTI IDROGEOLOGICI

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	NOME FILE
MPA1	PP	IDR	INRS02	0	-	IDR_INRS02_0.doc

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	PROGETTISTA
0	GIUGNO 2010	NUOVA EMISSIONE	Melica	Cecchi	Cecchi	Cecchi	

1. INTRODUZIONE

La presente nota tecnica ha per oggetto la valutazione dell'interferenza della falda idrica esistente con la fermata Borsa della metropolitana automatica leggera della città di Palermo – Prima linea – tratta funzionale Oreto / Notabartolo.

Di seguito verrà effettuata la valutazione dell'interferenza tra la falda idrica, e la fermata Borsa da realizzarsi nella tratta in argomento. L'analisi verrà effettuata in corrispondenza del manufatto che costituisce la fermata in parola, verrà, inoltre, analizzata la perturbazione dovuta alle sole canne delle gallerie sempre nel tratto immediatamente adiacente.

La valutazione degli effetti della interferenza tra il manufatto in progetto e la falda è stata effettuata con l'ausilio del codice di calcolo VS2DI (modello computazionale alle differenze finite dell'US Geological Survey).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il tracciato della metropolitana Leggera in studio attraversa in senso longitudinale tutto il settore centro meridionale della Piana di Palermo.

La Piana è delimitata verso l'interno da pendici carbonatiche che rappresentano le estreme propaggini settentrionali del complesso geologico noto come i Monti di Palermo, nel cui contesto si inquadra l'assetto geologico dell'area di progetto.

I Monti di Palermo costituiscono una porzione occidentale dell'elemento "esterno" della Catena Maghrebide Siciliana e sono costituiti, a loro volta, da una serie di unità tettoniche derivanti da una fase deformativa compressionale che ne ha determinato la sovrapposizione reciproca. Tale tettonica, iniziata nel Terziario superiore, è stata intervallata e seguita da episodi estensionali che hanno prodotto deformazioni duttili e fragili, queste ultime espresse da una complicata griglia di sistemi di faglia a diversa orientazione.

Le unità tettoniche (Unità Stratigrafico-Strutturali) che caratterizzano questo settore dell'Orogene sono costituite da successioni carbonatiche e carbonatico-terrigene di età mesozoico-terziaria derivanti dalla deformazione dei paleodomini Panormide e Imerese, che nel Mesozoico, in un regime distensivo di separazione continentale, caratterizzavano in parte, con alti e bassi strutturali, il margine continentale africano.

Le Unità Panormidi sono sovrapposte tettonicamente su quelle Imeresi con un contatto di primo ordine, che si imposta generalmente in corrispondenza delle coperture argilloso marnoso-quarzarenitiche terziarie appartenenti alla Formazione del Flysch Numidico.

A seguito della tettonica recente, poi, gli originari contatti tra i corpi geologici che costituiscono l'ossatura dei Monti di Palermo sono stati ripresi ed ulteriormente dislocati. L'edificio tettonico

è, infatti, sezionato da sistemi di faglia ad alto angolo, dispersi lungo direzioni prevalenti N-S, NW-SE, NE-SW a componente trascorrente, inquadrabili in un sistema neotettonico che ha interessato l'orogene già strutturato, dando luogo ad una serie di alti e bassi morfostrutturali.

In corrispondenza della Piana di Palermo, impostata su una depressione morfo-strutturale, questo complicato assetto geologico-strutturale è mascherato dalla presenza di una copertura calcarenitico-sabbiosa quaternaria con spessori variabili.

Nella Piana di Palermo i terreni più antichi sono rappresentati dalle rocce carbonatiche di età mesozoica che, oltre a costituire i monti che la circondano, sono talora rinvenibili nel sottosuolo di essa sotto più o meno spesse coperture calcarenitiche (località Zen e zone pedemontane). Esse lungo il perimetro della Piana sormontano la formazione terziaria argillomarnoso-quarzarenitica del Flysch Numidico. Quest'ultima nella Piana costituisce il substrato dei depositi quaternari ed è caratterizzata da numerosi alti e bassi morfologici, nonché da gradini di origine tettonica distribuiti irregolarmente, per cui si rinviene a quote assai variabili anche nell'ambito di zone ristrette.

I depositi quaternari, che sono i più diffusi nella Piana di Palermo, comprendono due litofacies principali:

- una superficiale, calcarenitico-sabbiosa, con spessori da pochi metri ad oltre 80 m;
- una più profonda, sottostante la precedente, costituita prevalentemente di argille sabbiose e sabbie grigie di spessore massimo intorno ai 100 m.

Alla base della serie quaternaria è talvolta presente un livello conglomeratico-ghiaioso discontinuo, di esiguo spessore ed estensione areale, depositosi sul substrato argilloso marnoso ed originatosi a seguito dei fenomeni trasgressivi che nel Pleistocene inf. Hanno interessato l'area palermitana.

La potenza complessiva dei depositi quaternari è molto variabile.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica, dove, oltre all'inquadramento geologico, sono ampiamente trattati gli aspetti riguardanti la caratterizzazione litologica dei terreni, l'inquadramento geomorfologico ed idrogeologico e la sismicità dell'area, oltre ad una descrizione di dettaglio della geologia del tracciato e dei risultati delle indagini geognostiche in sito.

Per quanto attiene in particolare alla stazione Borsa si rileva quanto segue.

La stazione si sviluppa in sotterraneo su più livelli, raggiungendo una profondità massima di circa 21 m ed occupando la gran parte dell'omonima piazza.

Nell'area di impronta dell'opera si rinvencono fino a fondo scavo, al di sotto di materiali di riporto, limi organici molli LO e sabbie limose poco addensate SL (v. sondaggi S1B36, S1B37, S2-73, S2-74, S274bis), che costituiscono il paleo-alveo dei fiumi Kemonia e Papireto in prossimità della vecchia foce.

Il riporto R ha uno spessore è di $2 \div 3$ m e solo localmente raggiunge una profondità di 7 m (v. sondaggio S2-73). In considerazione della natura e della composizione granulometrica dei termini R, LO e SL, spesso non risulta chiaramente identificabile il passaggio tra il riporto ed i sottostanti terreni.

I terreni LO e SL presentano un contenuto naturale d'acqua molto elevato, talora prossimo al limite di liquidità e caratteristiche meccaniche mediocri; sono inoltre caratterizzati da elevata compressibilità. Contengono laterizi, sostanza organica, torba, residui vegetali e filamenti di alghe. Alla profondità di $21 \div 24$ m si rinvencono livelli di limo riccamente fossilifero. Spesso si hanno passaggi continui tra i due termini LO e SL.

Nella parte sotto stante si rilevano strati di termini afferenti al complesso calcarenitico (Sc – CL).

In considerazione della presenza dei paleo-alvei, la falda è prossima al piano di campagna.

Le misure piezometriche hanno infatti evidenziato che la linea libera si rinviene ad una profondità di $1,7 \div 1,9$ m lungo i lati SW e NW della piazza (paralleli, rispettivamente, a Via Roma ed a Corso Vittorio Emanuele), mentre in corrispondenza del vertice SE si approfondisce fino a circa 2,5 m. Durante il periodo di osservazione le escursioni del pelo libero sono state limitate a qualche cm.

3. ANALISI DELL'INTERFERENZA TRA FALDA E OPERA

Allo scopo di modellizzare gli effetti dell'opera in progetto sulla falda esistente è stato utilizzato il pacchetto software VS2DI.

Questo, è un codice di calcolo per la simulazione del moto di fluidi e trasporto di energia in mezzi porosi variamente saturi.

Il pacchetto software è costituito da tre componenti:

- VS2DTI, per la simulazione del trasporto e dinamica dei flussi.
- VS2DHI, per la simulazione del moto dei fluidi e di energia (calore).
- Un postprocessore per la visualizzazione dei risultati salvati dalla simulazione precedentemente eseguita.

Entrambi VS2DTI e VS2DHI combinano un'interfaccia grafica con un modello numerico per creare una modellazione in ambiente "windows".

Gli utenti possono facilmente specificare o cambiare il dominio geometrico, le condizioni idrauliche e di trasporto, le condizioni iniziali e quelle di contorno, la spaziatura della griglia, e altri parametri del modello.

I risultati della simulazione possono essere visualizzati come contorni del carico piezometrico (head pressure), umidità (moisture), saturazione (saturation), la concentrazione (concentration) o la temperatura (temperature) e la velocità o flusso (velocity – flux) per ogni passo temporale, creando così una semplice animazione.

I modelli numerici utilizzati per i calcoli di flusso e di trasporto sono il modello computazionale dell'US Geological Survey denominato VS2DT (analisi idrodinamica) e VS2DH (per il trasporto di energia). VS2DT è un modello alle differenze finite che risolve l'equazione di Richard per il flusso di un fluido, e l'equazione di aspersione-dispersione per il trasporto di soluti. Il modello è in grado di analizzare i problemi in uno o due dimensioni utilizzando sistemi di coordinate cartesiane o radiali. Le relazioni tra il carico idraulico, il contenuto di umidità, e la relativa conducibilità idraulica possono essere rappresentate da funzioni sviluppate da Genuchten Van, Brooks e Corey, Haverkamp e altri, o da dati tabulati. Le condizioni iniziali idrauliche possono essere specificate come equilibrio statico, carico idraulico o il contenuto di umidità. Le condizioni al contorno comprendono pressione specificata o il carico idraulico. Processi di trasporto solido includono avvezione, dispersione, decadimento del primo ordine, adsorbimento e scambio ionico. VS2DH è una versione di VS2DT che è stata modificata per simulare il trasporto di energia, invece che trasporto solido.

Entrambi VS2DT e VS2DH sono scritti in Fortran 77. Anche se questi modelli sono integrati nel software di grafica, i loro codici sorgente sono mantenuti come singoli programmi Fortran che possono essere compilati ed eseguiti separatamente dalla loro interfaccia grafica.

Per l'equazione di moto dei fluidi, le derivate spaziali sono approssimate da differenze finite circoscritte su un contorno formato da una griglia a blocchi. Le derivate temporali sono approssimate da uno schema di tipo "backward" implicito.

I termini di conduttanza non lineare, le condizioni al contorno, e i termini di emungimento sono linearizzati implicitamente. La conducibilità idraulica relativa è valutata nelle celle al contorno utilizzando lo schema "full upstream weighting", la media aritmetica media o la media geometrica dei valori a partire da cellule al contorno. Le conducibilità idraulica a saturazione sono valutate nelle celle al contorno utilizzando una media pesata della distanza armonica. La conduttanza non lineare e i termini di immagazzinamento possono essere rappresentati da equazioni algebriche e da dati tabulati. Le equazioni di matrice prodotti per la portata e le equazioni di trasporto sono risolti in sequenza usando la procedura "strongly implicit".

Nella valutazioni che seguono si è fatto riferimento ad una cadente piezometrica pari al 2% (per L=60m, 1,2m di differenza di carico idraulico nei bordi laterali del modello).

Per quanto riguarda la permeabilità in sito del complesso calcarenitico è stato utilizzato un valore medio pari a $k = 2 \times 10^{-5}$ m/s. Per le parti superiori, fino a quota -30m dal piano di campagna (strati SL – LO – R – S), è stato utilizzato un valore medio di $k = 1 \times 10^{-7}$ m/s

Per quanto riguarda le condizioni al contorno è stato fissato il carico totale (total head) in modo tale da definire un gradiente piezometrico di 2%.

Per valutare l'impatto dell'opera sul regime idrogeologico, sulla sezione analizzata è stata simulata la situazione ante operam e ad opera realizzata.

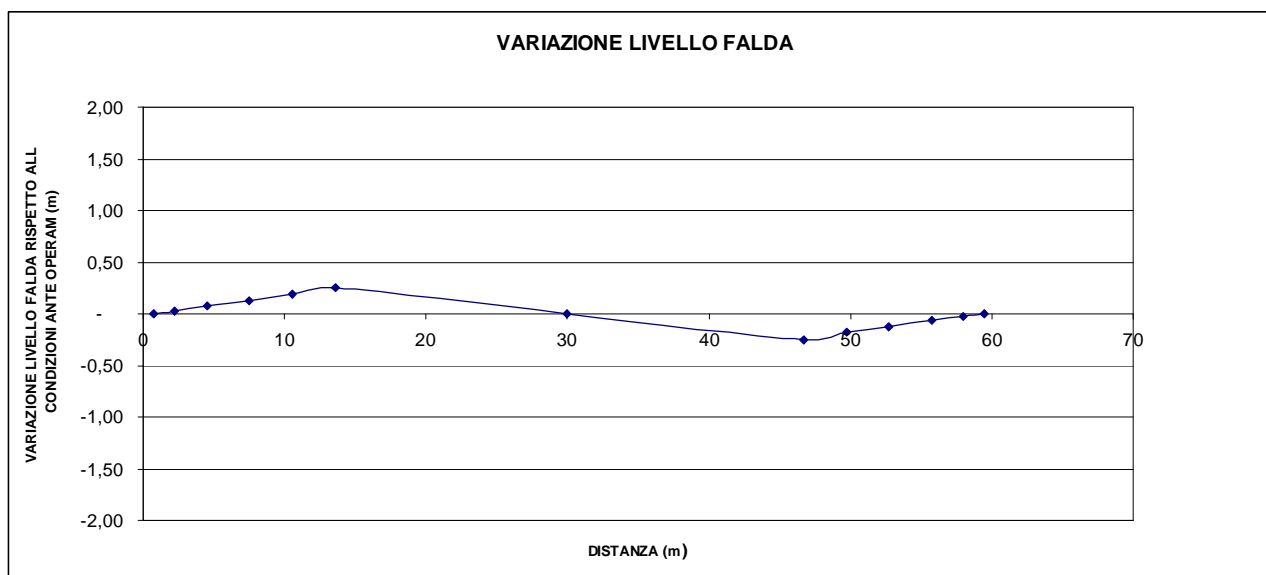
4. RISULTATI DELL'ANALISI

Sezione in corrispondenza del manufatto di stazione.

Dall'analisi delle simulazioni ante e post operam nella sezione di interesse si evidenzia un modesto innalzamento della falda a monte dell'opera per un massimo di circa 25cm ed un relativo abbassamento a valle di circa 25cm. Nella simulazione post operam si è tenuto conto anche della presenza dei diaframmi in cemento armato che consentono la realizzazione dell'opera (profondità di circa 40m dal piano di campagna).

La variazione di portata nell'acquifero tra la situazione attuale e quella in presenza dell'opera sotterranea è stata valutata dal modello numerico in una riduzione di 1.56×10^{-6} mc/s.

Di seguito si riporta un grafico sintetico che rappresenta la variazione in m della falda nella condizione post operam rispetto alla condizione ante operam. Si riportano inoltre gli estratti dei tabulati di calcolo sintetici nelle due condizioni esaminate.

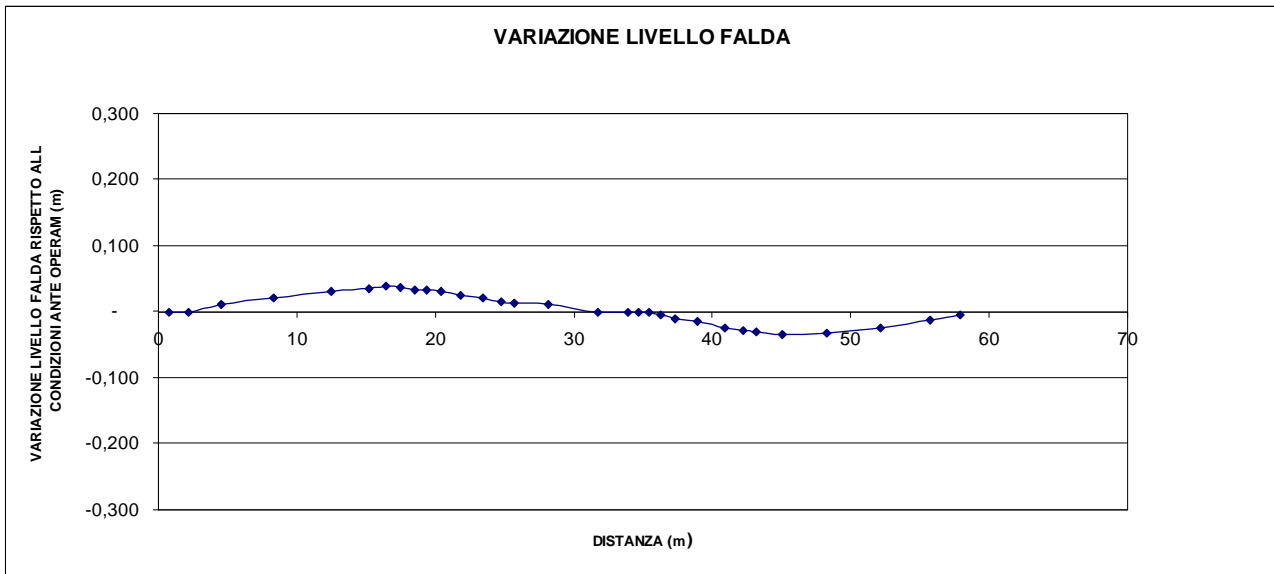


Sezione in adiacenza al manufatto di stazione.

Allo scopo di valutare l'effetto dell'opera anche nelle parti immediatamente adiacenti al manufatto di stazione vero e proprio è stata effettuata un'apposita simulazione considerando come ostacolo solamente le due canne di galleria. Dal confronto delle simulazioni ante e post operam nella sezione di interesse si evidenzia un modestissimo innalzamento della falda a monte dell'opera per un massimo di circa 4cm ed un relativo abbassamento a valle di circa 3cm.

La variazione di portata nell'acquifero tra la situazione attuale e quella in presenza dell'opera sotterranea si è rivelata veramente modesta ed è stata valutata dal modello numerico in una riduzione di 9.27×10^{-9} mc/s.

Di seguito si riporta un grafico sintetico che rappresenta la variazione in m della falda nella condizione post operam rispetto alla condizione ante operam. Si riportano inoltre gli estratti dei tabulati di calcolo sintetici nelle due condizioni esaminate.




```

6 13333311111111111111333331
7 13333311111111111111333331
8 13333311111111111111333331
9 13333311111111111111333331
10 13333311111111111111333331
11 13333311111111111111333331
12 13333311111111111111333331
13 13333311111111111111333331
14 13333311111111111111333331
15 122222112222222222222221
16 12222211222222222222222221
17 12222222222222222222222221
18 12222222222222222222222221
19 1111111111111111111111111111

```

```

LENGTH OF THIS PERIOD = 6.00000E+08 sec
LENGTH OF INITIAL TIME STEP FOR THIS PERIOD = 1.00000E+03 sec
MULTIPLIER FOR TIME STEP = 1.000E+04
MAXIMUM TIME STEP SIZE = 1.00000E+05 sec
MINIMUM TIME STEP SIZE = 5.00000E+00 sec
TIME STEP REDUCTION FACTOR = 1.000E-01
MAXIMUM PRESSURE HEAD CHANGE ALLOWED IN ONE TIME STEP = 1.000 m
MAXIMUM DEPTH CLIFFERION = 1.00000E+00 m
MAXIMUM WATER BOUNDING = 1.00000E+00 m
PRINT SOLUTION AFTER EVERY TIME STEP? T
SIMULATE EVAPORATION? F
SIMULATE EVAPOTRANSPIRATION? F
SIMULATE SEEPAGE FACES? T

```

```

NODE TYPE AND INITIAL BOUNDARY CONDITIONS FOR PERIOD 1
LEGEND:
0 = INTERIOR CELL
1 = SPECIFIED PRESSURE HEAD CELL
2 = SPECIFIED FLUX CELL
3 = POTENTIAL SEEPAGE FACE NODE
5 = NODE FOR WHICH EVAPORATION IS PERMITTED

```

Z, IN	m	X OR R DISTANCE, IN	m	17.25	19.58	22.59	25.61	28.62	31.63	34.64	37.66	40.67	42.80	44.30	46.69	49.71	52.72	55.73	57.95	59.46
3.97	1.81E+00	1.84E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00	1.80E+00
5.81	3.64E+00	3.64E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00	3.63E+00
8.12	5.95E+00	5.95E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00	5.94E+00
11.54	9.38E+00	9.37E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00	9.36E+00
16.76	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01	1.48E+01
20.79	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01
25.39	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01	2.32E+01
30.01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01	2.78E+01
34.63	3.25E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.24E+01

```

TIME STEP 6001 TIME = 0.600000E+09 sec NIT = 2 NIT1 = 0 NIT3 = 0
TOTAL ELAPSED TIME = 6.000000E+08 sec
TIME STEP 6001

```

PRESSURE HEAD, IN m

38.22 3.61E+01 3.60E+01 3.60E+01 3.59E+01 3.59E+01 3.59E+01 3.58E+01 3.58E+01 3.57E+01 3.57E+01 3.56E+01 3.56E+01 3.56E+01 3.55E+01 3.54E+01 3.54E+01 3.53E+01 3.53E+01 3.53E+01 3.50E+01 3.50E+01 3.50E+01 3.49E+01 3.49E+01 3.49E+01
40.53 3.84E+01 3.83E+01 3.83E+01 3.82E+01 3.82E+01 3.81E+01 3.81E+01 3.81E+01 3.80E+01 3.79E+01 3.79E+01 3.78E+01 3.78E+01 3.78E+01 3.77E+01 3.77E+01 3.76E+01 3.76E+01 3.76E+01 3.75E+01 3.75E+01 3.74E+01 3.73E+01 3.72E+01 3.72E+01
43.86 4.17E+01 4.17E+01 4.16E+01 4.16E+01 4.15E+01 4.15E+01 4.14E+01 4.14E+01 4.13E+01 4.13E+01 4.12E+01 4.12E+01 4.12E+01 4.11E+01 4.11E+01 4.10E+01 4.10E+01 4.09E+01 4.08E+01 4.08E+01 4.07E+01 4.07E+01 4.06E+01 4.05E+01

----- MASS BALANCE SUMMARY FOR TIME STEP6001 -----
PERIOD NUMBER 1
TOTAL ELAPSED SIMULATION TIME = 6.000000E+08 sec

VOLUMETRIC FLOW BALANCE		
	TOTAL	RATE THIS TIME STEP
	m ³	m ³ /SEC
FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES	2.49466E+03	4.15792E-06
FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES	-2.50170E+03	-4.15792E-06
FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES	0.00000E+00	0.00000E+00
FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES	0.00000E+00	0.00000E+00
TOTAL FLUX INTO DOMAIN	2.49466E+03	4.15792E-06
TOTAL FLUX OUT OF DOMAIN	-2.50170E+03	-4.15792E-06
EVAPORATION	0.00000E+00	0.00000E+00
TRANSPIRATION	0.00000E+00	0.00000E+00
TOTAL EVAPOTRANSPIRATION	0.00000E+00	0.00000E+00

SEZIONE ADIACENTE AL MANUFATTO DI STAZIONE
 ESTRATTO TABULATO DI CALCOLO MODELLO ANTE OPERAM

```

*****
+ VS2DH
+
+ VERSION 3.2
+ SIMULATION OF 2-DIMENSIONAL VARIABLY
+ SATURATED FLOW AND ENERGY TRANSPORT
+ THROUGH POROUS MEDIA.
+
*****
    
```

```

*****
*****
*****
    
```

SPACE AND TIME CONSTANTS

```

-----
MAXIMUM SIMULATION TIME = 0.600000E+10 sec
STARTING TIME = 0.0000
NUMBER OF RECHARGE PERIODS = 1
MAXIMUM NUMBER OF TIME STEPS = 10000
NUMBER OF ROWS = 23
NUMBER OF COLUMNS = 34
AXES TILTED BY ANGLE = 0.00
SOLUTION OPTIONS
    
```

```

WRITE ALL PRESSURE HEADS TO FILE 8 AT OBSERVATION TIMES? F
STOP SOLUTION IF MAXIMUM NO. OF ITERATIONS EXCEEDED IN ANY TIME STEP? I
WRITE MAXIMUM CHANGE IN HEAD FOR EACH ITERATION TO FILE 7? F
WRITE RESULTS AT SELECTED OBSERVATION POINTS TO FILE 11? F
WRITE MASS BALANCE RATES TO FILE 9? F
WRITE MASS BALANCE RATES TO FILE 6? F
WRITE MOISTURE CONTENTS TO FILE 6? F
WRITE SATURATIONS TO FILE 6? F
WRITE PRESSURE HEADS TO FILE 6? I
WRITE TOTAL HEADS TO FILE 6? F
WRITE VELOCITIES TO FILE 6? F
    
```

```

0.583 0.193 0.417 0.500 0.583 1.820 1.820 2.827 1.100
0.833 1.093 0.833 0.767 4.817 4.817 4.817 4.817 2.567
2.050 4.617 4.617
1.417 1.417 1.596 3.013 4.558 3.750 1.667 0.806 1.269 0.842
0.833 1.337 1.496 1.630 1.074 0.880 3.958 3.292 0.917 0.750
0.685 1.065 0.935 2.296 1.704 0.926 0.972 2.833 3.500 4.225
3.013 1.429 1.500 1.500
COORDINATE SYSTEM IS RECTANGULAR
MATRIX EQUATIONS TO BE SOLVED BY SIP
INITIAL MOISTURE PARAMETERS
    
```

```

CONVERGENCE CRITERION FOR SIP FOR FLOW (EPS) = 1.000E-04 M
CONVERGENCE CRITERION FOR SIP FOR TRANSPORT (EPS1) = 0.000E+00
DAMPING FACTOR HWAY = 9.000E-01
CONVERGENCE CRITERION FOR OUTER ITERATION (EPS2) = 0.000E+00
ARITHMETIC MEAN USED FOR INTERCELL CONDUCTIVITY
NUMBER OF SOIL TEXTURAL CLASSES = 3
NUMBER OF SOIL PARAMETERS FOR EACH CLASS = 6
NUMBER OF TRANSPORT PARAMETERS FOR EACH CLASS = 0
MINIMUM PERMITTED NO. OF ITERATIONS/TIME STEP = 2
MAXIMUM PERMITTED NO. OF ITERATIONS/TIME STEP = 250
CONSTANTS FOR SOIL TEXTURAL CLASSES
    
```

ANISOTROPY

```

KSAT
CLASS # 1 1.000D+00 0.000D+00
CLASS # 2 1.000D+00 2.000D-05
CLASS # 3 1.000D+00 1.000D-07
TEXTURAL CLASS INDEX MAP
    
```

TEXTURAL CLASS TO BE READ IN FOR EACH ROW

TIME STEP 6001

Z, IN X OR R DISTANCE, IN m PRESSURE HEAD, IN m

Table with 13 columns: Z, IN; X OR R DISTANCE, IN m; 12.46; 15.17; 16.40; 17.44; 18.50; 19.33; 20.42; 21.84; 23.40; 24.75; 25.73; 28.15; 31.77; 33.87; 34.71; 35.43; 36.30; 37.30; 38.92. Rows contain numerical data for each column.

PERIOD NUMBER 1 TOTAL ELAPSED SIMULATION TIME = 6.000000E+09 sec

Table with 3 columns: VOLUMETRIC FLOW BALANCE; TOTAL; RATE THIS TIME STEP. Rows include: FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES; FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES; FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES; FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES; TOTAL FLUX INTO DOMAIN; TOTAL FLUX OUT OF DOMAIN; EVAPORATION; TRANSPIRATION; TOTAL EVAPOTRANSPIRATION.

***** MASS BALANCE SUMMARY FOR TIME STEP 6001 *****

Table with 3 columns: PERIOD NUMBER 1; TOTAL ELAPSED SIMULATION TIME = 6.000000E+09 sec; MASS BALANCE SUMMARY FOR TIME STEP 6001. Rows include: PERIOD NUMBER 1; TOTAL ELAPSED SIMULATION TIME = 6.000000E+09 sec; MASS BALANCE SUMMARY FOR TIME STEP 6001.

SEZIONE ADIACENTE AL MANUFATTO DI STAZIONE ESTRATTO TABULATO DI CALCOLO MODELLO POST OPERAM

```
*****
+                               VSZDH
+                               VERSION 3.2
+ SIMULATION OF 2-DIMENSIONAL VARIABLE
+ SATURATION OF SOILS FOR TRANSPORT
+ THROUGH POROUS MEDIA
+*****
MAXIMUM SIMULATION TIME = 0.50000E+10 sec
STARTING TIME = 0.0000
NUMBER OF RECHARGE PERIODS = 1
MAXIMUM NUMBER OF TIME STEPS = 10000
NUMBER OF ROWS = 23
NUMBER OF COLUMNS = 34
NUMBER OF PARAMETERS = 34
AXES SOLUTION OPTIONS = 0.00
-----
WRITE ALL PRESSURE HEADS TO FILE 8 AT OBSERVATION TIMES? F
STOP SOLUTION IF MAXIMUM NO. OF ITERATIONS EXCEEDED IN ANY TIME STEP? I
WRITE MAXIMUM CHANGE IN HEAD FOR EACH ITERATION TO FILE 7? F
WRITE MAXIMUM CHANGE IN SEVERAL SPECIFIC HUMIDITY TO FILE 9? F
WRITE MASS BALANCE RAIES TO FILE 6? F
WRITE MOISTURE CONTENTS TO FILE 6? F
WRITE SATURATIONS TO FILE 6? F
WRITE PRESSURE HEADS TO FILE 6? F
WRITE PRESSURE HEADS TO FILE 6? F
WRITE VELOCITIES TO FILE 6? F
-----
GRID SPACING IN VERTICAL DIRECTION, IN M
0.583 0.583 0.417 0.500 0.583 1.250 1.283 2.383 2.233 1.100
0.833 1.083 0.833 0.767 4.617 4.617 4.617 4.617 4.617 4.617 2.567
2.050 4.617 4.617
-----
GRID SPACING IN HORIZONTAL OR RADIAL DIRECTION, IN M
1.417 1.417 1.486 3.013 4.568
0.833 1.357 1.486 1.430 1.074 0.850 3.958 3.295 0.957 0.760
0.685 1.065 0.935 2.296 1.704 0.926 0.972 2.833 3.500 4.425
3.013 1.429 1.500 1.500
COORDINATE SYSTEM IS RECTANGULAR
MATRIX EQUATIONS TO BE SOLVED BY SIP
INITIAL MOISTURE PARAMETERS
-----
CONVERGENCE CRITERION FOR SIP FOR FLOW (EPS1) = 1.000E-04 m
CONVERGENCE CRITERION FOR SIP FOR TRANSPORT (EPS1) = 0.000E+00
DAMPING FACTOR, RHAM, FOR 9.000E-04 PERCENTATION (EPS2) = 0.000E+00
ARITHMETIC MEAN USED FOR INTERCELL CONDUCTIVITY
NUMBER OF SOIL TEXTURAL CLASSES = 3
NUMBER OF SOIL PARAMETERS FOR EACH CLASS = 6
NUMBER OF TRANSPORT PARAMETERS FOR EACH CLASS = 0
MINIMUM PERMITTED NO. OF ITERATIONS/TIME STEP = 2
MAXIMUM PERMITTED NO. OF ITERATIONS/TIME STEP = 20
CONSTANTS FOR SOIL TEXTURAL CLASSES
-----
CLASS # 1 1.000D+00 0.000D+00
CLASS # 2 1.000D+00 2.000D-05
CLASS # 3 1.000D+00 1.000D-07
TEXTURAL CLASS INDEX MAP
-----
ANISOTROPY KSEAT
```

ANISOTROPY KSEAT

```
CLASS # 1 1.000D+00 0.000D+00
CLASS # 2 1.000D+00 2.000D-05
CLASS # 3 1.000D+00 1.000D-07
TEXTURAL CLASS INDEX MAP
```

TEXTURAL CLASS TO BE READ IN FOR EACH ROW
1 1111111111111111111111111111111111
2 1333333333333333333333333333333331
3 1333333333333333333333333333333331
4 1333333333333333333333333333333331
5 1333333333333333333333333333333331
6 1333333333333333333333333333333331
7 1333333333333333333333333333333331
8 1333333333333333333333333333333331
9 1333333333333333333333333333333331
10 1333333333333333333333333333333331
11 1333333333333333333333333333333331
12 1333333333333333333333333333333331
13 1333333333333333333333333333333331
14 1333333333333333333333333333333331
15 1333333333333333333333333333333331
16 1333333333333333333333333333333331
17 1333333333333333333333333333333331
18 1333333333333333333333333333333331
19 122222222222222222222222222222221
20 122222222222222222222222222222221
21 122222222222222222222222222222221
22 122222222222222222222222222222221
23 1111111111111111111111111111111111

LENGTH OF THIS PERIOD = 6.00000E+09 sec
LENGTH OF INITIAL TIME STEP FOR THIS PERIOD = 1.00000E+03 sec
MULTIPLIER FOR TIME STEP = 1.000E+05
MAXIMUM TIME STEP SIZE = 1.00000E+06 sec
MINIMUM TIME STEP SIZE = 5.00000E+00 sec
TIME STEP REDUCTION FACTOR = 1.000E-01
MAXIMUM PRESSURE HEAD CHANGE ALLOWED IN ONE TIME STEP = 1.000 m
STEADY-STATE CLOSURE CRITERION = 0.00000E+00 m
MAXIMUM DEPTH OF PONDING = 1.00000E+02 m
PRINT SOLUTION AFTER EVERY TIME STEP? T
SIMULATE EVAPORATION? F
SIMULATE SEEPAGE? F
SIMULATE SEEPAGE FACES? I

NODE TYPE AND INITIAL BOUNDARY CONDITIONS FOR PERIOD 1
LEGEND: 0 = INTERIOR CELL
1 = SPECIFIED PRESSURE HEAD CELL
2 = SPECIFIED FLUX CELL
3 = POTENTIAL SEEPAGE FACE NODE
5 = NODE FOR WHICH EVAPORATION IS PERMITTED

1 0000000000000000000000000000000000
2 0000000000000000000000000000000030
3 0000000000000000000000000000000030
4 0000000000000000000000000000000030
5 0000000000000000000000000000000030
6 0100000000000000000000000000000010
7 0100000000000000000000000000000010
8 0100000000000000000000000000000010
9 0100000000000000000000000000000010
10 0100000000000000000000000000000010
11 0100000000000000000000000000000010
12 0100000000000000000000000000000010
13 0100000000000000000000000000000010
14 0100000000000000000000000000000010
15 0100000000000000000000000000000010
16 0100000000000000000000000000000010
17 0100000000000000000000000000000010
18 0100000000000000000000000000000010
19 0100000000000000000000000000000010
20 0100000000000000000000000000000010
21 0100000000000000000000000000000010
22 0100000000000000000000000000000010
23 0000000000000000000000000000000000

TIME STEP 6001 TIME = 0.600000E+10 sec NIT = 2 NIT1 = 0 NIT3 = 0
TOTAL ELAPSED TIME = 6.000000E+09 sec
TIME STEP 6001

PRESSURE HEAD, IN M

Z, IN	M	X OR R DISTANCE, IN M	15.17	16.40	17.44	18.50	19.33	20.42	21.84	24.75	25.73	28.15	31.77	33.87	34.71	35.43	36.30	37.30							
38.92	40.92	0.71	2.21	4.52	8.30	12.46	15.17	16.40	17.44	18.50	19.33	20.42	21.84	24.75	25.73	28.15	31.77	33.87	34.71	35.43	36.30	37.30			
3.971	1.81E+00	1.74E+00	1.68E+00	1.60E+00	1.55E+00	1.53E+00	1.50E+00	1.48E+00	1.48E+00	1.47E+00	1.46E+00	1.44E+00	1.40E+00	1.37E+00	1.34E+00	1.32E+00	1.27E+00	1.19E+00	1.15E+00	1.13E+00	1.12E+00	1.09E+00	1.07E+00		
1.03E+00	9.76E-01	9.43E-01	9.20E-01	8.76E-01	8.11E-01	7.38E-01	6.73E-01	6.34E-01	6.08E-01	5.81	5.64E+00	3.42E+00	3.39E+00	3.36E+00	3.34E+00	3.32E+00	3.30E+00	3.27E+00	3.24E+00	3.17E+00	3.15E+00	3.10E+00	2.98E+00	2.93E+00	2.90E+00
2.86E+00	2.81E+00	2.77E+00	2.75E+00	2.71E+00	2.64E+00	2.57E+00	2.51E+00	2.47E+00	2.44E+00	2.42E+00	2.40E+00	2.38E+00	2.36E+00	2.34E+00	2.32E+00	2.30E+00	2.28E+00	2.26E+00	2.24E+00	2.22E+00	2.20E+00	2.18E+00	2.16E+00	2.14E+00	2.12E+00
5.16E+00	5.11E+00	5.07E+00	5.05E+00	5.01E+00	4.95E+00	4.88E+00	4.81E+00	4.78E+00	4.75E+00	4.73E+00	4.71E+00	4.69E+00	4.67E+00	4.65E+00	4.63E+00	4.61E+00	4.59E+00	4.57E+00	4.55E+00	4.53E+00	4.51E+00	4.49E+00	4.47E+00	4.45E+00	4.43E+00
6.89E+00	6.78E+00	6.72E+00	6.68E+00	6.62E+00	6.52E+00	6.42E+00	6.32E+00	6.28E+00	6.24E+00	6.21E+00	6.19E+00	6.17E+00	6.15E+00	6.13E+00	6.11E+00	6.09E+00	6.07E+00	6.05E+00	6.03E+00	6.01E+00	5.99E+00	5.97E+00	5.95E+00	5.93E+00	5.91E+00
10.75	8.58E+00	8.55E+00	8.52E+00	8.46E+00	8.39E+00	8.33E+00	8.30E+00	8.28E+00	8.27E+00	8.25E+00	8.24E+00	8.22E+00	8.20E+00	8.18E+00	8.16E+00	8.14E+00	8.12E+00	8.10E+00	8.08E+00	8.06E+00	8.04E+00	8.02E+00	8.00E+00	7.98E+00	7.87E+00
0.00E+00	7.71E+00	7.68E+00	7.62E+00	7.57E+00	7.51E+00	7.45E+00	7.41E+00	7.38E+00	7.36E+00	7.34E+00	7.32E+00	7.30E+00	7.28E+00	7.26E+00	7.24E+00	7.22E+00	7.20E+00	7.18E+00	7.16E+00	7.14E+00	7.12E+00	7.10E+00	7.08E+00	7.06E+00	7.04E+00
0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
12.67	1.05E+01	1.04E+01	1.04E+01	1.04E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01	1.03E+01
13.47	1.13E+01	1.13E+01	1.12E+01	1.12E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01	1.11E+01
16.16	1.40E+01	1.40E+01	1.39E+01	1.39E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01	1.38E+01
20.78	1.86E+01	1.86E+01	1.85E+01	1.85E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01	1.84E+01
2.24E+01	2.24E+01	2.24E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01	2.23E+01
30.01	2.78E+01	2.78E+01	2.77E+01	2.77E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01	2.76E+01
34.63	3.25E+01	3.24E+01	3.24E+01	3.23E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01	3.22E+01
38.22	3.61E+01	3.60E+01	3.60E+01	3.59E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01	3.58E+01
40.53	3.84E+01	3.82E+01	3.82E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01	3.81E+01
43.86	4.17E+01	4.17E+01	4.16E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01	4.15E+01
4.09E+01	4.08E+01	4.08E+01	4.08E+01	4.08E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01	4.07E+01

PERIOD NUMBER 1
TOTAL ELAPSED SIMULATION TIME = 6.000000E+09 sec

	TOTAL THIS TIME STEP	RATE THIS TIME STEP
VOLUMETRIC FLOW BALANCE	m **3	m **3/sec
FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES	9.27655E-01	5.71331E-06
FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED PRESSURE HEAD BOUNDARIES	-9.27657E-01	-5.71333E-06
FLUX INTO DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES	0.00000E+00	0.00000E+00
FLUX OUT OF DOMAIN ACROSS SPECIFIED FLUX BOUNDARIES	0.00000E+00	0.00000E+00
TOTAL FLUX INTO DOMAIN	9.27655E-01	5.71331E-06
TOTAL FLUX OUT OF DOMAIN	-9.27657E-01	-5.71333E-06
EVAPORATION	0.00000E+00	0.00000E+00
CONDENSATION	0.00000E+00	0.00000E+00
TOTAL EVAPORATION	0.00000E+00	0.00000E+00
TOTAL CONDENSATION	0.00000E+00	0.00000E+00