

Dott. Geol. Giorgio Schintu Via Toscana, 20 Macomer  
Tel.078570732 - Portatile 3291610373  
Posta El. schintu.giorgio@tiscali.it

## COMUNE DI MACOMER



PIANO DI  
CARATTERIZZAZIONE  
IDROGEOLOGICA E  
MONITORAGGIO  
FALDE PRESSO IL  
SISTEMA DI  
TRATTAMENTO  
RIFIUTI DI  
MACOMER/TOSSILO

Allegati alla relazione:

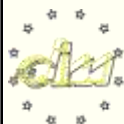
1. Carta delle isopieze.
2. Stratigrafie sondaggi.
3. Ubicazione dei piezometri
4. Descrizione dell'intervento (voce di capitolato)
5. Preventivo realizzazione piezometri

Approvazioni

### RELAZIONE IDROGEOLOGICA PRELIMINARE VALUTAZIONE DELLE RETE DI PIEZOMETRI PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il committente

Il Geologo



Consorzio per la Zona Industriale di Macomer

Sede: Località Tossilo - 08015 MACOMER (NU) Tel. 0785 71675 - Fax 0785 72125

Data 20 giugno 2016

---

## **0**

0 <b>Premessa</b> .....	3
-------------------------	---

---

## **1**

<b>1 - RELAZIONE IDROGEOLOGICA PRELIMINARE</b> .....	5
<b>1.1 - Inquadramento geografico</b> .....	6
<b>1.2 - Geologia e tettonica</b> .....	6
<b>1.2.1 - Descrizione delle litologie e degli affioramenti</b> .....	6
<b>1.3 - Morfologia</b> .....	7

---

## **2**

<b>2- RELAZIONE IDROGEOLOGICA</b> .....	8
<b>2.1 – Descrizione dei dati e delle conoscenze in possesso</b> .....	9
<b>2.2 – Piano di indagini e previsione dei piezometri</b> .....	9

---

## **Allegati**

Allegato 1	Carta delle isopieze. ....	12
Allegato 2	Stratigrafie sondaggi. ....	13
Allegato 3	Ubicazione dei piezometri .....	14
Allegato 4	Descrizione dell'intervento (voce di capitolato) .....	15
Allegato 5	Preventivo realizzazione piezometri .....	21

## **Premessa**

*Su incarico del committente dell'opera, Consorzio per la zona Industriale di Macomer, mi è stato conferito l'incarico di predisporre un piano di monitoraggio ambientale delle falde che insistono nel sottosuolo presso il sistema di trattamento rifiuti di Macomer/Tossilo, così come richiesto dall'AIA (det. 1289 del 29/07/15 della Prov. Di NU) al punto 6.16 commi 8) e 9. L'area è sita nel territorio comunale di Macomer, compresa nell'area Z.I.R. all'interno del sito dell'impianto di incenerimento.*

*Nell'area è stato eseguito un sopralluogo, su una zona più ampia che quell'interessata dall'intervento, allo scopo di chiarire la complessità degli affioramenti geologici e dei processi idrogeologici che si svolgono nell'area.*

*Per la valutazione preliminare delle condizioni idrogeologiche del sito sono stati utilizzati studi e indagini eseguiti dallo scrivente nello stesso sito.*

*Normativa di riferimento:*

- *D.Lgs 36/2003*
- *D.Lgs 4 marzo 2014, n. 46*
- *Linee guida sui rifiuti speciali monitoraggio e controllo delle discariche in fase di gestione operativa e post operativa; PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07 Implementation and enforcement of the environmental Acquis focussed on industrial waste management 10*
- *D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30*
- *D.Lgs. 152/06 e s.m.i.*
- *ISPRA - 2009 Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee*
- *Dir. Quadro Europea acque 2000/60/CE (DQA)*
- *Direttiva 2006/118/CE, avente come oggetto la tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento*
- *Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)” Rev.1 del 16/06/2014*

*Quanto segue è il risultato delle indagini preliminari, il quadro conoscitivo dello stato attuale dei luoghi, utile a predisporre un piano di indagini finalizzato a conoscere le falde sotterranee*

*presenti sotto l'impianto, la loro soggiacenza, direzione e vulnerabilità, e a predisporre una adeguata rete di piezometri per il monitoraggio continuo. Alla presente relazione pertanto si allega il piano di indagini e prove ed esecuzione dei piezometri.*

1 - RELAZIONE IDROGEOLOGICA  
PRELIMINARE

## **1.1 - Inquadramento geografico**

L'area è situata nella SAR centrale, all'interno del plateau basaltico dell'Altopiano di Abbasanta, pur essendo un'area morfologicamente giovane, il paesaggio è caratterizzato da una morfologia tipicamente tabulare, con deboli pendenze e incisioni vallive poco marcate.

Il sito è situato nell'agro del comune di Macomer nella Z.I.R. di Tossilo, in prossimità dell'arteria stradale SS 131. Riferimenti cartografici: Carta Geologica d'Italia foglio 207; Carta d'Italia fg. 498 sezione III Macomer.

## **1.2 -Geologia e tettonica**

Il sito prescelto si trova nell'Altopiano di Abbasanta, un importante plateau basaltico del Plio - Quaternario, costituitosi attraverso centri di emissione prevalentemente lineari. Sotto l'aspetto geologico e morfologico, quindi, la regione presenta una limitata variabilità, il substrato comprende litologie esclusivamente vulcaniche, ricoperte dai depositi sedimentari dovuti al modellamento dei versanti avvenuto nel Quaternario e dai prodotti pedogenici.

### **1.2.1 - Descrizione delle litologie e degli affioramenti**

Di seguito sono descritte le litologie le condizioni di giacitura, l'estensione e l'ubicazione degli affioramenti.

#### **Espandimenti basaltici**

Nel Pliocene medio – superiore la situazione geodinamica della Sardegna ha dato luogo alla formazione di vulcanismi basaltici. Da un'importante frattura, attiva probabilmente anche in epoche geologiche diverse, sono fuoriusciti magmi basaltici.

Il chimismo delle lave va dai basalti alcalini ai trachibasalti, la roccia lapidea si presenta, al taglio fresco, di colore grigio nerastro. Il raffreddamento avvenuto dopo la messa in posto, ha generalmente prodotto una fratturazione verticale sub ortogonale, isolando grossi blocchi a forma di colonne più o meno regolari. La fratturazione è ben visibile ai bordi dell'espandimento, oppure lungo le principali incisioni vallive. A volte il raffreddamento ha determinato una fratturazione diversa dando luogo a blocchi subsferoidali. Il passaggio tra colate successive, spesso, è segnato da livelli argillosi anche molto arrossati, questi sono interpretabili o come paleosuoli o più spesso come

porzioni scoriacee delle parti periferiche delle colate. Le scorie sono caratterizzate da una notevole bollosità dovuta alla degassificazione dei magmi, essendo meno cristallizzate si alterano più facilmente.

Non sono presenti depositi alluvionali del Quaternario

### **1.3 - Morfologia**

Nella zona in studio si riscontra una morfologia caratterizzata dalla relativa giovinezza dei litotipi e degli avvenimenti tettonici. I processi e le forme evidenti, sono quelli tipici delle aree vulcaniche di plateau. La morfologia può essere così sintetizzata:

a) aree pianeggianti degli espandimenti basaltici (morfologia conservativa);

Il territorio è caratterizzato da una notevole stabilità geomorfologica e dall'assenza di fenomeni geomorfici, difficilmente attivabili anche dopo l'intervento umano. In generale si riscontra una situazione di sostanziale stabilità per quanto concerne i processi naturali, mentre sorgono alcune perplessità riguardo ai processi antropici.

L'insieme delle osservazioni e dei rilievi di campagna, ha condotto a classificare l'area di interesse in un'unica zona.

1. ZONA NON ESPOSTA Rischio geologico ritenuto nullo, assenza di pericolosità; nessuna prescrizione. Aree di paesaggio conservativo degli altopiani, dei versanti a debole pendenza e/o in terreni coerenti; profilo evoluto; processi geomorfici quasi assenti e difficilmente attivabili anche dopo interventi di modificazione da parte dell'uomo.

## 2- RELAZIONE IDROGEOLOGICA

## **2.1 – Descrizione dei dati e delle conoscenze in possesso.**

Per la valutazione delle falde sono disponibili i dati di tre sondaggi a carotaggio eseguiti nel febbraio 2012 per la progettazione preliminare dell'impianto e i pozzi attualmente presenti. Con i primi è stato possibile individuare una falda sub superficiale, con i secondi una più profonda. Tali perforazioni però si trovano esclusivamente nella porzione nord-occidentale e pertanto al momento si hanno informazioni parziali e incomplete.

Allo stato attuale sono conosciute due falde di cui una superficiale a circa 3 m di profondità e un'altra più profonda a circa 15 m di profondità. La seconda falda è stata intercettata alla profondità di circa 30 m dal piano di campagna, la perforazione è stata spinta oltre per consentire un sufficiente margine di oscillazione durante l'emungimento. La falda è risalente fino a 14 15 m dal piano di campagna, a dimostrazione della presenza di uno spessore semipermeabile di circa 30 m che manda in pressione la falda. Entrambe mostrano una vergenza simile verso sud est, a dimostrazione che l'alimentazione sarebbe da mettere in relazione con i rilievi presenti a nord.

Nella carta allegata sono state ricostruite le isopieze, per quella superficiale va detto che si tratta di una quota estiva quindi minima, ovvero nella stagione piovosa la falda avrà una superficie libera a quota maggiore.

## **2.2 – Piano di indagini e previsione dei piezometri**

Nella valutazione del piano di monitoraggio si è tenuto conto delle indicazioni metodologiche contenute nelle *“Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Indirizzi metodologici specifici: Ambiente idrico (Capitolo 6.2) REV. 1 DEL 17/06/2015”*

Prioritariamente è necessario premettere che:

- In prossimità dell'intervento non vi sono aree di captazione idrica, sorgenti e/o pozzi, per uso idropotabile e irriguo. Sono presenti dei pozzi (tre) ad uso interno dell'impianto di termo distruzione.
- Non sono presenti opere in sotterraneo quali gallerie e/o movimenti terra e scavi, aree di cantiere, che possano interferire con le falde profonde e/o superficiali.

- Non sono presenti aree di particolare “sensibilità” e rilevanza ambientale e/o socio – economica (es. sorgenti, aree umide protette, laghi alimentati in parte dalla falda, aree di risorgive carsiche).

In particolare si è tenuto conto del “*criterio monte - valle* rispetto alla direzione di deflusso della falda” con l’intento di intercettare le acque a monte della vergenza *pulite* e a monte dopo l’eventuale inquinamento.

Il parametro più significativo per la valutazione dello stato “quantitativo” dell’acquifero è senz’altro rappresentato dalla misura del livello della superficie piezometrica che consentono di riscontrare le variazioni del regime idrodinamico della falda, tenendo presente che tali variazioni possono avvenire anche naturalmente, a seguito di precipitazioni abbondanti, irrigazioni in aree agricole, pompaggio o altre attività antropiche nell’area d’influenza del progetto o in siti adiacenti.

Per quanto riguarda l’approntamento della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, oltre all’allestimento di punti ad hoc per le misure quali – quantitative, anche al fine di contenere anche i tempi ed i costi, sono stati inclusi, punti di controllo già allestiti come i tre pozzi esistenti e indicati in carta. I piezometri sono stati ubicati con una densità maggiore intorno all’impianto distanti circa 70 m e più rada all’esterno dell’area. Sono stati posizionati 11 piezometri maggiormente addensati all’interno dell’impianto e 4 esterni, a questi va aggiunto un piezometro profondo 70 m ma isolato con tecniche particolari dalle falde superficiali.

La scelta degli indicatori e/o indici, con la relativa identificazione delle soglie di riferimento, nonché la frequenza di campionamento dovrà essere fatta in funzione delle caratteristiche dell’acquifero, della tipologia delle attività di progetto e delle potenziali interazioni con i corpi idrici sotterranei e superficiali, del regime idraulico

Per quanto riguarda le analisi le linee guida prevedono: “I campioni d’acqua saranno prelevati in ciascun punto di monitoraggio delle acque (pozzi, piezometri, sorgenti ecc.) e analizzati in laboratorio; la scelta degli analiti andrà effettuata facendo riferimento a quanto indicato nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e nel D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30 “Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e dal deterioramento”. Più specificamente, per la caratterizzazione qualitativa delle acque su ciascun campione prelevato dovranno essere misurati, oltre ai parametri sopra indicati:

- *Parametri chimici –macrodescrittori:* calcio, sodio, potassio, magnesio, cloruri, cloro attivo, fluoruri, solfati, bicarbonati, nitrati, nitriti, ammonio, solidi disciolti totali (TDS) e solidi sospesi totali (TSS);
- *Elementi in traccia:* arsenico, cobalto, cromo, rame, ferro, iodio, manganese, molibdeno, nichel, selenio, silicio, stagno, vanadio, zinco, cadmio, mercurio, piombo.”

Oltre a questi parametri di base, in relazione al caso specifico, per valutare i rischi associati all’opera si ritiene necessario allargare il set dei parametri al fine di verificare eventuali potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea, tipiche dell’attività in oggetto, dovuti alle attività di cantiere, scarichi, sversamenti accidentali e altre azioni del progetto individuati nello SIA.

*Macomer li 20 giugno 2016*

*Dr. Geol. Giorgio Schintu*

Allegato 1 Carta delle isopieze.





Allegato 4 Descrizione dell'intervento (voce di capitolato)

## **Perforazione con martello fondo foro**

Esecuzione di n° 10 perforazioni profonde 12 m e di n° 1 profonda 70 m per l'installazione dei piezometri.

La perforazione ad aria compressa con martello a fondo-foro (DHH - Down Hole Hammer) è un sistema a rotopercolazione che impiega un martello, montato sulla estremità della batteria, azionato da un compressore che scarica l'aria sul fondo del foro. Nello stesso tempo la batteria, azionata dalla testa di rotazione idraulica dell'impianto di perforazione, ruota ad una velocità minima (30 - 40 giri/1') ed assicura la spinta ed il tiro con le stesse modalità della classica circolazione diretta. L'aria, scaricata nel terreno da attraversare, provoca una veloce risalita dei detriti e nello stesso tempo una perfetta pulizia del foro, evitando così all'utensile il dannoso rilavoro sul materiale disgregato. La perforazione ad aria compressa viene normalmente impiegata in terreni rocciosi duri e abrasivi, dove la perforazione è notoriamente lenta. È soprattutto in questo caso che l'aria manifesta tutta la sua impareggiabile utilità. Ma oltre questo specifico caso, la circolazione ad aria presenta molti altri vantaggi tra cui quello di evitare eventuali perdite di circolazione e prevenire danni ai livelli produttivi durante la perforazione. L'aria compressa viene immessa in fondo al foro attraverso le aste di perforazione con tre tecniche differenti:

1. A secco. L'aria solleva i detriti con una penetrazione molto veloce, utilizzando alta energia.
2. Miscelata a schiumogeno. L'aria solleva i detriti, mentre la miscela acqua-schiuma li rimuove con penetrazione veloce impiegando alta energia e alta velocità, con sufficiente aria per il sollevamento. La miscela acqua-aria-schiuma rimuove una maggior quantità di fluidi e quindi detriti più grossi.
3. Miscelata a schiuma stabilizzata addensata. L'aria aggiunge volume, mentre la schiuma solleva i detriti con ottima capacità di pulizia in fori anche di medio e grande diametro utilizzando bassissima energia, basso volume di aria e di fluido.

La perforazione verrà bloccata su indicazione del D.L. in relazione al ritrovamento delle falde superficiali anche prima della quota prevista (piezometri superficiali da 12) m e fino a 70 per quello profondo.

## **Piezometri idraulici a tubo aperto**

I tubi del piezometro avranno uno spessore non inferiore a 3 mm e diametro di 80 mm (4"). Forniti in spezzoni ciechi o fessurati di lunghezza non superiore a 3m con giunti ben sigillanti. È necessario rivestire con calza geotessile il tratto ove, in base alla precedente perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Il tratto fessurato, di lunghezza variabile, sarà realizzato nella parte immersa del tubo piezometrico. La finestratura avrà apertura di 0.4 mm. Nel fondo sarà applicato l'apposito tappo di chiusura.

Completato il foro si eseguirà il lavaggio della perforazione con acqua pulita immessa dal fondo. Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito, (ritirando man mano i rivestimenti) fino alla quota 0,5 m più in basso di quella di installazione del piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Indicativamente una miscela costituita da 30/50 parti in peso di cemento, 6/10 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi. Una volta avutasi la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

#### *L'installazione del piezometro*

L'installazione del piezometro, prevede le seguenti fasi operative:

1. prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
2. posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita ( $\Phi = 1 - 4$  mm);
3. discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e fenestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc. ed innastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura  $\leq 1$  mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;

4. posa di sabbia grossa ( $\Phi = 1-4$  mm) pulita o materiale granulare pulito ( $\Phi = 2-4$  mm) attorno al tubo fino a risalire alla quota prevista dall' estremità superiore del tratto finestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
5. posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite confezionate ( $\Phi = 1-2$  cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;
6. riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili (3/8"-1/2") discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;
7. sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate al direttore dei lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della direzione dei lavori, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
8. spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro. Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freaticometriche (scandagli elettrici).

### **Campionamento di acque**

Il campionamento di acque nei piezometri deve essere svolto dopo aver estratto dal punto di prelievo un volume di acqua da 3 a 6 volte il volume del punto stesso e comunque sino a

chiarificazione dell'acqua. Le attrezzature di campionamento devono essere decontaminate prima dell'utilizzazione. Per il prelievo si utilizzano normalmente:

- campionatori tipo bailers a galleggiante, in teflon o PE o PVC, con cui si riempie successivamente il contenitore idoneo
- pompe a vuoto o elettropompe sommerse.

### **Esecuzione prova Lefranc**

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato. E' una prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione, sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di una elevata conducibilità. Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova.

#### *Metodo a carico idraulico variabile*

Il metodo a carico idraulico variabile sarà eseguito mediante: € riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;

€ misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 20', 25', 30', 45', 60' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Le prove a carico variabile al di sotto del livello della falda possono essere eseguite abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello (prove di risalita), oppure riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di abbassamento).

Le prove a carico variabile al di sotto del livello di falda si dividono in Prove di risalita e Prove di abbassamento. Le prove di risalita si eseguono abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello. Le prove di abbassamento si eseguono riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello. Le prove di abbassamento possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello di falda; in questo caso il terreno deve essere preventivamente saturato.

## In Cantiere sono state effettuate prove a carico variabile

### 1) Raccomandazioni A.G.I. (1977)

Per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

con

A = area di base del foro di sondaggio;

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti  $t_1$  e  $t_2$ ;

$t_1$  e  $t_2$  = tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$ ;

$C_L$  = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente  $C_L$  sono suggeriti i seguenti valori:

$$\begin{array}{ll} L & C_L = L \\ >> & \\ d & \\ L \leq & C_L = 2\pi d + L \\ d & \end{array}$$

dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

2) Hvorslev (1951) Wilkinson (1968)

Il coefficiente di permeabilità è sempre dato dalla:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

in questo caso però il coefficiente  $C_L$  assume valori differenti, in funzione delle condizioni di filtrazione, secondo la tabella:

Condizioni	Coefficiente
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$\frac{3\pi L}{\ln \left[ \frac{1.5L}{D} + \sqrt{1 + \left( \frac{1.5L}{D} \right)^2} \right]}$

## Allegato 5 Preventivo realizzazione piezometri