

25 novembre 2021

CONVEGNO

**Le Tecnologie Trenchless per la posa ed il risanamento delle
condotte del sistema idrico integrato**



Quintilio Napoleoni

La gestione dei fanghi di perforazione



Premesse

Cosa sono i fanghi di perforazione: funzioni

- Il fango di perforazione viene pompato nella testa di scavo durante la perforazione con **TBM, Microtunnel e HDD** dove:
 - Lava, lubrifica e raffredda gli utensili
 - Trasporta all'esterno i detriti di perforazione.
 - Impermeabilizza le pareti dello scavo (formazione del filter cake)
 - In alcune attrezzature per HDD (TOC) genera anche la forza motrice nell'utensile di scavo (Mud Motor)
- Il fango bentonitico viene utilizzato anche per lubrificare l'interfaccia tubo-terreno
- Il fango depurato dai detriti e dal gas disciolto, viene nuovamente pompato nella testa di perforazione



Composizione dei fanghi

Fanghi biodegradabili:

- la ricerca nel campo dei fluidi di perforazione in fase liquida ha condotto alla formulazione di fluidi che non hanno alcun contenuto in argilla (i cosiddetti fluidi clay-free), chiamati ancora “fanghi”, destinati ad applicazioni in cui l’elevata biodegradabilità è fondamentale
- In genere sono fanghi o additivi polimerici che hanno un tempo di decadimento abbastanza lungo (anche di 40 gg)
- E’ necessario, quindi, disporre di vaste aree per la maturazione del fango
- Tendono, tuttavia, a perdere le proprie caratteristiche reologiche abbastanza in fretta (< 48 ore)



Composizione dei fanghi

Fanghi biodegradabili:

- L'uso dei fanghi biodegradabili è spesso un requisito o una prescrizione imposto dalle stazioni appaltanti e/o dalle autorità di controllo
- Ci sono, tuttavia, delle situazioni dove l'impiego di fanghi biodegradabili non è praticamente possibile, ad esempio:
 - Perforazioni TOC di piccolo diametro e di lunghezza significativa
 - MT in terreni sabbiosi sotto falda di lunghezza notevole
- In generale, quando è necessario che le caratteristiche reologiche siano stabili nel tempo l'impiego di fanghi biodegradabili potrebbe rendere non eseguibile la perforazione



Gestione dei fanghi

Compatibilità ambientale dei fanghi bentonitici

Estratti da schede di sicurezza della **bentonite in polvere**

6.2 Precauzioni ambientali

Lo smaltimento deve avvenire in conformità alle leggi e alle normative regionali, nazionali e locali applicabili. Large spills released to the environment may disturb the natural chemical balance of soil/fresh water.

Controlli dell'esposizione ambientale

Non disperdere nell'ambiente. È necessario avviare le autorità locali se non è possibile contenere perdite di una certa entità.

11.1 Informazioni sugli effetti tossicologici

Tossicità acuta

Informazioni sul prodotto

Questo prodotto contiene piccole quantità di quarzo, silice cristallina. L'esposizione prolungata e ripetuta da inalazione alle concentrazioni di silice cristallina che eccedono il limite massimo di esposizione può condurre all'affezione polmonare cronica quale la silicosi.

Inalazione

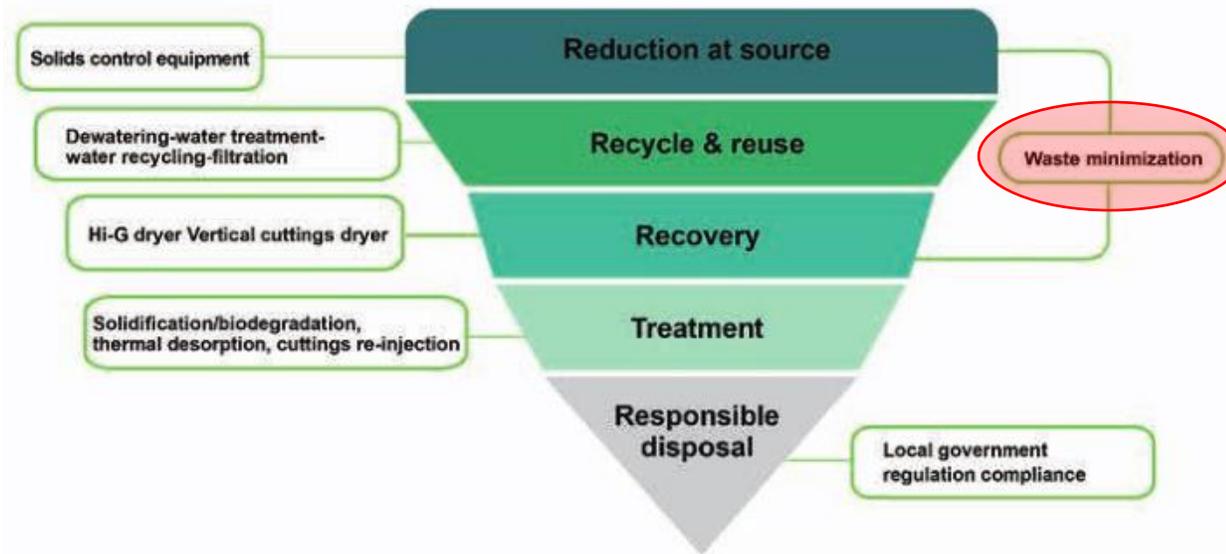
L'inalazione della polvere ad elevate concentrazioni può causare l'irritazione del sistema respiratorio.



Gestione dei fanghi

La gestione dei fanghi secondo priorità di natura ambientale

Drilling Waste Management System



Gestione dei fanghi in cantiere



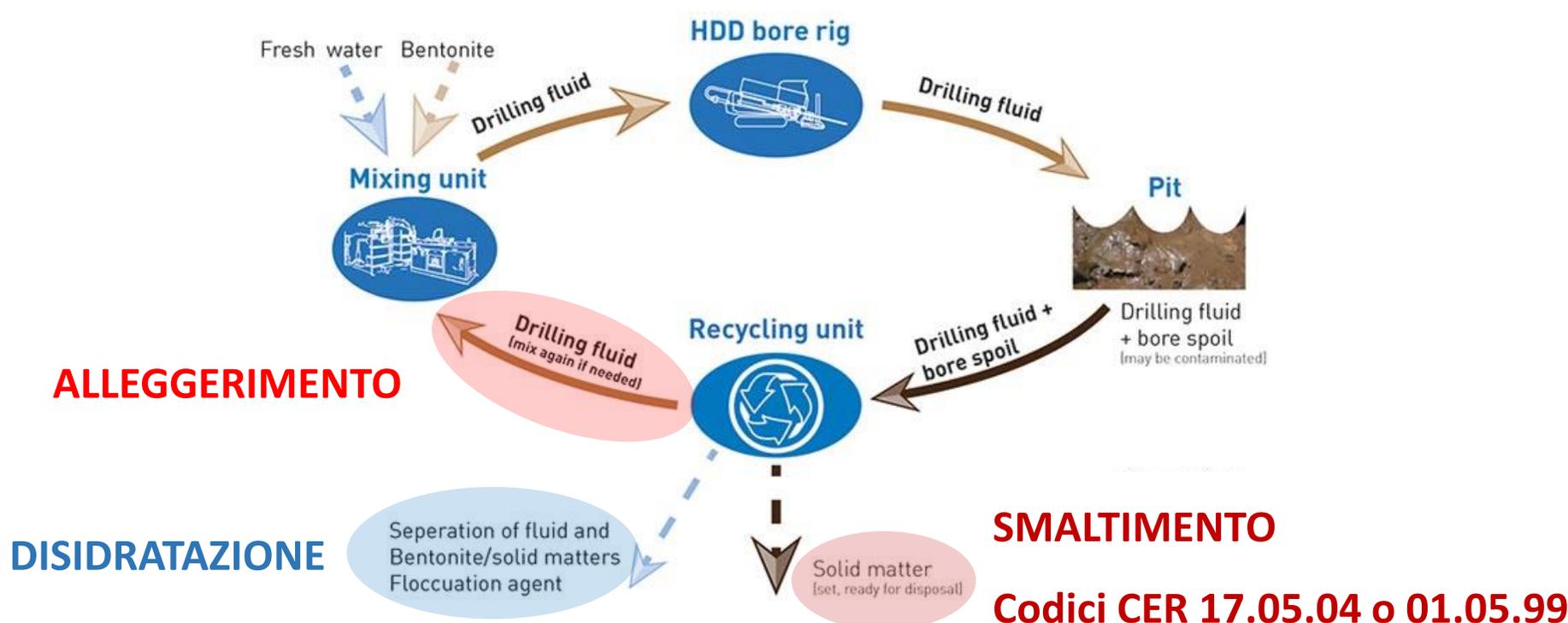
Gestione dei fanghi

Trattamento dei fanghi perforazione

- Il fango viene confezionato all'inizio della perforazione e si cerca di riutilizzarlo più volte (in genere 3-4 volte) rimuovendo i detriti trasportati ed gli eventuali gas disciolti per poi ripomparlo nella testa di scavo
- Il fango, quindi, subisce un primo trattamento di separazione solido/liquido durante le lavorazioni: questa operazione si chiama **ALLEGGERIMENTO DEL FANGO**.
- Alla fine del ciclo di utilizzo (quando il fango ha perso le sue caratteristiche e/o quando il lavoro è finito), è necessario smaltire la miscela di acqua e bentonite. In questa fase è necessario adottare un processo di **DISIDRATAZIONE DEL FANGO** al fine di ridurre i volumi di materiale da avviare a discarica.

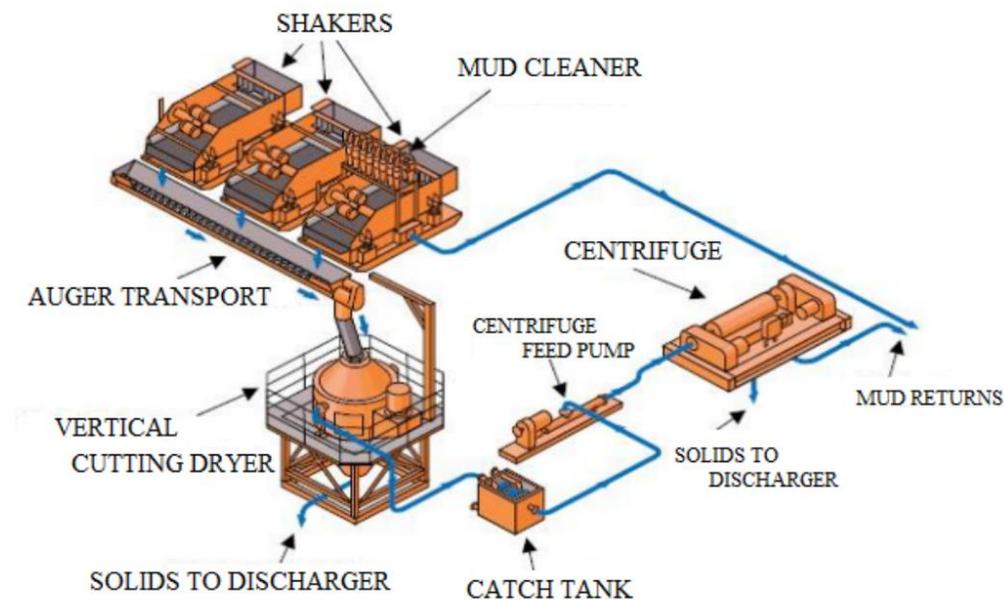
Gestione dei fanghi

Ciclo di fanghi in HDD/MT/TBM



Impianti di trattamento

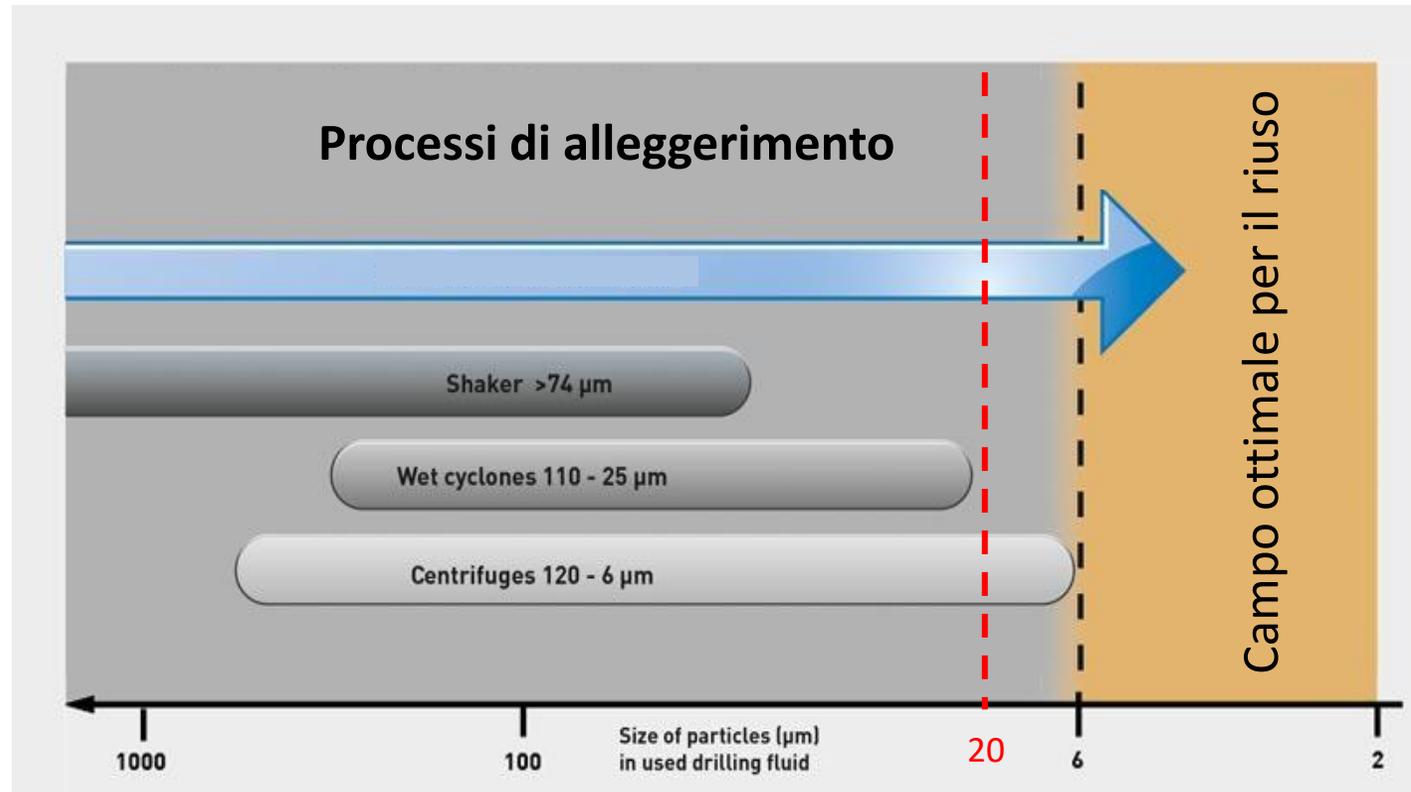
- Un sistema completo di separazione solido/liquido consente di preservare le caratteristiche del fluido di scavo consentendone un riutilizzo quasi integrale (per un certo numero di cicli), (**alleggerimento**) minimizzando anche lo smaltimento del fluido non più utilizzabile (**disidratazione**)
- Il sistema tipo è composto da:
 - vagli primari e secondari per rimuovere la frazione più grossolana (**> 100 μm**)
 - Sistema di rimozione dei fini (**< 100 μm**):
 - Cicloni (alleggerimento)
 - Centrifughe (alleggerimento e disidratazione)
 - Filtropresse (disidratazione)



(Sharif et al. 2017)

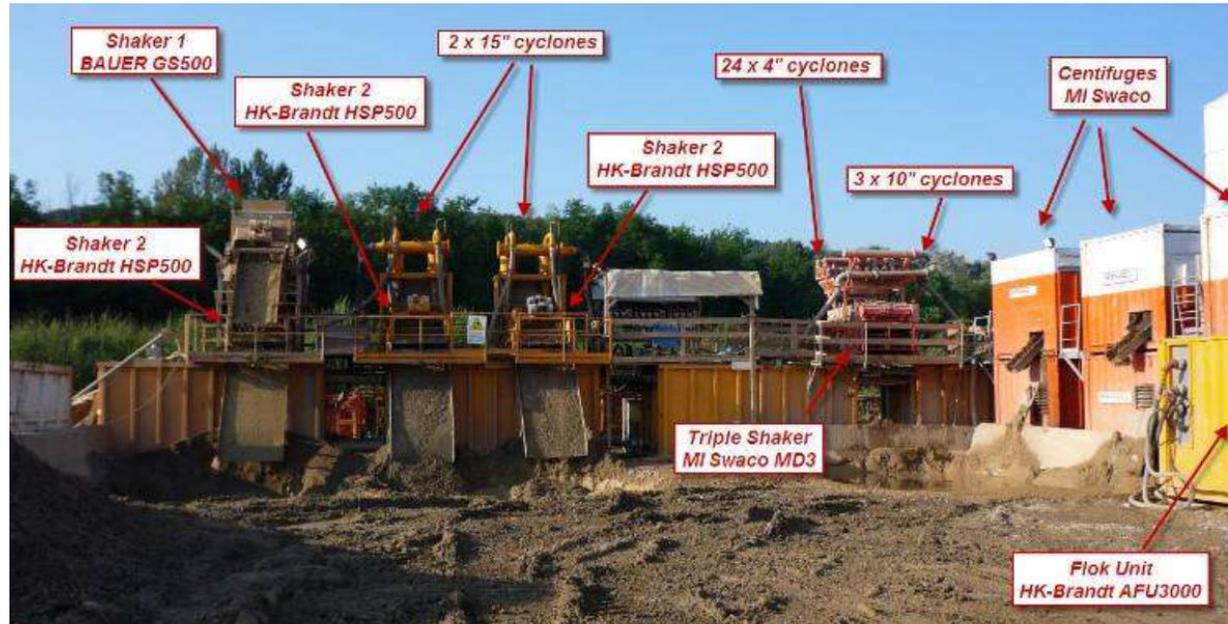
Impianti di trattamento

Granulometria del fango trattato durante il processo di alleggerimento



- Campi ottimali di lavoro:
 - Vagli ($> 80\div 100 \mu\text{m}$)
 - Filtropresse ($> 80 \mu\text{m}$)
 - Cicloni ($> 50 \mu\text{m}$)
 - Centrifughe ($> 20 \mu\text{m}$)
- Focchi di Bentonite $\approx 20 \mu\text{m}$
- Materiale $> 20 \mu\text{m}$ è tutto «inquinante» del fango di perforazione

Impianti di trattamento



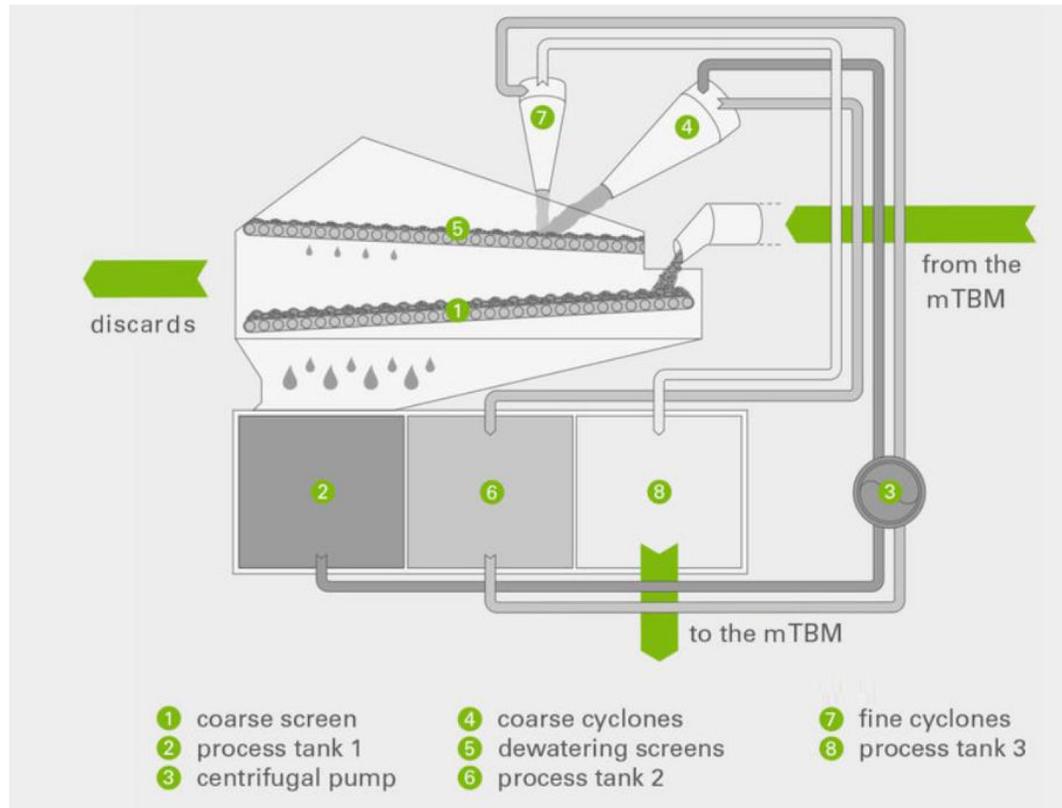
Impianto tipo

Saipem, 2017

- Utilizzando vibrovagli e cicloni, le particelle più grandi di $50\div 60\ \mu\text{m}$ saranno rimosse dallo smarino, mentre le particelle più piccole possono essere separate solo da una centrifuga (**fase di alleggerimento**).
- L'unità di centrifugazione può anche essere utilizzata in combinazione con un sistema di flocculazione per rimuovere «virtualmente» tutti i solidi dai fanghi (**fase di disidratazione**).

Impianti di trattamento: Idrocicloni

Herrenknecht.com



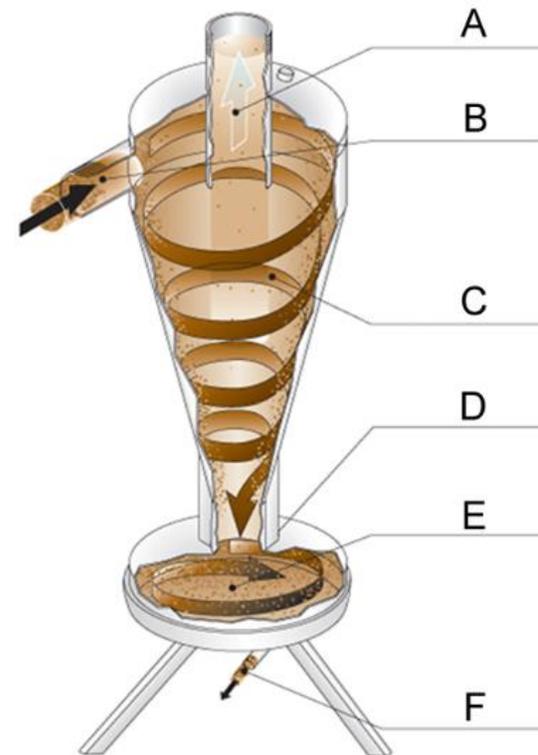
Impianto tipo con cicloni

- Fango in arrivo contenuto di solidi di circa 20-50% (SS 20-50%)
- Frazione solida in uscita (SS 70-80%) in discarica
- Frazione liquida in uscita: bentonite + acqua + fini (SS ≈30%) all'attrezzatura di scavo

Impianti di trattamento: Idrocicloni

Impianto con ciclone – Principio di funzionamento

- Le acque in entrata, per effetto della forza centrifuga, depositano sulle pareti esterne del filtro le particelle più pesanti che si accumulano nella zona o nel serbatoio sottostante.
- L'acqua pulita viene sospinta verso l'alto e convogliata all'uscita.
- La perdita di pressione dovuta alla forza centrifuga è molto bassa.



- A - Uscita liquido filtrato
- B - Ingresso liquido da filtrare
- C - Traiettoria tangenziale del liquido
- D - Deposito particelle solide o sabbia
- E - Serbatoio di accumulo di particelle solide
- F - Uscita di liquido saturo di particelle solide



Impianti di trattamento: Filtropresse

Impianto con filtropressa – Principio di funzionamento

- Viene immesso il fango misto ad acqua (SS 10-20%) all'interno di pannelli filtranti posti in serie (capacità di selezione $> 80 \mu\text{m}$)
- Il fango viene poi compresso ad alte pressioni (10-50 bar) e «strizzato»
- L'acqua è raccolta e deve essere trattata per rimozione dei fini o ricircolata
- Il materiale pressato è reso palabile e raccolto da una tramoggia (SS 30-80%).





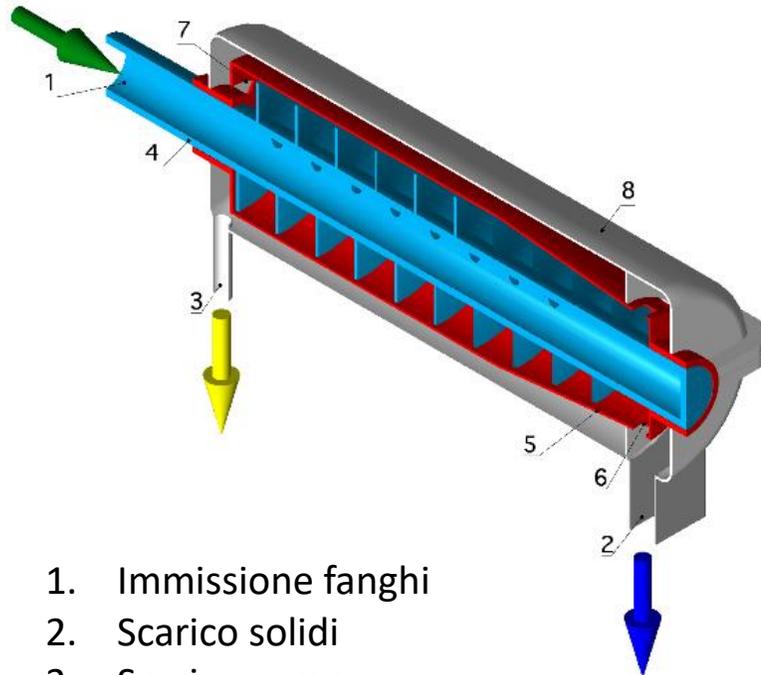
Impianti di trattamento: Filtropresse

Impianto con filtropressa – Principio di funzionamento



Impianti di trattamento: Centrifughe

Impianto con centrifuga – Principio di funzionamento

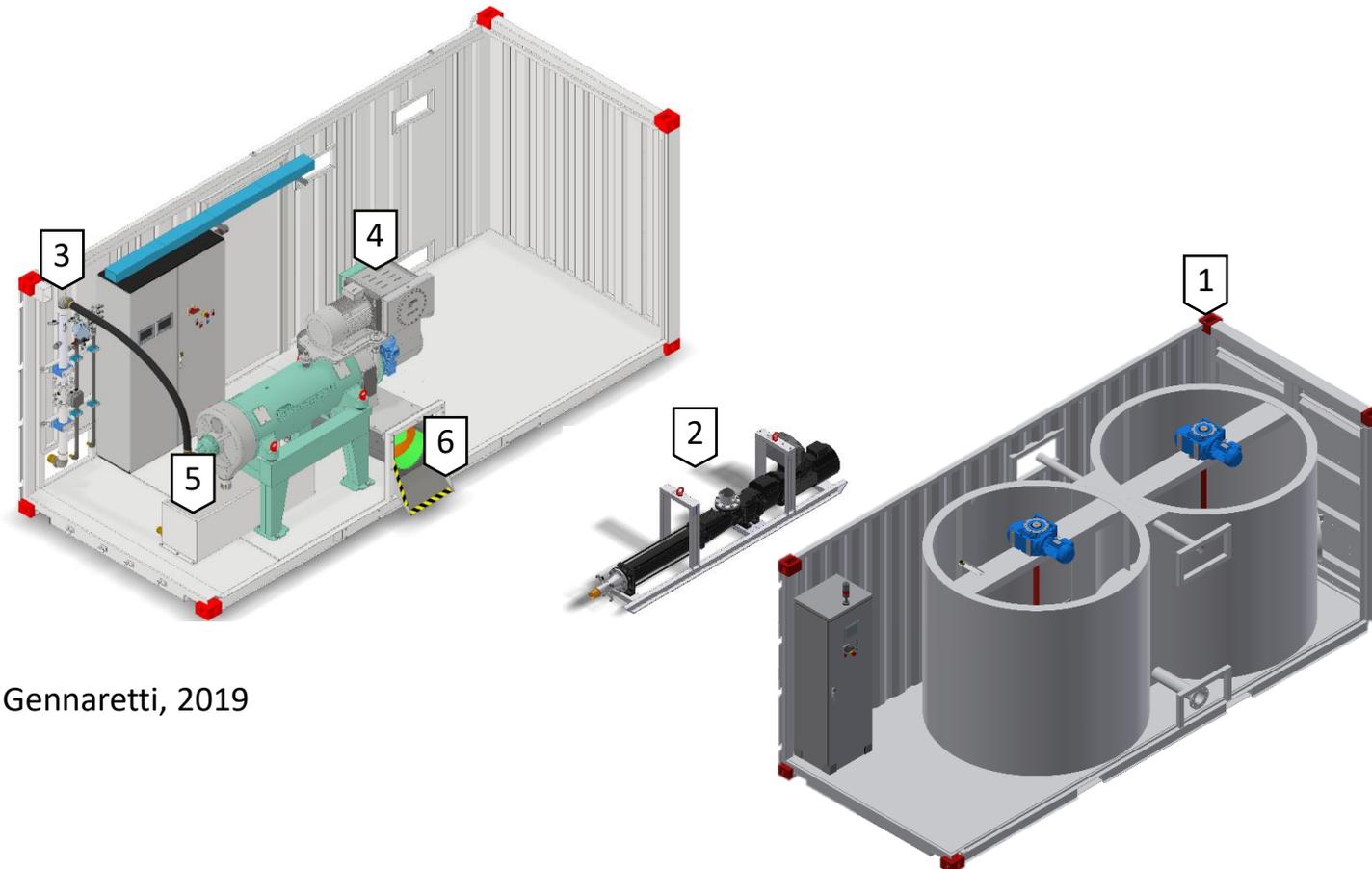


1. Immissione fanghi
2. Scarico solidi
3. Scarico acqua

- Il processo consiste nel far separare l'acqua dal fango mediante l'applicazione di una forza centrifuga, grazie al **diverso peso specifico dei grani**.
- Nello schema di centrifugazione più semplice il fango viene immesso nella centrifuga attraverso un tubo fisso che corre al centro di un tamburo cilindrico (con un'estremità troncoconica) in rotazione a un elevato numero di giri (ad una velocità di circa 800-2.000 giri/min si ottiene una forza centrifuga > 600 volte quella di gravità).
- In brevissimo tempo, per effetto della forza centrifuga, i solidi si addensano contro la parete interna del tamburo e vengono estratti dalla coclea della centrifuga.
- Per migliorare l'efficienza, il fango è condizionato con un polielettrolita (**organico e biodegradabile**).

Impianti di trattamento: Centrifughe

Configurazione di un impianto a centrifuga per l'alleggerimento dei fanghi



Gennaretti, 2019

Parti fondamentali dell'impianto:

1. Impianto per omogeneizzazione fango
2. Pompa fango alimento impianto
3. Linea fango con misuratore di portata elettromagnetico
4. Centrifuga
5. Scarico acque trattate ($SS \approx 100 \mu\text{g/l}$)
6. Scarico fango ($SS = 8 \div 12\%$) da avviare all'impianto di miscelazione



Impianti di trattamento: Centrifughe

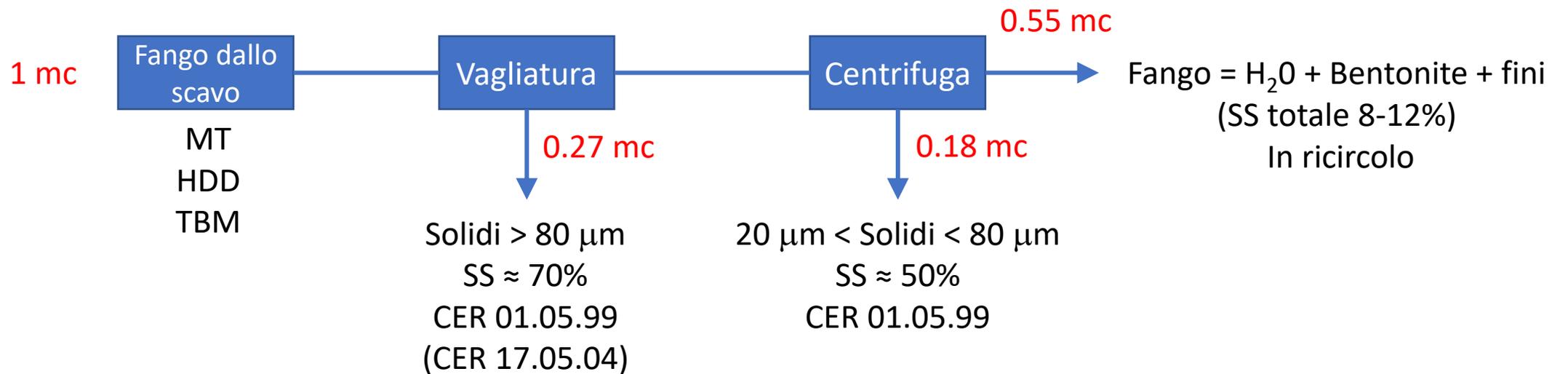


Gennaretti, 2021



Impianti di trattamento: Centrifughe

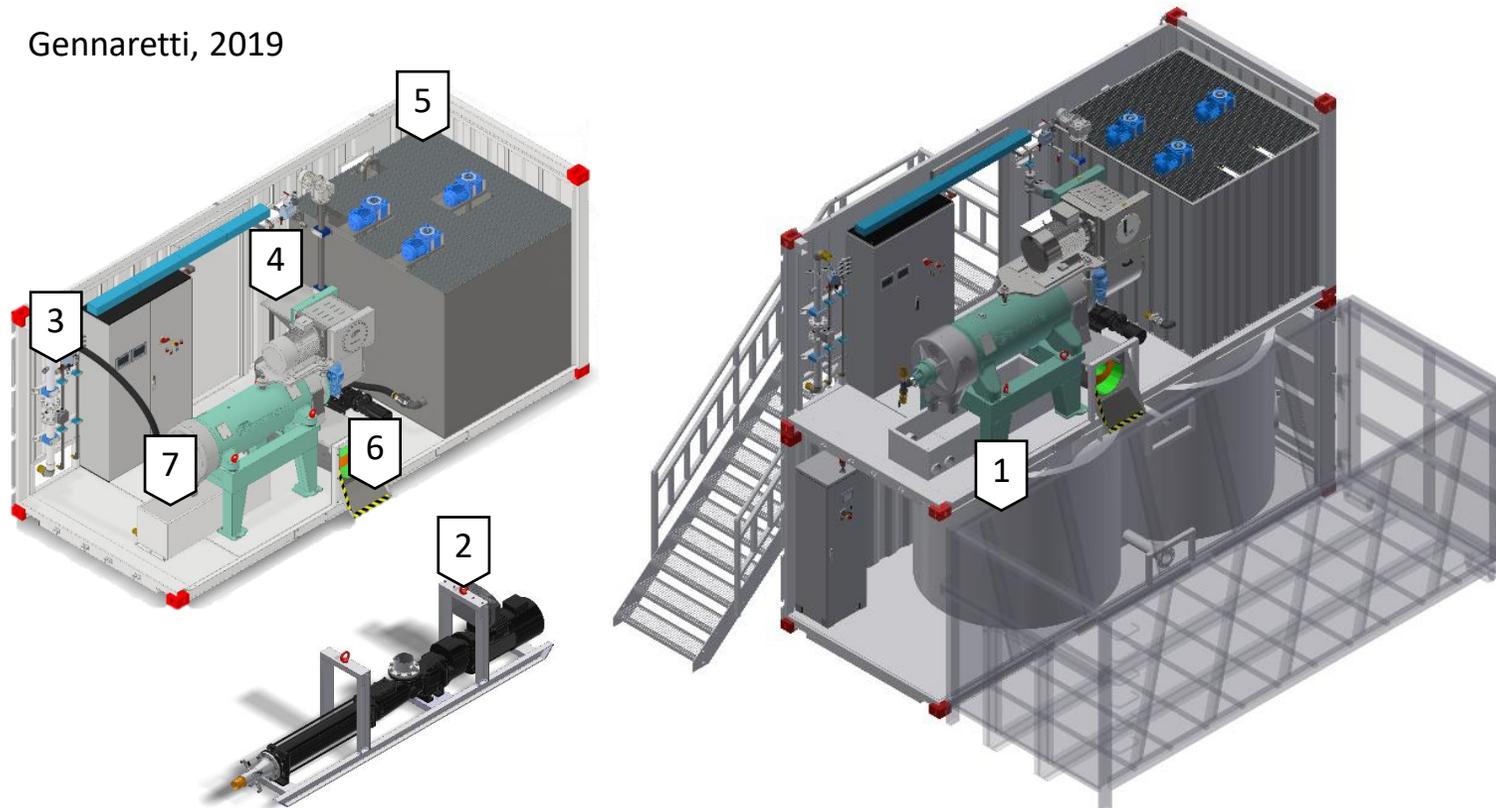
Bilancio di massa nel processo di alleggerimento



Impianti di trattamento: Centrifughe

Configurazione di un impianto a centrifuga per la disidratazione finale

Gennaretti, 2019



Parti fondamentali dell'impianto:

1. Impianto per omogeneizzazione fango
2. Pompa fango alimento impianto
3. Linea fango con misuratore di portata elettromagnetico
4. Centrifuga
5. Stazione di preparazione polielettrolita.
6. Scarico solidi disidratati (SS 60-65%)
7. Scarico acque trattate (SS \approx 100 μ g/l)



Impianti di trattamento: Centrifughe

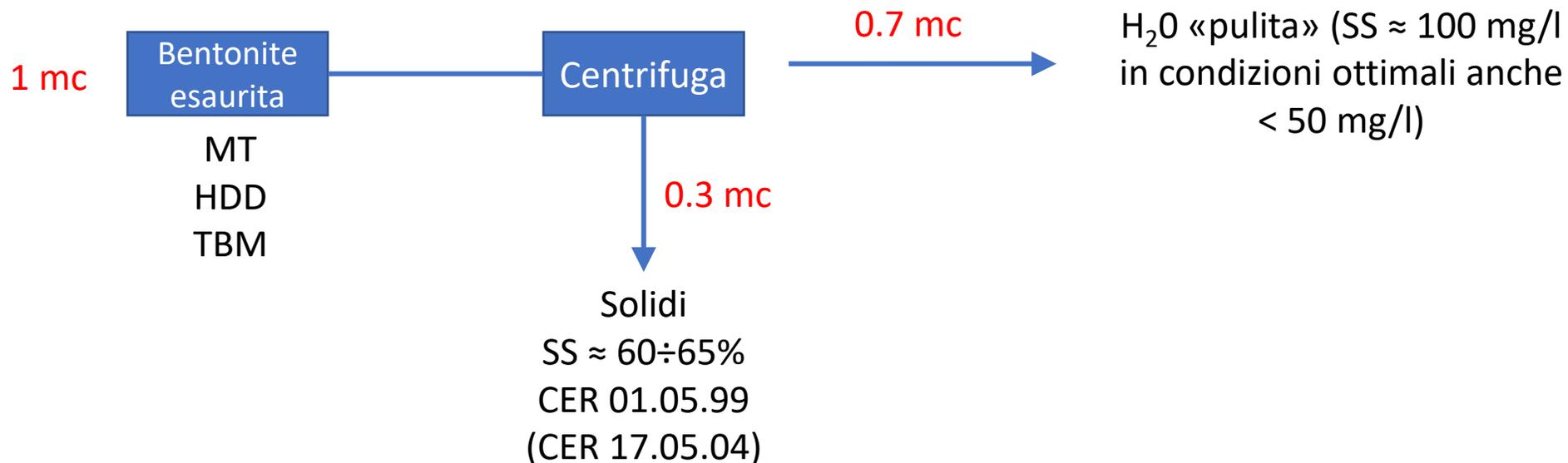


Gennaretti, 2021



Impianti di trattamento: Centrifughe

Bilancio di massa nel processo di disidratazione





Destinazione finale dei fanghi

Nel ciclo di gestione dei fanghi si hanno, come già detto, due fasi di trattamento:

- Alleggerimento: propedeutico al **riuso** del fango all'interno della stessa lavorazione
- Disidratazione: propedeutico a:
 - **Riciclo**
 - **Smaltimento**
- **Riciclo (non rifiuto)**: in genere limitato a quantità limitate e confinate all'interno dell'area di cantiere. Non è facile poiché le caratteristiche fisico-meccaniche dei fanghi, anche dopo disidratazione, non sono sempre ottimali (dipende dall'impianto di trattamento installato, dalla sua gestione, dal fango utilizzato e dal terreno attraversato).
- **Smaltimento (rifiuto)**: l'attribuzione del codice CER necessaria per l'individuazione della destinazione di smaltimento finale (17.05.04 o 01.05.99) è oggetto, spesso, di «confronto» con gli Enti di controllo



Destinazione finale dei fanghi: riciclo

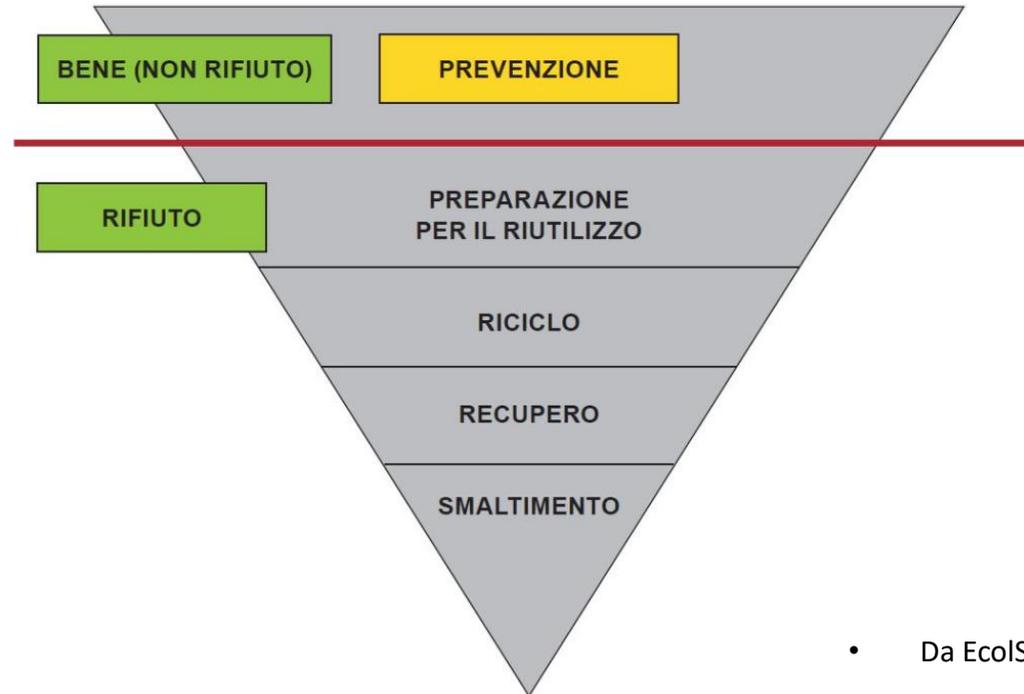
- On site (previo caratterizzazione ambientale e fisico-meccanica):
 - Intasamento delle condotte
 - Allettamento delle tubazioni
 - Sottofondi
- Off site (teoricamente possibili):
 - Materiale di copertura in discariche di rifiuti solidi urbani
 - Ripristino ambientale di cave dismesse
 - In agricoltura come legante nella formulazione di fertilizzanti in pellet; coformulante naturale per fitofarmaci in formulazione polvere e flowable
 - Lettiere per gatti (pellettizzazione)
- Il riciclo off-site è complicato poiché dovrebbe essere conseguente ad un processo di End of Waste (che attualmente non esiste)



Destinazione finale dei fanghi: riciclo

- E' bene ricordare che il fango di perforazione **NON è facilmente classificabile come un sottoprodotto** (per la normativa italiana): non può essere, quindi, direttamente riciclato
- Sia la definizione di sottoprodotto che la procedura End of Waste, hanno l'obiettivo di ridurre la produzione dei rifiuti e di reimmettere, quando possibile, nei cicli produttivi i materiali di scarto, ma differiscono per una caratteristica fondamentale: il momento in cui si intercetta il materiale durante il suo ciclo di «produzione».
- Per meglio capire questa differenza, si deve fare riferimento alla gerarchia di gestione dei rifiuti così come definita dalla Direttiva 2008/98/CE e recepita dalle successive integrazioni del testo unico ambientale.

Destinazione finale dei fanghi: riciclo



• Da EcolStudio spa (2021)

- Tra il primo livello, **la prevenzione**, e il secondo, **il riutilizzo**, corre il confine tra prodotto o bene (non-waste) e rifiuto (waste): prima di questo momento siamo fuori dalla disciplina ambientale.
- Sottoprodotto ed End-of-Waste differiscono per lo stesso principio e, come tali, sono considerati e gestiti diversamente



Destinazione finale dei fanghi: fra riciclo e smaltimento

- Definizione di Terre e Rocce da Scavo: Il suolo scavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: gli scavi in genere, tra cui lo sbancamento, le fondazioni, le trincee; la perforazione, la trivellazione, la palificazione, il consolidamento; le opere infrastrutturali, tra cui le gallerie e le strade; la rimozione e il livellamento di opere in terra.
- Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i materiali quali il calcestruzzo, la bentonite, il polivinilcloruro (Pvc), la vetroresina, le miscele cementizie e gli additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, tabella 1, allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso
- In questo caso al materiale può essere attribuito un codice CER 17.05.04



Destinazione finale dei fanghi: Smaltimento

- L'attribuzione del codice CER necessaria per l'individuazione del sito di smaltimento finale
- Per questa tipologia di rifiuti speciali l'elenco europeo dei rifiuti contempla (anche) all'interno del capitolo 01 ("Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali"), sottocapitolo 05 ("fanghi di perforazione ed altri rifiuti di perforazione") i seguenti CER:
 - 01.05.04 Fanghi e rifiuti di perforazione di pozzi per acque dolci
 - 01.05.05* Fanghi e rifiuti di perforazione contenenti olii (pericolosi)
 - 01.05.06* Fanghi di perforazione ed altri rifiuti di perforazione contenenti sostanze pericolose
 - 01.05.07 Fanghi e rifiuti di perforazione contenenti Barite, diversi da quelli di cui alle voci 01.05.05 e 01.05.06
 - 01.05.08 Fanghi e rifiuti di perforazione contenenti cloruri, diversi da quelli di cui alle voci 01.05.05 e 01.05.06
 - **01.05.99 Rifiuti non specificati altrimenti**



Destinazione finale dei fanghi

- Generalmente si usa il **01.05.99** anche se, non è infrequente, l'attribuzione 01.05.04 o anche lo 01.05.07
- Verificare se il terreno in cui si usano i fanghi bentonitici è contaminato o no.
- Questi codici CER sono validi solo per perforazioni in terreni puliti
- Se l'intenzione è portare i fanghi a smaltimento è poco cautelativo classificare (come rifiuto) i terreni con bentonite CER 17.05.04 (Terre e rocce da scavo)



Conclusioni

- I **fanghi di perforazione** sono un elemento fondamentale del processo di perforazione
- La loro composizione dipende dalla natura dei terreni attraversati e dalla tecnica di perforazione
- La **gestione dei fanghi** di perforazioni rappresenta una voce importante nei **costi** di un lavoro NO-DIG
- Il processo di **alleggerimento** deve contribuire alla riduzione dei volumi di fango da utilizzare e ottimizzare l'impiego dei fanghi
- La **disidratazione** finale del fango «esaurito» deve mirare a ridurre il volume di smarino da smaltire in discarica ed ottenere delle acque con contenuti solidi ridotti al minimo
- Le tecniche di trattamento dovrebbero privilegiare le soluzioni che garantiscono **flessibilità, garanzia di risultati e costi ridotti** della gestione complessiva del sistema di trattamento e smaltimento



Conclusioni

- La possibilità di **riusi diretti** dei fanghi a fine lavoro è **incerta** (a meno di impieghi all'interno dello stesso cantiere....)
- Sarebbe necessaria l'approvazione di un **protocollo End od Waste** per cercare di ottimizzare la gestione della fine del ciclo dei fanghi
- In questi protocolli, tuttavia, gli impianti di trattamento dei fanghi dovrebbero essere autorizzati come «**impianti di trattamento rifiuti**» per consentire al prodotto in uscita di essere declassificato dall'essere considerato rifiuto
- Anche l'attribuzione del **Codice CER** può, a volte, generare incertezze sia nel produttore che negli Enti di controllo



Grazie per l'attenzione

Quintilio Napoleoni

Email: quintilio.napoleoni@uniroma1.it n. di telefono: +39.3484044805