

GEOCOMPOSITI BENTONITICI: CONTROLLI E PRESTAZIONI IDRAULICHE A LUNGO TERMINE

ALBERTO SIMINI¹

¹ Huesker S.r.l., Piazza della Libertà 3, 34132, Trieste
e-mail: a.simini@huesker.it

ABSTRACT

I geocompositi bentonitici vengono utilizzati come strato a bassa permeabilità sul fondo e nel capping delle discariche. Dal momento che la loro funzione deve essere garantita per l'intera vita utile dell'opera, nel presente articolo vengono analizzati il comportamento in opera di tali materiali e l'importanza di alcuni fattori che spesso vengono trascurati nella progettazione di uno strato impermeabilizzante, quali i fenomeni di scambio ionico e di essiccazione e quali sono delle possibili soluzioni per risolvere tali problematiche. Viene inoltre presentata una certificazione dei geocompositi bentonitici e dei loro comportamento a lungo termine.

Key words: GCL, permeabilità, certificazioni, essiccazione, irruvidimento, geocompositi bentonitici, bentonite calcica, scambio ionico, lungo termine

1. INTRODUZIONE

Il problema dell'impermeabilizzazione nell'ambito della progettazione di una discarica è uno dei più delicati da risolvere. Rappresenta, infatti, uno dei concetti "chiave" da focalizzare nell'ottica del rispetto della cosiddetta "sostenibilità ambientale", principio a cui la realizzazione di una discarica deve sottostare.

Il Decreto Legislativo n° 36 del 2003 afferma che, per le discariche di qualsiasi tipo di rifiuto (inerte, pericoloso e non pericoloso), "L'ubicazione e le caratteristiche costruttive di una discarica devono soddisfare le condizioni necessarie per impedire l'inquinamento del terreno, delle acque sotterranee e delle acque superficiali e per assicurare un'efficiente raccolta del percolato".

Per quanto riguarda il fondo di una discarica, ciò può essere realizzato mediante la combinazione di una "barriera geologica naturale" e di un rivestimento impermeabile, in aggiunta a un sistema di drenaggio del percolato. Inoltre, una volta esaurita la capacità della discarica, devono essere minimizzate le infiltrazioni d'acqua meteorica mediante la realizzazione di una copertura (il cosiddetto "capping"). In pratica, cioè, bisogna evitare la possibilità che l'acqua (meteorica o di falda) penetri nel corpo della discarica (dalla copertura o dal fondo) e possa poi uscirne liberamente portando con sé delle sostanze inquinanti per i terreni e la falda nell'intorno del corpo della discarica.

Bentonite – incapsulata in modo stabile ed uniforme all'interno del GCL

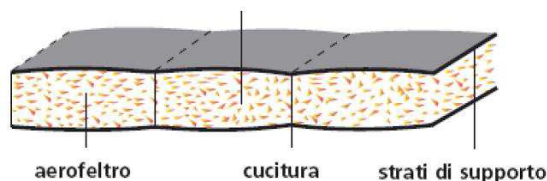


Figura 1: Schema di un geocomposito bentonitico cucito

La cosiddetta “barriera geologica naturale” consiste in una formazione geologica naturale avente un coefficiente di permeabilità “k” minore di 10^{-9} m/s per uno spessore che può variare da uno a cinque metri a seconda del tipo di discarica; lo stesso decreto citato in precedenza prevede che: “Qualora la barriera geologica non soddisfi naturalmente le condizioni di cui sopra, può essere completata artificialmente attraverso un sistema barriera di confinamento opportunamente realizzato che fornisca una protezione equivalente”.

2. I GEOCOMPOSITI BENTONITICI

Negli ultimi vent’anni, i geocompositi bentonitici (GCL - Geosynthetic Clay Liner) sono stati utilizzati come strato artificiale di completamento del sistema barriera per il fondo, come elemento impermeabilizzante per il capping nel caso delle discariche, ma anche per l’impermeabilizzazione del fondo di laghetti artificiali e, più in generale, in ingegneria idraulica. Tradizionalmente, l’integrazione di una barriera geologica in discarica consiste nella posa di più strati compattati di argilla di permeabilità adatta con spessori che, a seconda dei casi, possono arrivare anche a un paio di metri. Questo tipo di lavorazione implica il reperimento di notevoli quantità di materiale da cave, il trasporto a volte per molti chilometri mediante automezzi, tempi di posa abbastanza lunghi: tutto ciò comporta il dispendio di grandi quantità di energia e, di conseguenza, un impatto ambientale di non poco conto.

L’utilizzo di uno strato di argilla più fine ma dotato di un coefficiente di permeabilità minore può ovviare a tutto ciò e risultare quindi la scelta più redditizia dal punto di vista economico e ambientale. Il vantaggio di un geocomposito bentonitico rispetto a uno strato di argilla tradizionale sta proprio nel fatto di avere un coefficiente di permeabilità dell’ordine di 10^{-11} m/s (a una pressione di confinamento di circa 30 kPa) con uno spessore ridotto (5-10 mm): da un lato quindi si risparmiano il reperimento e il trasporto di una notevole quantità di materiale, dall’altro si guadagnano metri cubi di volume utile di discarica.

Un geocomposito bentonitico è costituito da due strati di geosintetico (del tipo tessuto e/o tessuto-non-tessuto) tra i quali è racchiuso uno strato di bentonite, con una quantità almeno pari a $4,5 \text{ kg/m}^2$.



Figura 2: Alcune tipologie di geocompositi bentonitici.

Il geocomposito è prodotto in rotoli e ha quindi tempi di posa molto ridotti; inoltre, non necessita di compattazione; invece, per quanto riguarda la sigillatura tra i teli, essa può essere ottenuta per semplice sormonto laterale con interposto uno strato di bentonite in polvere o in pasta.



Figura 3: Esempio di sormonto realizzato con della bentonite in pasta.



Figura 4: Esempio di sormonto realizzato con della bentonite in polvere.

La bentonite è un'argilla naturale derivata dall'alterazione di rocce effusive vetrose e composta per il 70-90% da montmorillonite, minerale dotato di una particolare struttura cristallina lamellare a tre strati; i geocompositi bentonitici vengono comunemente realizzati con bentonite sodica, ossia il sodio è prevalente rispetto agli altri ioni presenti.

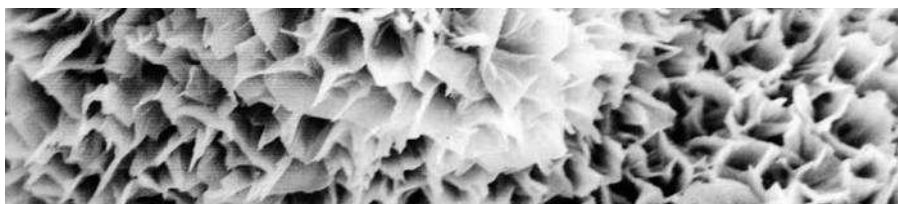


Figura 5: Dettaglio al microscopio della montmorillonite.

La bentonite sodica ha la caratteristica di assorbire notevoli quantità d'acqua (400-700%), la quale a contatto con essa ne causa il suo rigonfiamento (volume in espansione libera di

più di 25 ml/2g); grazie però alla pressione di confinamento alla quale è soggetta in sito, dovuta ai carichi verticali, i pori al suo interno vengono completamente riempiti, garantendo così un basso valore di permeabilità al geocomposito.

Queste proprietà assicurano al geocomposito bentonitico un efficace effetto impermeabilizzante, quando sottoposto a una corretta pressione di confinamento, anche in costante presenza d'acqua.

3. LO “SCAMBIO IONICO”

Una volta posato, il geocomposito bentonitico a base sodica è soggetto ad alcuni fattori di tipo fisico, chimico e biologico che causano un degrado delle sue caratteristiche. I fattori più importanti sono il suolo stesso (sia dal punto di vista della composizione chimica sia dal punto di vista dello spessore presente come ricoprimento del geocomposito) e le condizioni climatiche. Alcune indagini, soprattutto in Germania e negli Stati Uniti su campioni di geocomposito prelevati dal terreno e analizzati dopo alcuni anni di servizio, hanno dimostrato un incremento del valore della permeabilità e una diversa concentrazione di ioni presenti nel geocomposito rispetto al materiale originale.

In pratica, gli ioni Ca^{2+} presenti nel terreno tendono a sostituire gli ioni Na^+ presenti nella bentonite (anche completamente): si tratta del cosiddetto fenomeno dello “scambio ionico”. Nei terreni naturali la presenza di ioni Ca^{2+} è normale, quindi lo scambio ionico tra Na^+ e Ca^{2+} è, in maggiore o minore misura, comunque inevitabile.

Dato che, comunque, nei terreni naturali la presenza di ioni Ca^{2+} è normale, lo scambio ionico tra Na^+ e Ca^{2+} è, in maggiore o minore misura, inevitabile. Il fatto che la bentonite sodica possa diventare in parte o del tutto una bentonite calcica causa una perdita fino a due terzi della capacità di assorbimento d'acqua e del potere di rigonfiamento in volume, fattori che comportano la formazione di fessure diffuse dovute al ritiro del materiale. Tutto questo porta alla riduzione della sua capacità di impermeabilizzazione.

4. I GEOCOMPOSITI BENTONITICI A BASE CALCICA

Il problema dello scambio ionico può essere evitato utilizzando direttamente la bentonite calcica come materiale di riempimento del geocomposito bentonitico al posto di quella sodica.

Circa 20 anni fa è iniziato lo sviluppo del primo geocomposito bentonitico a base calcica, il NaBento® L-C. Esso racchiude tra due strati di geosintetico tessuto in polipropilene uno strato di aerofeltro leggero che ha lo scopo di trattenere una miscela di bentonite calcica; tutto è mantenuto assieme grazie a una cucitura parallela molto fitta lungo tutta la superficie. Da un punto di vista pratico, la principale differenza nell'uso della bentonite calcica in luogo di quella sodica sta nel fatto che per la calcica è necessaria una quantità di bentonite per metro quadrato di geocomposito pari a circa 10 kg, cioè quasi il doppio, per avere le stesse caratteristiche di permeabilità della sodica.

Studi e test realizzati sulla bentonite calcica in questi anni hanno constatato che essa neutralizza i rischi e gli effetti negativi dello scambio ionico; infatti, le caratteristiche del geocomposito bentonitico a base calcica non cambiano quando si trova a contatto con gli ioni calcio presenti nel terreno. Nei geocompositi bentonitici a base calcica non avviene quella sinergia di effetti particolarmente negativi tra scambio ionico e ritiro dovuto all'essiccamento

La bentonite calcica, infatti, ha una capacità di assorbimento d'acqua e un rigonfiamento in volume minori rispetto a quella sodica e, di conseguenza, un contenuto d'acqua proporzionalmente minore; ciò implica che il geocomposito bentonitico a base calcica necessita di meno acqua per rigonfiarsi ed è, per logica, meno sensibile alla riduzione di contenuto della stessa. L'effetto finale è quello di avere una tendenza al ritiro e alla fessurazione minori rispetto ai geocompositi bentonitici a base sodica

5. I GEOCOMPOSITI BENTONITICI A SUPERFICIE RUVIDA

Nel caso in cui, ad esempio, si dovesse realizzare una barriera di confinamento per le sponde inclinate di una discarica, in fase di progettazione è molto importante valutare la stabilità di tutta la sequenza di strati che compongono il sistema barriera (geosintetici e terreni).

Questo significa determinare l'interfaccia critica tra ogni strato di cui la barriera è composta (geocomposito bentonitico, membrana in HDPE, geocomposito drenante, eventuali geogriglie di rinforzo, geogriglie con funzione di antiscivolamento, strati di argilla di ricoprimento, ecc.) in modo da individuare le potenziali superfici preferenziali di scorrimento che potrebbero mettere in crisi la stabilità del pendio.



Figura 6: Posa del GCL con pendenza rilevante

E' chiaro però che un'ulteriore superficie da verificare è proprio quello all'interno del geocomposito bentonitico. A questo proposito i geocompositi bentonitici cuciti sono materiali adatti ad essere utilizzati in scarpate molto acclivi (pendii con inclinazione superiore a 2:3), poiché possiedono un angolo di resistenza al taglio interna superiore a 38°.

Una delle interfacce critiche da verificare ai fini della stabilità è quella di contatto tra il terreno e la superficie del geocomposito bentonitico stesso.

A questo proposito la Huesker ha sviluppato un particolare metodo di irruvidimento dei geosintetici di supporto, ricoprendoli con uno strato di graniglia fissata con bitume che conferisce al materiale elevati angoli di attrito superficiale.



Figura 7: Il geocomposito bentonitico deve resistere alle sollecitazioni di taglio anche nella fase di ricoprimento con il terreno.

Ne consegue che l'angolo d'attrito superficiale del geocomposito bentonitico ha un valore che raggiunge quello dei materiali di ricoprimento tipo argilla o sabbia e si assiste anche a un miglioramento del valore di resistenza al danneggiamento meccanico del materiale. Il ricoprimento crea, inoltre, un'ulteriore barriera all'acqua permettendo così la posa del materiale anche in presenza di pioggia.



Figura 8: Irrividimento superficiale

6. PROTEZIONE DALL'ESSICCAZIONE

Lo speciale trattamento superficiale aiuta altresì a prevenire l'essiccazione del geocomposito, fenomeno dovuto, ad esempio, a uno spessore di ricoprimento troppo ridotto del materiale, che potrebbe creare ritiro generando possibili fessurazioni dello stesso e quindi una parziale riduzione della sua capacità impermeabilizzante.

Tale beneficio è stato dimostrato da specifiche prove di laboratorio eseguite dalla Universität der Bundeswehr München. Tali prove hanno messo a confronto tre tipologie di geocompositi bentonitici: 1) geocomposito bentonitico assemblato per agugliatura, senza alcun trattamento superficiale; 2) geocomposito bentonitico prodotto per cucitura, senza alcun trattamento superficiale; 3) geocomposito bentonitico prodotto per cucitura, e con trattamento superficiale irruvidito.

Dopo una completa idratazione della bentonite, i tre campioni sono stati lasciati essiccare e se ne è misurato il contenuto di umidità nel tempo.

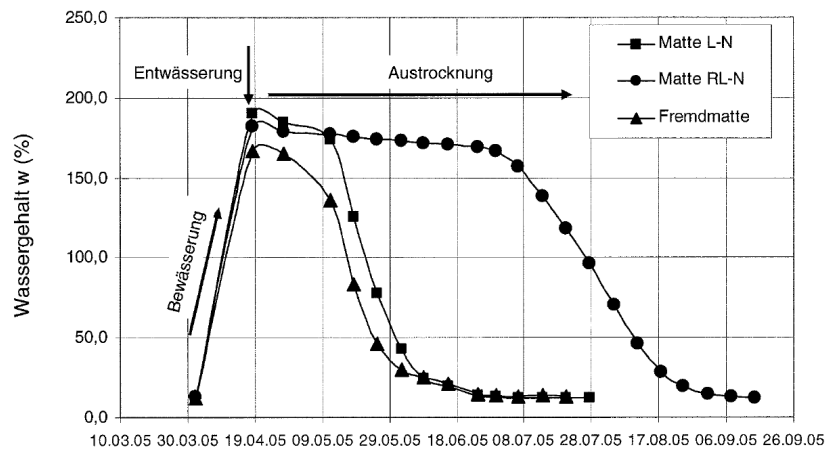


Figura 9: Andamento del contenuto di umidità nella bentonite nel tempo

Dopo 40 giorni, in entrambi i geocompositi bentonitici non irruviditi il contenuto di umidità nella bentonite è sceso sotto il limite del 50%, ovvero la soglia di formazione di fessurazioni nella bentonite. Non sono state osservate differenze nel comportamento di GCL prodotti con diverse tecnologie produttive.

Il geocomposito bentonitico irruvidito ha invece protetto la bentonite, allungando la soglia di fessurazione a 120 giorni. Lo speciale irruvidimento superficiale protegge efficacemente la bentonite, garantendone un funzionamento ottimale anche in condizioni limite, quali lunghi periodi di asciutto o frequenti cicli di bagnatura/asciugatura.

Le prestazioni a lungo termine del geocomposito bentonitico irruvidito sono pertanto decisamente migliori e più sicure.

7. PERMEABILITA' A LUNGO TERMINE DEI GCL

Dal momento che i geocompositi bentonitici devono svolgere la loro funzione per l'intera vita utile prevista per l'opera, sono importanti le loro caratteristiche tecniche a lungo termine e non tanto quella a breve termine.

In Germania, per poter utilizzare un geocomposito bentonitico in discarica, è necessario ottenere una certificazione specifica rilasciata da un ente pubblico preposto (LAGA) che tiene conto di tutte le caratteristiche tecniche del materiale sia a breve che a lungo termine. Il LAGA è un'istituzione pubblica e quello che essa stabilisce è norma in tutti gli stati Tedeschi. I membri sono esperti del settore indipendenti.

In tale certificato vengono descritte: a) Le caratteristiche tecniche di ogni elemento costituente il geocomposito (geotessile di supporto, aero feltro, bentonite, rivestimento, ecc.); b) Le caratteristiche tecniche del geocomposito finito; c) L'imbballaggio, il trasporto, lo stoccaggio, e la movimentazione; d) Le normative di riferimento, l'etichettatura; e) Il controllo qualità; f) Requisiti progettuali per: copertura, strato drenante, strato di regolarizzazione, dettagli costruttivi, stabilità, resistenza e deformazioni; g) Modalità di posa, controllo qualità, prove, condizioni climatiche, ecc.

Soprattutto però in tale certificato vengono indicate le prestazioni a lungo termine del materiale, in termini di resistenza al taglio interno a lungo termine, di deformazioni ammissibili del GCL senza perdita della capacità impermeabilizzante e di permittività a lungo termine.

E' interessante evidenziare come il fattore di riduzione per scambio ionico sia pari a 6,0 per i geocompositi bentonitici a base sodica e pari a 1,5 per quelli a base calcica. Proprio a causa di questo differente comportamento nel tempo, la permeabilità a lungo termine dei geocompositi bentonitici a base calcica risulta essere inferiore a quella dei geocompositi bentonitici a base sodica.

Proprio come accade per tutti gli altri geosintetici (con funzione di rinforzo, filtrazione,

separazione, ecc.) anche per i geocompositi bentonitici, quindi, il confronto prestazionale tra diverse soluzioni e materiali deve essere fatto tra valori e prestazioni a lungo termine e non tra valori e prestazioni a breve termine.

BIBLIOGRAFIA

1. N. Alexiew: *"New Perspectives for Geosynthetic Clay liners using calcium bentonite"* – Eurogeo 2000 – Proceedings of the second European geosynthetics conference – AGI-IGS – Bologna, 15 October 2000.
2. D.Lvo. 13 Gennaio 2003, n° 36: *"Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relative alle discariche di rifiuti"*, Gazzetta Ufficiale n° 59, 12 Marzo 2003, Supplemento Ordinario n° 40.
3. Universität der Bundeswehr München, *"Austrocknungsverhalten von geosynthetischen Tondichtungsbahnen der Gruppe NaBento - Untersuchungsbericht"*, Neubiberg bei München, 10 Februar 2006
4. LAGA Website, URL: <http://www.laga-online.de/servlet/is/26510/>