



Oggetto:

**REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 996 kWp
SULLA COPERTURA DEFINITIVA DEI BACINI 9÷12
DELLA DISCARICA CONTROLLATA PER RIFIUTI NON
PERICOLOSI DI NOVELLARA**

Titolo:

**RELAZIONE SULL'EVOLUZIONE
DELLA DISCARICA E SUL COMPORTAMENTO
GEOTECNICO DEI TERRENI**

Tav. n°

Progettazione:

Studio Associato di Ingegneria Gasparini

Via E. Petrolini , 14 - 42122 Reggio Emilia

Tel.:0522-557508; Fax: 0522-557556

E-mail: ambiente@gaspariniassociati.it

ing. Stefano Teneggi

Timbro:

n°:

Revisione:

Data:

Data:

Novembre 2010

Scala:

Collaboratori: ing. iunior Daniela Morisi, ing. Sara Ganapini, ing. Michele Rosi

1. Premessa.

Questa relazione sviluppa aspetti che riguardano i fenomeni di autocompattazione e riduzione volumetrica che contraddistinguono la fase post-operative delle discariche, quindi fenomeni che possono modificare la morfologia su cui si installerà l'impianto fotovoltaico in oggetto e di cui l'Impresa appaltante dovrà tener conto per la predisposizione della sua offerta.

In termini del tutto generici si può affermare che i fenomeni di consolidazione del cumulo dei rifiuti smaltiti all'interno di una discarica sono caratterizzati da durate certamente importanti, con esaurimento atteso non prima di alcune decine di anni. Peraltro l'entità dei fenomeni di assestamento (in termini assoluti rispetto al livello finale raggiunto durante il conferimento dei rifiuti) e la loro distribuzione sia nello spazio (i cedimenti differenziali che possono riscontrarsi tra differenti posizioni della copertura) che nel tempo sono assai singolari, difficilmente schematizzabili a priori senza informazioni sulle caratteristiche merceologiche e gestionali dell'impianto che si esamina.

Nel caso di impianti in cui siano stati smaltiti rifiuti urbani, quindi biodegradabili, la normativa attualmente in vigore introduce il concetto di *"...capacità totale della discarica, espressa in termini di volume utile per il conferimento dei rifiuti, tenuto conto dell'assestamento degli stessi e della perdita di massa dovuta alla trasformazione in biogas ..."* [si vedano art. 8, comma 1, punto c) e art 10, comma 2 punto c)]. Inoltre lo stesso decreto legislativo sottolinea che *"...la degradazione dei rifiuti biodegradabili, incluse le componenti cellulosiche, comporta la trasformazione in biogas di circa un terzo della massa dei rifiuti..."* ed impone di conseguenza che *"...la valutazione degli assestamenti dovrà tenere conto di tali variazioni, soprattutto in funzione alla morfologia della copertura finale..."* [punto 2.4.3. dell'allegato 1 al D.Lgs. 36/03].

La norma prevede perciò correttamente, al punto 5.7 dell'allegato 2, che *"...la morfologia della discarica, la volumetria occupata dai rifiuti e quella ancora disponibile per il deposito di rifiuti devono essere oggetto di rilevazioni topografiche almeno semestrali."*

Tali misure devono anche tenere conto della riduzione di volume dovuta all'assestamento dei rifiuti e alla loro trasformazione in biogas. In fase di gestione post-operativa devono essere valutati gli assestamenti e la necessità di conseguenti ripristini della superficie, secondo la periodicità minima prevista in tabella 2..."

Sotto l'aspetto tecnico si osserva che le discariche devono essere oggetto di analisi e studi di tipo geotecnico, per osservarne i comportamenti indotti dalla deformazione dei rifiuti, intuitivamente correlabile all'età ed al grado di decomposizione della sostanza organica.

L'obiettivo è quello di poter formulare teorie analoghe a quelle della meccanica delle terre, in grado di simulare e generare modelli previsionali rispetto all'evoluzione di ammassi di rifiuti nel medio - lungo periodo. L'ipotesi essenziale posta alla base delle indagini sulla compressibilità di un cumulo di rifiuti si fonda, infatti, sull'analogia del comportamento del cumulo stesso con quanto avviene per i terreni nella meccanica delle terre, tranne che per la composizione della fase solida.

Il rifiuto è schematizzabile quindi come “mezzo polifasico”, in cui la fase solida non è inerte ed indeformabile ma, piuttosto, suddivisibile in:

- a) materiale inerte stabile;
- b) materiale molto deformabile;
- c) materiale facilmente biodegradabile.

Alla fase di ricerca si è affiancata, per quanto possibile, l'analisi del comportamento in impianti in vera grandezza, in modo da paragonare i modelli teorici sviluppati su lisimetri e piccoli cumuli di rifiuti confinati (celle edometriche) con discariche aventi diversi anni di conferimento e spessori assai più significativi di rifiuti.

Queste esperienze dirette consentono di confermare quanto sviluppato da altri tecnici (Grisolia, Gandolla ed AA.), relativamente ad una curva di regressione esponenziale che può rappresentare l'assestamento di una colonna di rifiuti.

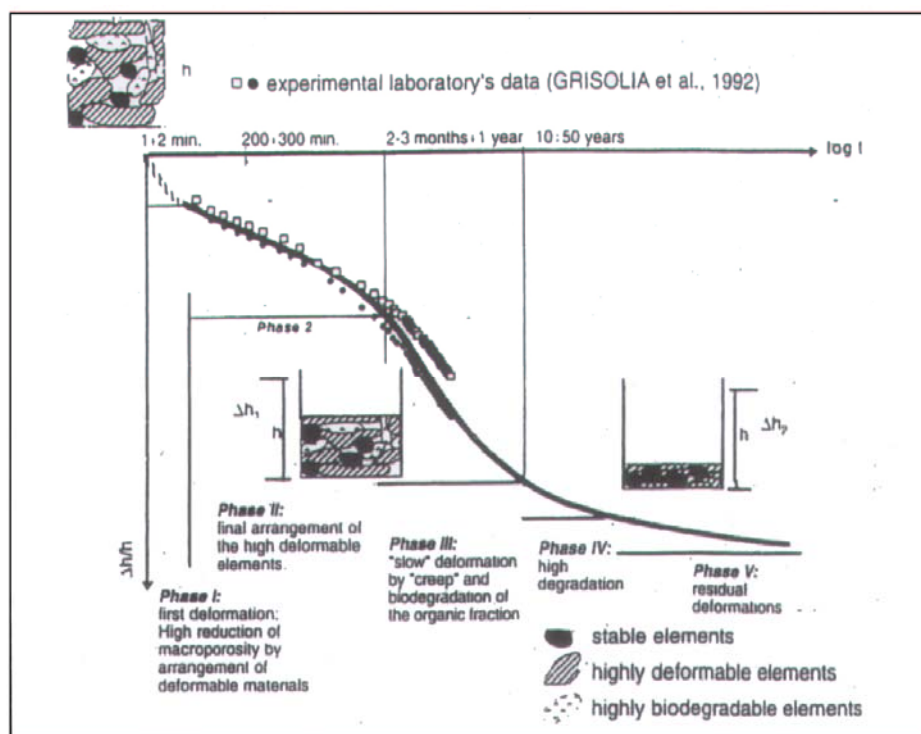


Figura 1: Curva di regressione esponenziale che può rappresentare l'assestamento di una colonna di rifiuti (Grisolia, Gandolla ed AA.).

Gli studiosi concordano anche sul fatto che gli assestamenti del corpo di discarica derivano principalmente da quattro tipi di azioni:

Azioni meccaniche sono legate all'applicazione diretta dei sovraccarichi. Queste comportano, come per ogni mezzo granulare, un riarrangiamento, una distorsione ed un riorientamento delle diverse componenti dei rifiuti. I sovraccarichi derivano dal peso degli strati dei rifiuti successivamente posti a dimora, dal peso della copertura finale e dai passaggi del compattatore sui rifiuti.

Azioni biochimiche la decomposizione (aerobica e aneorobica) della materia organica contenuta nei rifiuti comporta una trasformazione di massa della fase solida in fasi gassose e liquide. Tenuto conto della ripartizione disuguale dell'acqua nei rifiuti, questa perdita di massa solida supera di rado il 20% dopo 30 anni. Questo provoca una disgregazione parziale della struttura dei rifiuti, fenomeno che si accompagna ad un assestamento a medio e lungo termine. Il riempimento degli interstizi è tuttavia soltanto parziale a causa della struttura molto eterogenea dei materiali.

Azioni chimico-fisiche con questo termine s'intendono i processi di corrosione dei materiali ferrosi ed eccezionalmente i fenomeni d'ossidazione e di combustione.

Riempimento interstizi il deterioramento dei rifiuti è associato, oltre alla perdita di massa, ad una diminuzione di granulometria per effetto dello sfaldamento delle varie componenti. I macro pori vengono infatti chiusi da particelle più fini, grazie anche all'acqua che percola attraverso i residui, favorendo appunto l'emigrazione degli elementi fini verso i vuoti, aumentando così il peso specifico del rifiuto.

Le azioni interagiscono tra loro in modo complesso nel corso del tempo. La loro associazione può tuttavia essere rappresentata da due distinte componenti:

- un **assestamento primario** (a breve termine) derivante dal carico indotto dai rifiuti stoccati negli strati superiori e dalla copertura finale;
- un **assestamento secondario** (a lungo termine) supposto indipendente dal carico indotto dagli strati superiori, caratterizzato da una durata di diversi decenni.

Eventuali accelerazioni dei fenomeni di assestamento e stabilizzazione dei rifiuti possono essere indotti da azioni di trattamento dei rifiuti prima del deposito e consolidamento tramite carico statico o dinamico.

2. Modelli di previsione degli assestamenti di una discarica.

Non è facile disporre di modelli che predicano l'andamento degli assestamenti in discarica, anche in funzione del fatto che una rappresentazione rigorosa del fenomeno non può prescindere dalle modalità e dalle tempistiche di abbancamento dei rifiuti, elemento noto solo a posteriori rispetto alle valutazioni progettuali.

In estrema sintesi il cedimento della colonna può essere schematizzato da un consolidamento primario (C_R), attivo fino alla condizione di normale consolidamento del singolo strato dei rifiuti conferito, e da un consolidamento secondario, connesso alle attività microbiologiche, di decomposizione e di riempimento dei pori prima descritte. Un elemento essenziale per la modellazione del fenomeno è rappresentato dal coefficiente di compressione secondaria ($C_{\alpha e}$), che può essere determinato attraverso due distinti approcci relativi all'impianto:

- **metodo indiretto**, quando i coefficienti di compressione primaria e secondaria vengono ricavati da esperienze condotte in altre realtà impiantistiche [nel caso di impianti di nuova progettazione o di discariche non controllate strumentalmente]
- **metodo diretto**, con determinazione del coefficiente di compressione secondaria determinato sulla base dei dati di conferimento dei rifiuti e di evoluzione morfologica dell'impianto.

Per quanto riguarda i metodi indiretti sono stati sviluppati, anche dall'Università di Grenoble, studi a livello internazionale per la definizione dei parametri di compressibilità dei rifiuti, prendendo a riferimento diversi impianti di discarica distribuiti in ben quattro continenti (vedi figura 2).

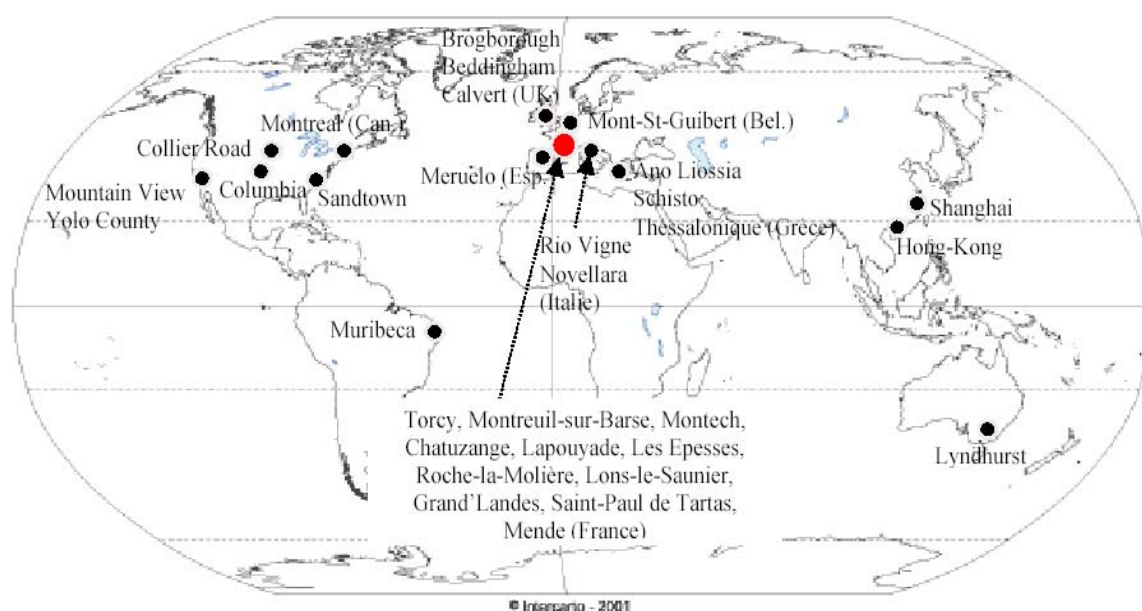


Figura 2: Studio internazionale sulle discariche condotto dall'Università di Grenoble.

Dalle analisi condotte sono stati definiti i valori minimi e massimi ed i conseguenti range di entrambi i coefficienti di compressione, individuando un intervallo di confidenza affidabile anche in fase di progetto ($0,12 < C_R < 0,25$ e $0,03 < C_{\alpha} < 0,20$).

Peraltro si osserva che per il coefficiente di compressibilità secondaria si ritengono corretti valori che possono variare quasi di un ordine di grandezza, confermando la necessità di acquisire, in fase operativa, quanti più elementi per una miglior modellazione del fenomeno nel singolo impianto.

Altro elemento da rimarcare consiste nel fatto che il coefficiente di compressione primaria deve essere considerato solo in fase operativa, quando i fenomeni di compressione sono descritti da entrambe le componenti individuate.

In altri termini:

1. nella prima fase, coincidente alla costruzione della colonna di rifiuti ($t \leq t_c$), le componenti primaria e secondaria dell'assestamento si sommano: $w(t) = w^p(t) + w^s(t)$;
2. nella seconda fase, di "post-gestione" ($t > t_c$), si ha solamente la componente secondaria dell'assestamento: $w(t) = w^s(t) - w^s(t_c)$.

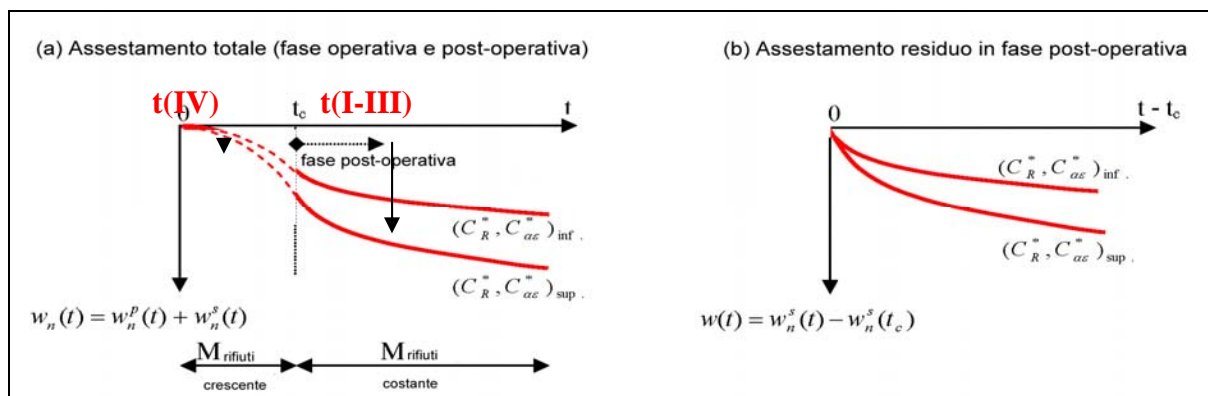


Figura 3: Diagrammi di previsione degli assestamenti con analisi diretta considerati dall'inizio della fase operativa (a) e considerati a partire dalla fine della fase operativa (copertura compresa).

Da ultimo si noti che l'assestamento secondario avviene dal momento in cui si attivano i processi di decomposizione della sostanza organica e di intasamento dei pori presenti nell'ammasso dei rifiuti. Per l'attivazione di questa componente dell'assestamento non è necessario che le coperture finali siano presenti nella discarica o che l'impianto sia ultimato: si possono verificare casi, anche connessi alla successiva sopraelevazione o alla presenza di discariche ad elevato spessore, in cui un arresto dell'abbancamento dei rifiuti comporta fenomeni di assestamento secondario anche durante la fase operativa. Queste situazioni devono essere attentamente valutate in sede di indagine e di sviluppo delle previsioni per i singoli impianti di discarica.

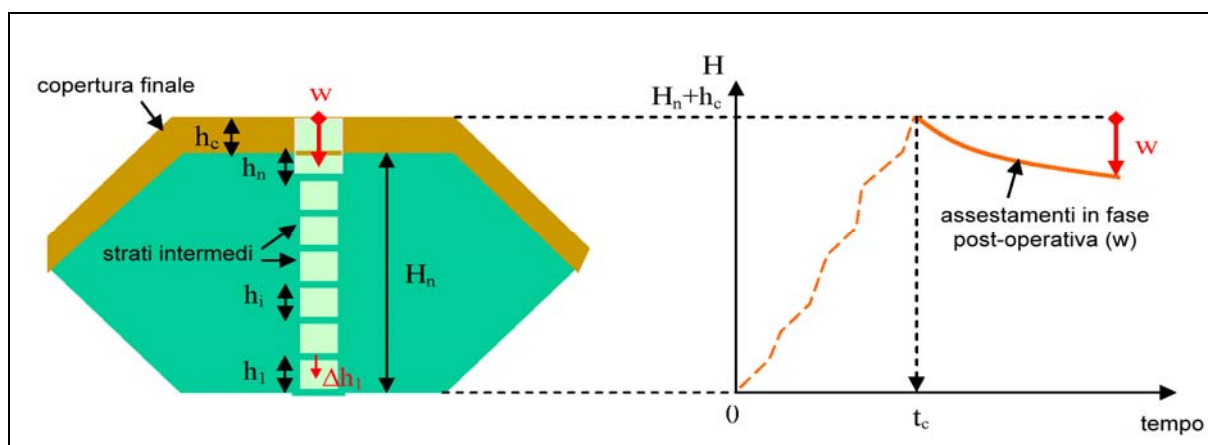


Figura 4: Schema di assestamento secondario di una discarica con sviluppo in elevazione "non interrotto" o di breve periodo.

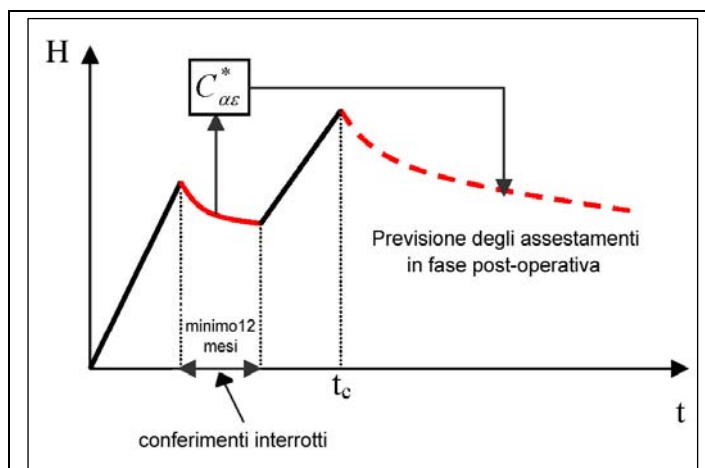


Figura 5: Schema di assestamento secondario di una discarica con sviluppo in elevazione “interrotto”

3. Descrizione dell'impianto esistente.

Nel caso in esame ci si confronta con settori di discarica in cui il conferimento dei rifiuti è stato effettuato negli anni 1996 – 2002, come da autorizzazione n° 95/23870/10872 del 22/02/96 rilasciata da parte della Giunta dell'Amministrazione Provinciale della Provincia di Reggio Emilia. La capacità di stoccaggio di rifiuti all'interno dei bacini in esame era di 400.000 m³, con sagome che hanno consentito di ottimizzare la coltivazione dell'impianto e diminuire le emissioni liquide e gassose dal corpo di discarica. Le operazioni di conferimento sono state effettuate senza apportare modifiche né qualitative (merceologia dei rifiuti) né quantitative (capacità dell'impianto) al progetto approvato, con unica variabile rappresentata dalla modifica delle caratteristiche rilevate nei bacini di produzione dei rifiuti.

Rispetto all'evoluzione dimensionale dell'impianto di discarica ed alla gestione della fase finale dell'impianto, quello successivo alla costruzione della copertura, la normativa vigente prevede che la progettazione di un impianto di discarica sia corredata, già in sede di autorizzazione, di un piano di sistemazione e recupero, che deve prevedere la destinazione d'uso dell'area, tenendo conto in ogni caso:

- dei fenomeni di assestamento della massa dei rifiuti;
- della formazione del percolato;
- della necessità di favorire il naturale deflusso delle acque meteoriche dell'area stessa.

Le procedure di controllo e sorveglianza sia durante la fase operativa che quella post-operativa, destinate ad accertare, tra l'altro:

- che i processi di stabilizzazione all'interno della discarica procedano come desiderato;
- che i sistemi di protezione ambientale funzionino pienamente come previsto;
- che le condizioni di autorizzazione della discarica siano rispettate.

Le problematiche riconducibili ai temi sopraindicati sono state valutate e sviluppate da S.A.Ba.R. S.p.A. fin dalle fasi progettuali ma soprattutto durante la gestione dell'impianto, con rilievi e controlli periodici.

Per quanto attiene alla topografia della discarica si è provveduto, con frequenza regolare, a misurare e verificare la morfologia dell'impianto rispetto a quella a suo tempo autorizzata: ciò ha consentito di aggiornare la situazione evolutiva dell'impianto e dare precise indicazioni per i

conferimenti successivi, fino al raggiungimento della quota finale autorizzata. Nel caso specifico va sottolineato che la discarica di Novellara è un classico esempio di discarica “in depressione e rilevato”, dove lo sviluppo del conferimento porta alla colmatazione di depressioni artificiali, create per il reperimento di terre argillose utili alla costruzione dell’impianto, ed al raggiungimento di quote utili al libero deflusso delle acque superficiali.

La discarica è inoltre protetta da una arginatura perimetrale, tale da eliminare il rischio connesso a fenomeni di esondazione che realizza, dualmente, una soglia per il deflusso delle acque di scorrimento superficiale.

Questa situazione è stata esaminata in sede di progetto, con previsione degli assestamenti dovuti ai fenomeni prima descritti nell’ordine di un 10÷15% nei primi 2÷3 anni e di un 20÷25% sul lungo periodo, con assestamento assoluto, calcolato per l’impianto in esame, di circa 2,5÷3,5 metri. Il valore atteso è stato considerato nelle fasi di conferimento dei rifiuti e sagomatura della copertura finale, operando affinché non si riduca la baulatura necessaria per il deflusso delle acque meteoriche che interessano il cumulo.

4. Fasi di realizzazione e procedure gestionali previste nella discarica: valutazione degli assestamenti attesi.

Adottare modelli previsionali corretti è sempre auspicabile, ma risulta fondamentale qualora le operazioni di conferimento interessino impianti in rilevato rispetto al piano di campagna.

La copertura realizzata sui bacini 9 ÷ 12 è stata realizzata per strati successivi nel rispetto delle indicazioni di cui al punto 2.4.3. dell'allegato 1 al D.Lgs. 36/03, sono state inoltre attuate, in piena conformità a quanto autorizzato, le azioni di recupero agrovegetazionale; il gestore ha quindi attivato le procedure di cui all'art. 12 dello stesso D.Lgs. 36/03, in base alle quali tali bacini possono essere considerati in fase post-operativa.

La fase di sorveglianza e manutenzione espressamente richiesta dai criteri costruttivi e gestionali della norma ha portato al monitoraggio della copertura ed al rilievo dell'evoluzione della morfologia. Questa fase di indagine, oltre ad ottemperare a quanto richiesto dalla norma [punto 5.7 dell'allegato 2 al D.Lgs. 36/03] consente di valutare gli assestamenti della colonna dei rifiuti conferiti.

La tabella sotto riportata mostra quanto rilevato, avendo fatto riferimento a cinque punti di monitoraggio individuati sulla copertura dei bacini 9÷12, punti attraverso i quali, riportando l'andamento della colonna dei rifiuti, è possibile descrivere l'evoluzione della copertura. In figura 6 si riporta uno stralcio planimetrico in cui si evidenzia la dislocazione di detti punti di monitoraggio.

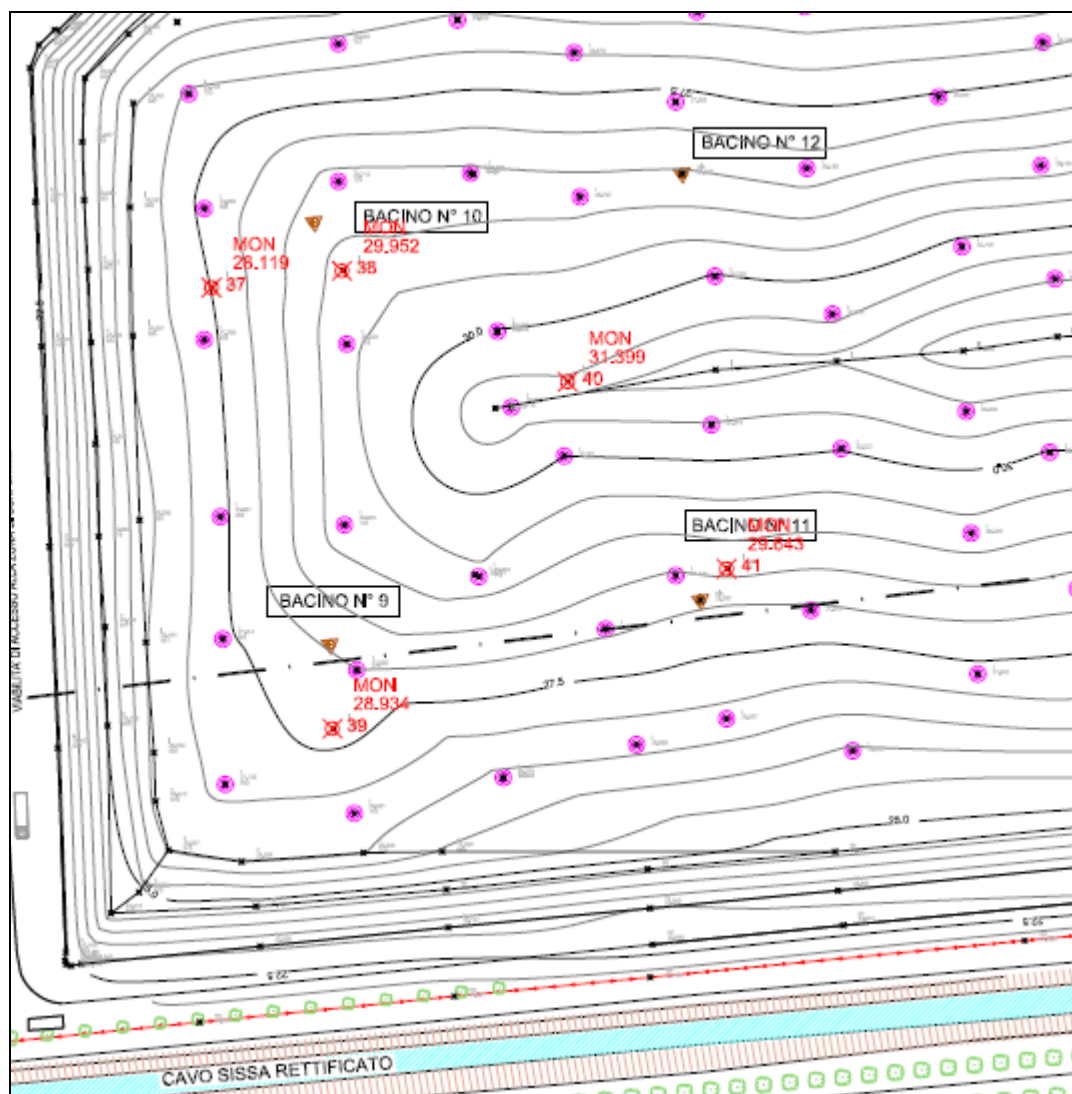


Figura 6: Stralcio planimetrico punti di monitoraggio bacini 9÷12.

Misure di monitoraggio	Punto di monitoraggio	01/03/99	31/12/05	31/12/06	31/12/07	31/12/08	30/06/09	30/06/10
Altezza della colonna stratigrafica* (m)	n.37	9,5	6,71	6,63	6,57	6,54	6,53	6,48
	n.38	11,0	8,20	8,11	7,97	7,90	7,90	7,83
	n.39	10,50	8,42	8,37	8,30	8,30	8,15	n.r.
	n.40	14,00	11,71	11,45	11,21	11,08	11,07	11,00
	n.41	14,00	12,58	12,32	12,11	11,99	11,95	11,94

* altezza riferita al fondo invaso, copertura esclusa.

Il monitoraggio dell'andamento della colonna stratigrafica permette valutazioni sull'effettiva evoluzione dei fenomeni di assestamento e trasformazione indicati dalla norma e considerati nel progetto. Nell'elaborazione dei dati si è assunto che la colonna stratigrafica si comporti in modo

omogeneo: l'assestamento rilevato tra la chiusura, quando fu collocato un primo strato di terreno a protezione dei rifiuti, e la data attuale è valutato nella tabella successiva, con valori percentuali di assestamento attesi al di sotto dell'1 % della colonna di rifiuti iniziale, ovvero con assestamenti annuali dell'ordine centimetrico.

Assestamento riferito all'intera colonna stratigrafica	Punto di Monitoraggio n.37		Punto di Monitoraggio n.38		Punto di Monitoraggio n.39		Punto di Monitoraggio n.40		Punto di Monitoraggio n.41	
	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
01/03/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/12/05	2,79	29,41	2,81	25,50	2,08	19,78	2,29	16,37	1,42	10,13
31/12/06	0,08	0,82	0,08	0,74	0,05	0,48	0,26	1,87	0,26	1,84
31/12/07	0,06	0,59	0,14	1,27	0,07	0,69	0,24	1,71	0,21	1,52
31/12/08	0,03	0,32	0,07	0,64	0,00	0,00	0,13	0,90	0,13	0,90
30/06/09	0,01	0,11	0,00	0,00	0,15	1,41	0,01	0,05	0,04	0,29
30/06/10	0,05	0,56	0,07	0,66	n.r.	n.r.	0,08	0,54	0,01	0,01

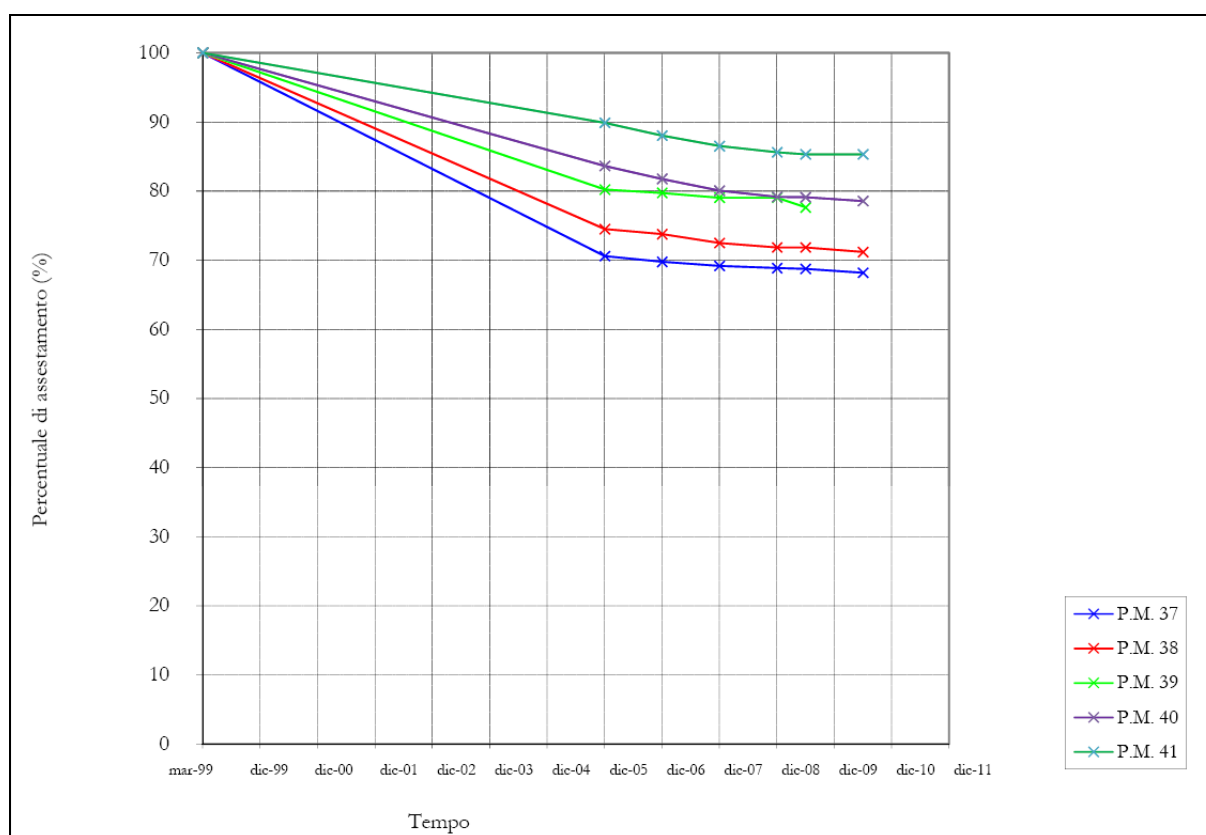


Figura 7: Andamento degli assestamenti monitorato - bacini 9÷12.

Dall'esame dei dati è possibile concludere che l'andamento della morfologia rispetta le previsioni a suo tempo elaborate e che i fenomeni di assestamento, seppur ridotti, sono ancora in atto, con durata compatibile con le previsioni originali.

Della componente residua degli assestamenti attesi si dovrà tener conto per la costruzione di qualsiasi opera sulla copertura dei bacini 9÷12 della discarica.