

Portovesme s.r.l.

**DISCARICA PER RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI**

**LOCALITA' GENNA LUAS**

**- COMUNI DI IGLESIAS E CARBONIA -**

**PROGETTO DEFINITIVO**

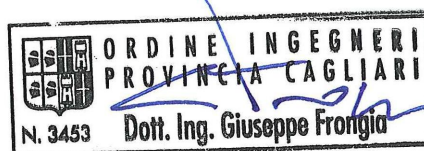
***STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA  
NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS***

A cura di:



Prof. Ing. Battista Grosso

Ing. Giuseppe Frongia



Gennaio 2018

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	2 di 5

## INDICE

<b>1 - OBIETTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - ANALISI DEL CONTESTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 - Caratteristiche dell'acquifero .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 – Piezometri realizzati nell'area .....</b>	<b>5</b>
<b>3 - PREVISIONE DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 – Premessa .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 – Aspetti metodologici e risultati .....</b>	<b>5</b>

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	3 di 5

## 1 - OBIETTIVO

La presente relazione descrive le risultanze dell'analisi finalizzata alla determinazione del livello di massima escursione della falda nel sito individuato per la realizzazione della nuova discarica di Genna Luas di titolarità della Portovesme s.r.l.

Come evidenziato nei documenti predisposti nell'ambito del procedimento di VIA del progetto, tutti i dati piezometrici disponibili presso il sito di intervento, riferiti ad un arco temporale di circa 15 anni per n. 2 piezometri storici (PZ7A e PZ8) e di circa 1-2 anni per 14 piezometri di più recente realizzazione, attestano che, nel periodo di misura considerato, il livello piezometrico della falda è stato costantemente al disotto della quota progettuale di imposta della barriera di confinamento con un franco superiore a 2 metri, rispondendo al requisito richiesto dal D.Lgs. 36/2003 per le discariche di rifiuti pericolosi in caso di acquifero non confinato.

Nel sito in esame, peraltro, la disponibilità di serie storiche di lungo periodo per i piezometri PZ7A e PZ8 può suggerire di orientare la progettazione secondo criteri più conservativi, improntati alla stima della quota di massima escursione della falda per l'intero set di piezometri disponibili su un arco temporale di 15 anni; periodo questo ben superiore alla durata dei rilievi piezometrici per prassi eseguiti nell'ambito della attività di progettazione delle discariche controllate. Sotto questo profilo, infatti, la prescrizione normativa intesa ad assicurare il rispetto di un opportuno "franco idraulico" deve evidentemente intendersi come "requisito di sicurezza" che assicuri, ragionevolmente, la separazione tra il livello idrico sotterraneo ed il sistema barriera, attesa l'oggettiva difficoltà pratica di disporre di dati di misura sito-specifici di lungo periodo nell'ambito delle tempistiche ordinariamente richieste per lo sviluppo ingegneristico ed il processo autorizzativo degli impianti di discarica controllata.

Con tale intento, le analisi e le valutazioni di seguito esposte scaturiscono dalle conclusioni riportate nel documento che descrive le risultanze della modellazione numerica del moto della falda (CINIGEO - *"Previsione del massimo livello raggiungibile dalla falda nell'area della nuova discarica di Genna Luas"*, dic. 2017), rivelatasi, per le caratteristiche dell'acquifero in questione, non adatta a valutare con il necessario grado di approssimazione il massimo livello raggiungibile dalla superficie della falda.

## 2 - ANALISI DEL CONTESTO IDROGEOLOGICO

### 2.1 - Caratteristiche dell'acquifero

Le indagini e le prospezioni geologiche effettuate nel sito di progetto hanno consentito di ricavare le caratteristiche principali dell'acquifero presente nell'area di sedime della nuova discarica.

La prospezione geologica ha evidenziato che il sito, nei livelli superiori, è caratterizzato da materiali di riporto costituiti prevalentemente da terreni di natura argillosa con inclusi clasti eterogenei di dimensioni variabili da 1 cm a pochi decimetri, sovrastanti ad alluvioni di età Quaternaria presumibilmente riconducibili all'Olocene, costituite da terreni di natura argilloso-limoso-sabbiosa a cui si intercalano lenti ciottolose. Alla base di tali strati è presente la formazione costituita dalle arenarie Cambriche in facies puramente arenaceo terrigena, che si presentano fratturate nella parte immediatamente sottostante le alluvioni e progressivamente più compatte all'aumentare della profondità a causa della diminuzione della fratturazione.

Le Foto 1 e 2 mostrano la fratturazione delle rocce riscontrata durante l'esecuzione dei sondaggi PZ1ND e PZ2ND.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	4 di 5



Foto 1 – Fratturazione delle rocce attraversate con sondaggio PZ1ND alla progressiva compresa tra 26,30 e 30,00 m da p.c.



Foto 2 – Fratturazione delle rocce attraversate con sondaggio PZ2ND alla progressiva compresa tra 11,00 e 16,00 m da p.c.

Le informazioni stratigrafiche attestano, in definitiva, che si è in presenza di un “acquifero fratturato” caratterizzato da permeabilità secondaria legata al sistema di fratture che caratterizzano la massa rocciosa sede del moto di falda.



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	5 di 5

I valori di permeabilità ottenuti con i test di Lugeon e con le prove di pompaggio svolte nel sito oscillano in un range di valori compresi tra  $10^{-5} > K > 10^{-8}$  m/s; data la variabilità dei valori di RQD rilevati, peraltro, non si esclude che localmente possano riscontrarsi valori di permeabilità sia maggiori che minori di quelli registrati.

Inoltre, il sistema di microfratture riscontrato nel comparto litoide induce a ritenere che l'acquifero di interesse sia, come intuibile, ben più esteso dell'area investigata.

Le caratteristiche dell'acquifero indicano che si è in presenza di una falda libera, delimitata superiormente dalla frangia capillare, in grado di muoversi liberamente verso l'alto o verso il basso in funzione degli apporti idrici esterni al sistema.

## 2.2 – Piezometri realizzati nell'area

La circolazione delle acque sotterranee nel sito in esame è stata ricostruita in base alle informazioni ricavate dai piezometri perforati nell'area della nuova discarica, all'interno ed all'esterno delle superfici occupate dal catino di deposito.

I piezometri sono stati realizzati in quattro periodi differenti:

- i piezometri PZ7a e PZ8 sono stati perforati nel mese di luglio 2000;
- i piezometri PZ1ND e PZ2ND sono stati realizzati nel mese di ottobre 2015;
- i piezometri PZ3ND, PZ4ND, PZ5ND, PZ6ND, PZ7ND, PZ8ND, PZ9ND, PZ10ND sono stati realizzati nei mesi di novembre e dicembre 2016;
- i piezometri PZ11ND, PZ12ND, PZ13ND, PZ14ND sono stati realizzati nel mese di luglio 2017.

In tutti i piezometri, ad esclusione del PZ10ND, è stata riscontrata la presenza della falda.

La rete di monitoraggio per il controllo della qualità dell'acque e dell'oscillazione del livello freatico nel sito della nuova discarica sarà composta da 8 piezometri: tre piezometri di monte (PZ6ND, PZ8ND e PZ11ND) e cinque piezometri di valle (PZ2ND, PZ10ND, PZ12ND, PZ13ND e PZ14ND).

Il PZ7A e il PZ8 appartengono alla rete di monitoraggio della discarica esistente e continueranno ad assolvere a tale funzione anche a seguito della costruzione ed entrata in esercizio della nuova discarica.

## 3 - PREVISIONE DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA

### 3.1 – Premessa

L'obiettivo prefissato è stato perseguito attraverso un approccio di tipo statistico basato sulla ricerca di una relazione tra i livelli freatici misurati nei piezometri storici e quelli riscontrati nei piezometri di più recente realizzazione.

Il set di dati ha fatto riferimento alle misure disponibili nel periodo 2002÷2018 presso i piezometri realizzati fino al 2016 (sono stati esclusi i piezometri realizzati nel luglio 2017 - PZ11ND, PZ12ND, PZ13ND e PZ14ND - per i quali il numero di misure è troppo limitato per poter ricavare correlazioni affidabili).

### 3.2 – Aspetti metodologici e risultati

Come esposto in sede introduttiva, la dinamica di lungo periodo della falda nel sito di progetto è stata osservata in corrispondenza dei piezometri PZ7A e PZ8, facenti parte della rete di monitoraggio idrogeologico della discarica esistente. La serie di misure si estende per circa 15 anni (giu-2002 ÷ gen-2018) ed è dunque rappresentativa del regime variabile della falda; il valore raggiunto nel 2011 può essere considerato il livello

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	6 di 5

massimo raggiungibile dalla falda nei piezometri in esame, come si evince dai dati riportati in Tabella 1 ( $L_{MAX-PZ7A} = 215,23$  m s.l.m. in data 01/02/2011;  $L_{MAX-PZ8} = 210,78$  m s.l.m. in data 01/03/2011).

Tabella 1 – Livelli freatici misurati presso i piezometri storici

	PZ 7A	PZ 8
Quota terreno (m s.l.m.)	221,92	220,18
<b>Data</b>	<b>m s.l.m.</b>	<b>m s.l.m.</b>
10/06/2002	210,08	205,44
10/07/2002	209,62	204,88
10/08/2002	209,47	205,62
09/09/2002	209,29	204,23
09/10/2002	209,1	204,01
14/11/2002	209,3	204,03
19/12/2002	209,47	205,03
29/01/2003	209,77	205,33
20/02/2003	212,89	207,98
26/03/2003	212,52	207,98
29/04/2003	211,77	207,38
27/05/2003	211,18	206,88
25/06/2003	210,82	206,48
30/07/2003	210,32	205,96
28/08/2003	210,02	205,58
26/09/2003	209,84	205,26
28/10/2003	209,71	205,13
19/11/2003	210,12	205,35
30/12/2003	212,12	204,42
30/01/2004	212,79	207,94
26/02/2004	212,29	207,71
31/03/2004	211,75	207,31
22/04/2004	212,26	207,4
27/05/2004	212,87	208,53
30/06/2004	211,97	207,8
28/07/2004	211,07	207,2
30/08/2004	210,92	206,76
23/09/2004	210,79	206,48
20/10/2004	210,47	206,15
23/11/2004	212,22	207,38
16/12/2004	212,68	207,94
31/01/2005	213,42	208,92
28/02/2005	214,62	210,33
22/03/2005	214,04	209,88
21/04/2006	213,69	210,67

30/05/2006	212,03	210,05
06/07/2006	211,63	208,23
27/09/2006	211,47	207,64
14/12/2006	211,87	207,04
01/01/2011	214,74	210,12
01/02/2011	215,23	210,56
01/03/2011	215,22	210,78
01/04/2011	214,57	210,63
01/05/2011	214,06	209,99
01/06/2011	213,3	208,84
01/07/2011	212,42	208,58
01/08/2011	211,92	207,78
01/09/2011	214	207,48
01/10/2011	213,92	208,18
01/11/2011	213,27	208,68
01/12/2011	211,72	207,48
01/01/2012	213,62	208,88
01/02/2012	214,62	209,98
01/03/2012	214,42	209,93
01/04/2012	213,74	209,42
01/05/2012	213,19	208,92
01/06/2012	212,87	208,71
01/07/2012	212,63	208,04
01/08/2012	212,2	207,37
01/09/2012	212,02	207,13
01/10/2012	211,74	208,33
01/11/2012	211,36	206,53
08/10/2015	211,24	207,04
14/10/2015	211,26	206,96
26/10/2015	211,29	206,83
12/11/2015	211,16	206,6
01/11/2016	209,39	204,07
17/11/2016	209,14	203,76
25/11/2016	209,22	203,8
28/11/2016	209,22	203,8
07/12/2016	209,18	203,71
03/01/2017	-	203,43
13/05/2017	209,42	203,62
<b>Min</b>	<b>209,1</b>	<b>203,43</b>
<b>Max</b>	<b>215,23</b>	<b>210,78</b>

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	7 di 9

L'elaborazione statistica dei dati piezometrici, condotta attraverso l'analisi della regressione tra le misure dei livelli freatici registrate nella medesima data presso i piezometri storici e quelli di più recente realizzazione, ha evidenziato una correlazione lineare tra le serie di dati disponibili (si vedano le Figure 1÷9).

Al riguardo, la Tabella 2 riporta i valori del coefficiente di correlazione lineare tra le serie di dati misurati presso i piezometri storici e quelle registrate presso i piezometri di recente realizzazione (PZ1ND, PZ2ND, PZ3ND, PZ4ND, PZ5ND, PZ6ND, PZ7ND, PZ8ND, PZ9ND) nell'intervallo 2015-2018.

Tale modello interpretativo trova il suo fondamento fisico nella circostanza che, come evidenziato in precedenza, trattasi di un contesto idrogeologico comune a tutti i piezometri.

Con riferimento ai piezometri interni all'area di sedime della nuova discarica (PZ1ND, PZ4ND, PZ7ND e PZ9ND), i valori dei coefficienti di correlazione riportati in Tabella 2 mostrano una generale migliore correlazione tra le misure registrate nel piezometro PZ8 e quelle dei piezometri recenti, rispetto a quanto riscontrabile per il piezometro PZ7A; il piezometro storico PZ8 è stato, dunque, assunto come riferimento per la costruzione delle relazioni sperimentali.

I grafici delle Figure 1÷9 riportano:

- i punti sperimentali le cui coordinate sono i livelli freatici misurati, nella stessa data, in PZ8 (x) e nello specifico piezometro considerato (y);
- l'equazione della retta di tendenza che esprime la relazione continua risultante fra le due coordinate "  $y=f(x)$  ".

*Tabella 2 - Coefficienti di correlazione lineare tra le misure dei livelli freatici registrati nei piezometri storici e recenti presso il sito della nuova discarica di Genna Luas nel periodo 2015-2018 (in rosso i piezometri interni all'area di sedime della nuova discarica)*

	PZ1ND	PZ2ND	PZ3ND	PZ4ND	PZ5ND	PZ6ND	PZ7ND	PZ8ND	PZ9ND
<b>Coeff. Corr. PZ7A</b>	<b>0,82</b>	0,78	0,47	<b>0,68</b>	0,59	0,54	<b>0,74</b>	0,58	<b>0,48</b>
<b>Coeff. Corr. PZ8</b>	<b>0,89</b>	0,82	0,49	<b>0,89</b>	0,53	0,75	<b>0,77</b>	0,67	<b>0,52</b>

Nella Tabella 3 sono riportati i principali parametri statistici ricavati dalle serie storiche di riferimento ai fini dell'analisi di regressione.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	8 di 9

Tabella 3 - Parametri statistici delle serie di misura dei livelli freatici acquisite nei piezometri recenti, di riferimento per l'analisi di regressione con i dati del piezometro storico PZ8 (Periodo 2015-2018)

	PZ1ND	PZ2ND	PZ3ND	PZ4ND	PZ5ND	PZ6ND	PZ7ND	PZ8ND	PZ9ND
<b>Val.min</b>	217,86	190,82	214,83	212,38	206,17	223,17	207,01	215,91	206,52
<b>Val. max</b>	220,91	199,57	217,63	214,26	208,12	224,12	209,24	217,66	210,26
<b>n° campioni</b>	16	15	11	9	10	9	8	11	9
<b>Dev. St.</b>	0,96	2,74	0,86	0,71	0,59	0,28	0,79	0,58	1,27
<b>R<sup>2</sup></b>	0,79	0,67	0,24	0,78	0,28	0,56	0,59	0,44	0,27
<b>Coef. Corr.</b>	0,89	0,82	0,49	0,89	0,53	0,75	0,77	0,67	0,52

Figura 1 – Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ1ND nel periodo 2015-2018

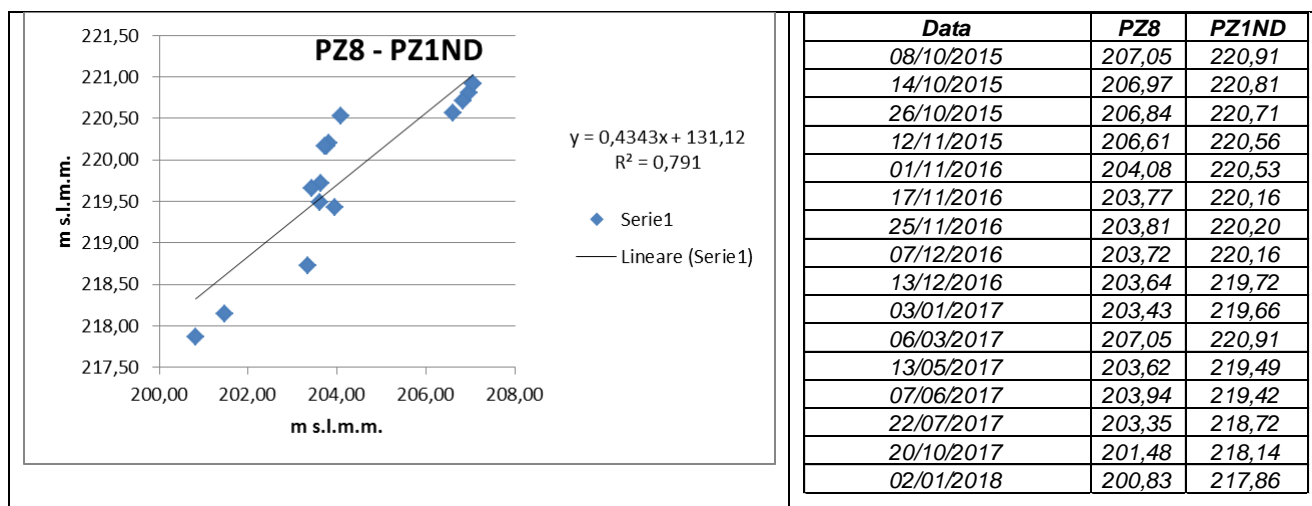




Figura 2 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ2ND nel periodo 2015-2018

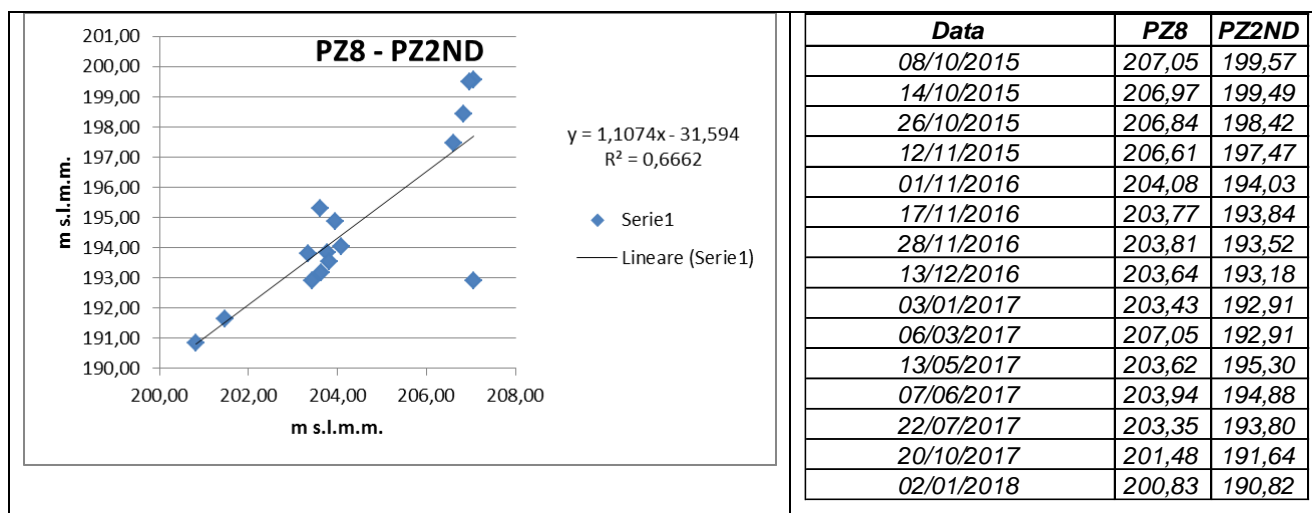


Figura 3 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ3ND nel periodo 2016-2018

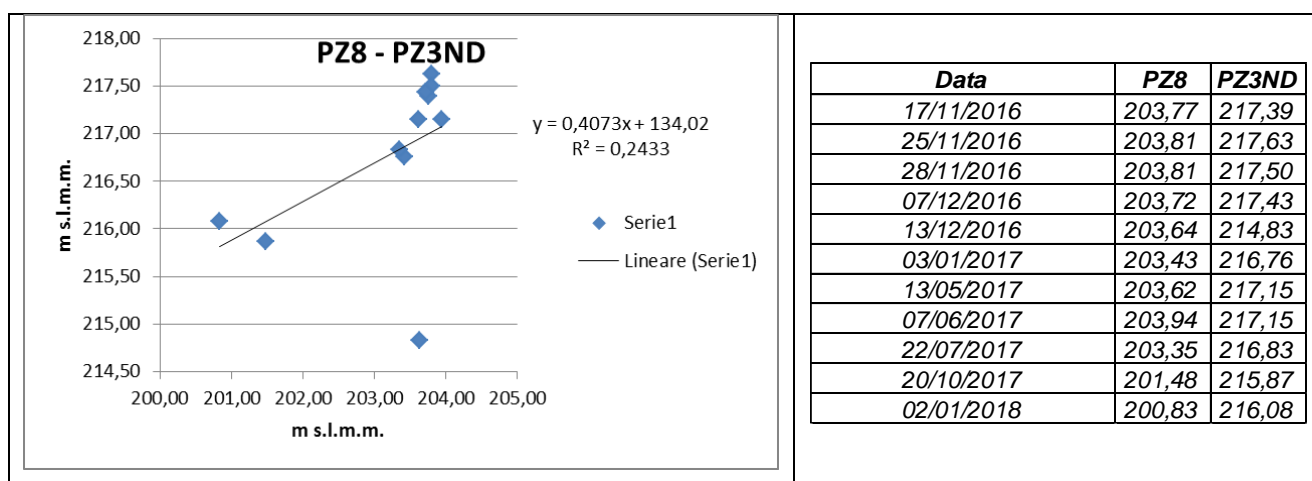


Figura 4 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ4ND nel periodo 2016-2018

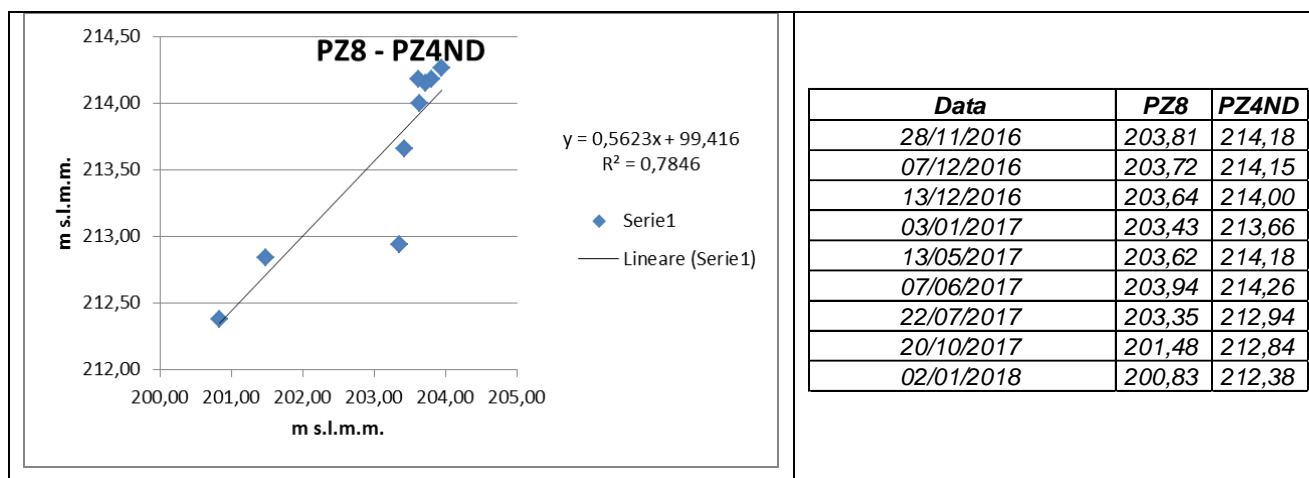


Figura 5 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ5ND nel periodo 2016-2018

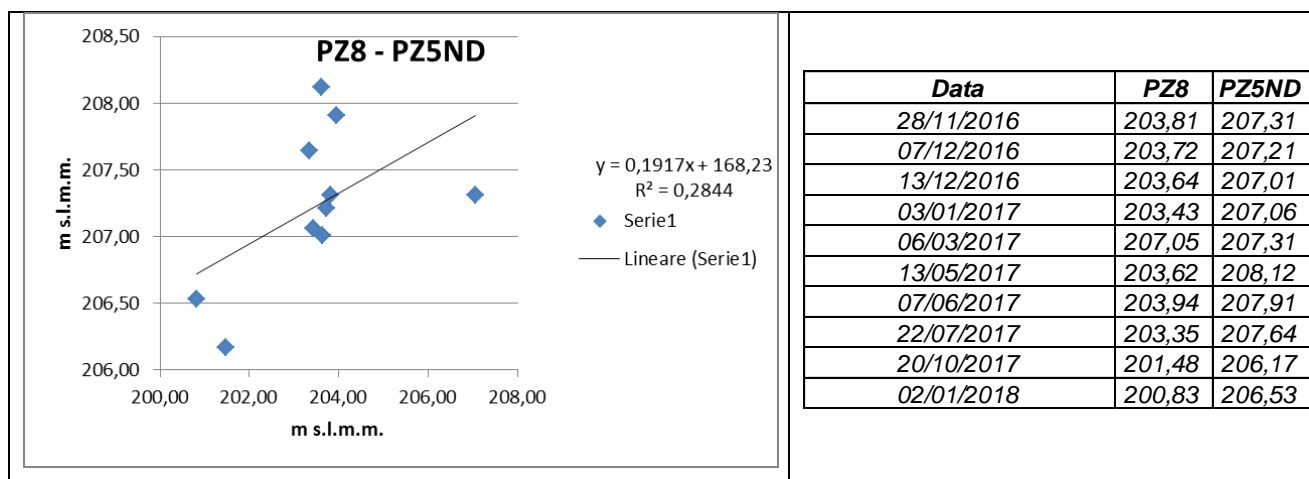


Figura 6 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ6ND nel periodo 2016-2018

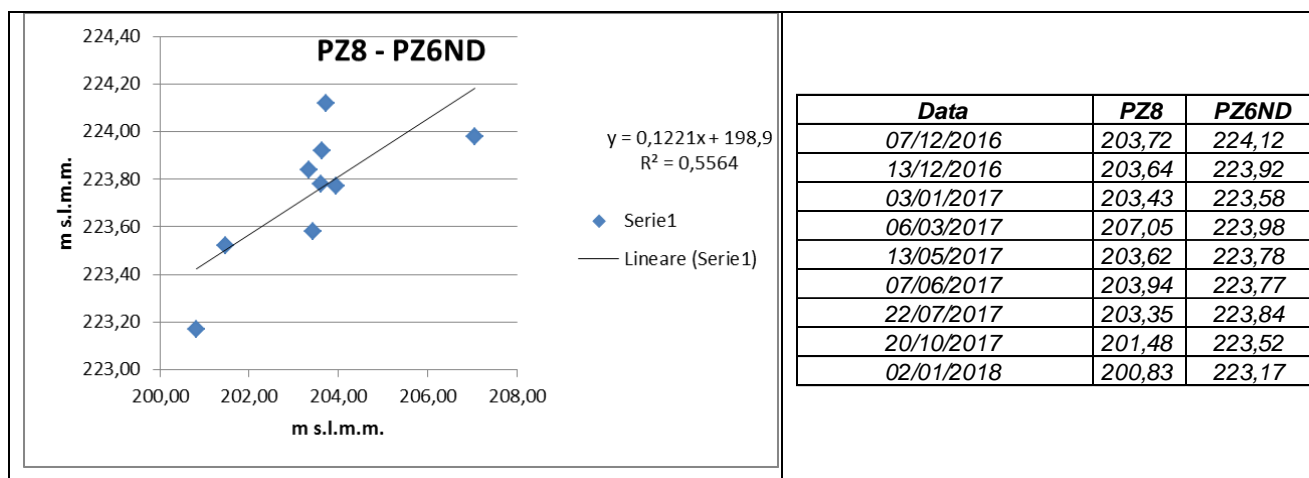


Figura 7 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ7ND nel periodo 2016-2018

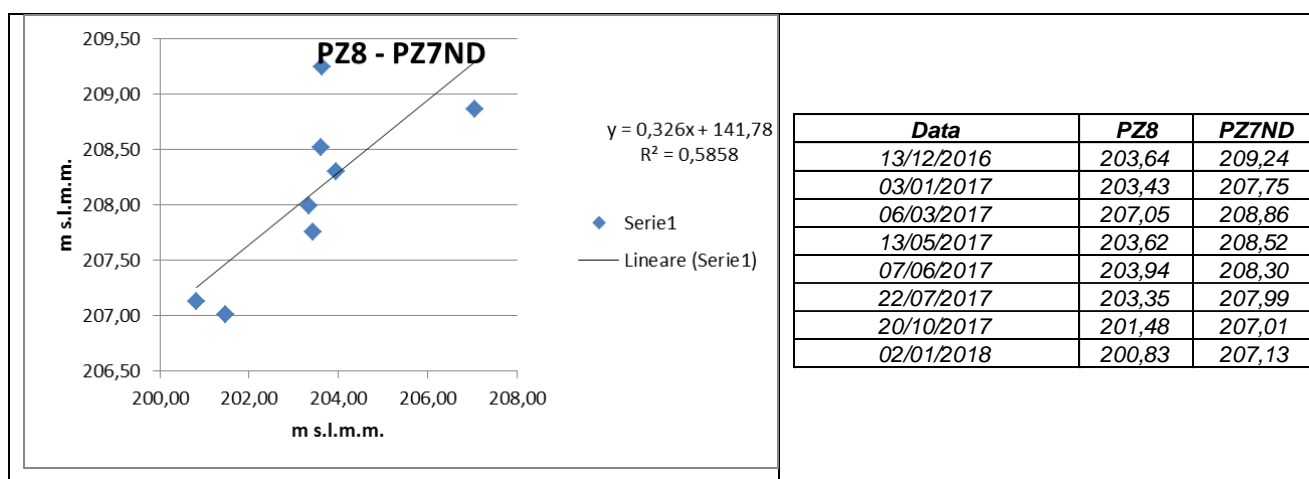


Figura 8 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ8ND nel periodo 2016-2018

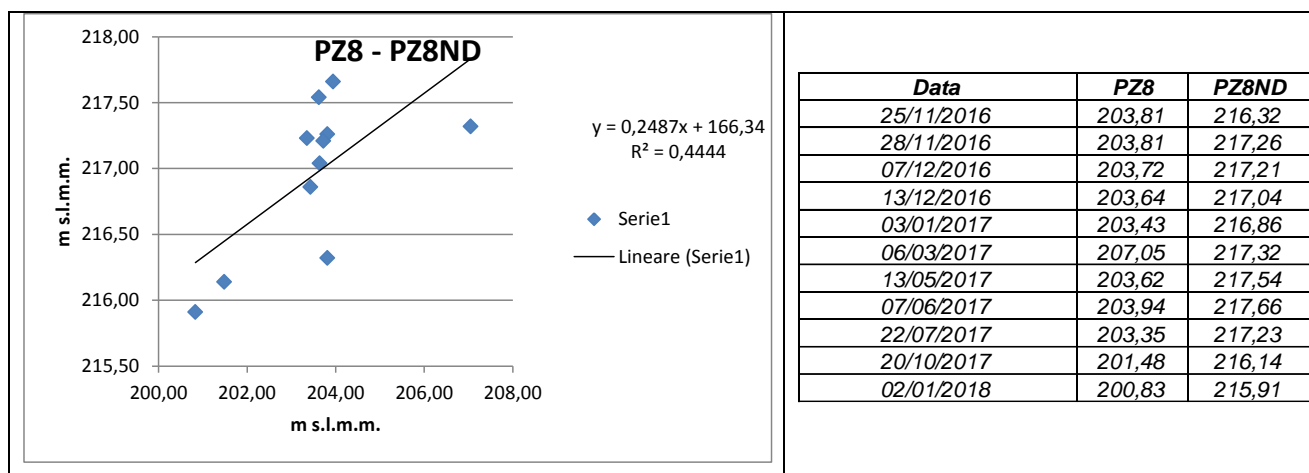
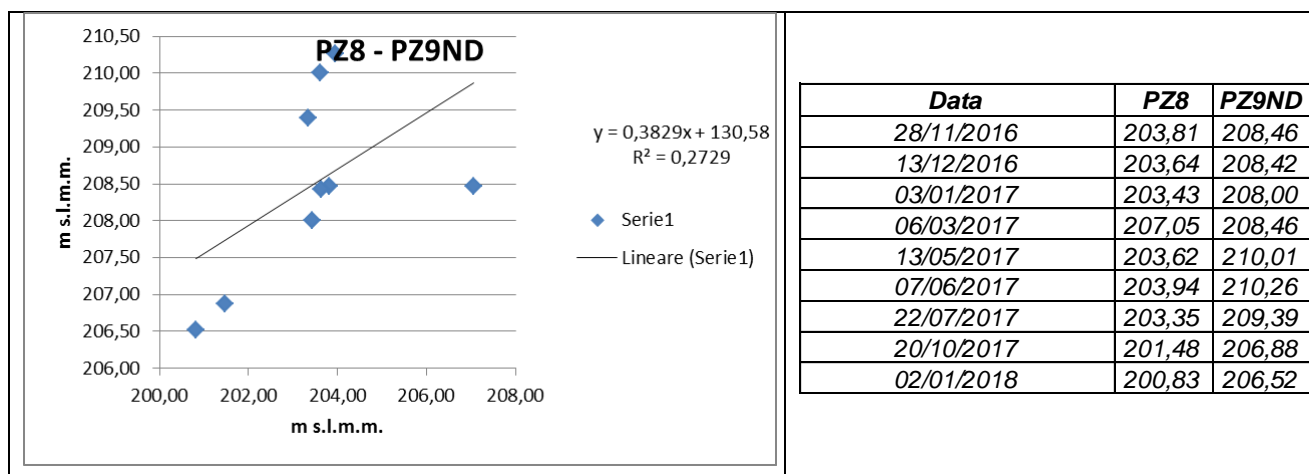


Figura 9 - Diagramma a dispersione e retta di regressione dei livelli freatici registrati nei piezometri PZ8 e PZ9ND nel periodo 2016-2018



Sulla base dei risultati ottenuti, ossia attraverso la determinazione del legame funzionale tra le variabili analizzate, è stato dunque possibile formulare la previsione del livello massimo teorico della falda in corrispondenza dei piezometri di recente realizzazione ( $y_{\max}$ ) in riferimento a quello massimo di lungo periodo misurato nel PZ8 ( $x_{\max} = 210,78$  m s.l.m.) (Tabella 4).

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Revisione:	0
	Data:	gennaio 2018
STIMA DEL LIVELLO DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DELLA NUOVA DISCARICA DI GENNA LUAS	Pagina:	13 di 9

Tabella 4 - Tabella riepilogativa delle risultanze dell'analisi statistica (sono indicati in rosso i piezometri che ricadono all'interno dell'area di scavo della nuova discarica)

		PZ1ND	PZ2ND	PZ3ND	PZ4ND	PZ5ND	PZ6ND	PZ7ND	PZ8ND	PZ9ND	
Quota terreno	m slm	226,59	207,15	228,99	224,78	214,51	231,65	218,26	228,04	216,56	a
Quota fondo scavo di progetto	m slm	224,68			217,24			211,38		214,41	b
Minimo livello falda rilevato	m slm	217,86	190,82	214,83	212,30	206,17	223,17	207,01	215,91	206,52	c
Massimo livello falda rilevato	m slm	220,91	199,49	217,64	214,26	208,12	224,12	209,24	217,66	210,26	d
Franco di sicurezza rilevato	m	3,77	-	-	2,98	-	-	2,14	-	4,15	e=b-d
Massimo livello falda stimato	m slm	222,66	201,82	219,87	217,94	208,64	224,64	210,49	218,76	211,29	f
Soggiacenza minima stimata	m	3,93	5,33	9,12	6,84	5,87	7,01	7,77	9,28	5,27	g
Delta sollevamento falda	m	1,75	2,33	2,23	3,68	0,52	0,52	1,25	1,10	1,03	h=f-d
Attuale franco di sicurezza stimato	m	2,02	-	-	0,70	-	-	0,89	-	3,12	i=b-f
Sollevamento fondo scavo richiesto	m	-	-	-	2,70	-	-	1,11	-	-	l=2-i

Una volta determinata la massima quota di escursione della falda in ciascun piezometro si è proceduto alla verifica del rispetto del requisito di legge che impone la sussistenza di un franco di 2 metri tra la base del sistema di confinamento della discarica ed il livello freatico massimo atteso. L'esame della riga "i" della Tabella 4 attesta come tale circostanza possa ritenersi verificata, oltre che per i piezometri storici, come già documentato nell'ambito del procedimento di VIA, nei piezometri PZ1ND e PZ9ND. In corrispondenza dei piezometri PZ4ND e PZ7ND, peraltro, la profondità di scavo prevista in progetto parrebbe non garantire, in base alle valutazioni condotte, il rispetto del requisito di legge.

In conclusione, dunque, sulla base delle analisi e valutazioni sopra riportate, una più affidabile aderenza del progetto alle prescrizioni normative può essere assicurata prevedendo di innalzare localmente la quota del piano di imposta del sistema di confinamento della discarica secondo le indicazioni che scaturiscono dalla ricostruzione della mappa delle isofreatiche nello scenario di massima escursione potenziale della falda, riportata in Figura 10.



Figura 10 - Carta delle isofreatiche calcolate con riferimento all'altezza massima potenziale della falda (Elaborazione Dott. F. Cherchi)

