

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE

Tesi di dottorato di ricerca in
TECNOLOGIE CHIMICHE ED ENERGETICHE
XXIII Ciclo

**Valorizzazione di fanghi di depurazione come
ammendante compostato misto**

Supervisore: Prof. Ing. Daniele Goi

Cosupervisore: Prof. Maria de Nobili

Dottoranda: dott. Claudia Bruna Rizzardini

Anno accademico 2010/2011

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 Produzione, utilizzo e smaltimento di fanghi di depurazione dal trattamento delle acque reflue urbane.....	1
1.2 L'utilizzo in agricoltura di fanghi di depurazione.....	4
1.2.1 Effetti sul suolo dell'applicazione di fanghi di depurazione.....	5
1.2.2 Inquinamento da nitrati.....	7
1.2.3 Inquinamento da metalli pesanti.....	7
1.2.4 Inquinamento da composti organici.....	9
1.2.5 Contaminazione parassitologia.....	10
1.3 La gestione dei fanghi di depurazione.....	11
1.3.1 Il destino dei fanghi di depurazione in Italia.....	11
1.3.2 La situazione in Europa.....	13
1.3.3 Il contesto regionale.....	15
1.4 Inquadramento legislativo in materia di fanghi di depurazione.....	15
1.4.1 La normativa italiana vigente.....	16
1.4.2 Aggiornamenti normativi dall'Europa.....	17
1.4.3 Orientamenti dall'Unione Europea in materia di fanghi di depurazione.....	18
1.4.4 La variegata situazione regionale.....	19
1.4.5 Nuove iniziative: il Protocollo di indagine della Provincia di Udine.....	20
1.5 Definizione di qualità dei fanghi di depurazione.....	21
1.5.1 Caratterizzazione dei fanghi di depurazione e del suolo: requisiti del fango di depurazione finalizzati all'utilizzo agronomico ai sensi della normativa italiana vigente.....	23
1.5.2 Applicazione dei fanghi di depurazione in agricoltura secondo il "Working document on sludge (3rd draft, 2000)".....	25
1.5.2.1 L'ambito di applicazione.....	25

1.5.2.2 Il contenuto in metalli pesanti.....	26
1.5.2.3 I composti organici xenobiotici e le diossine.....	29
1.5.2.4 La carica patogena.....	35
1.5.2.5 I trattamenti del fango prima dell'applicazione.....	36
1.5.2.5.1 Trattamento avanzato (igienizzazione).....	36
1.5.2.5.2 Trattamento convenzionale.....	37
1.6 Riassunto e analisi degli impatti ambientali connessi con l'utilizzo di fanghi di depurazione in agricoltura.....	38
1.6.1 Interazioni tra metalli pesanti e microrganismi del suolo.....	40
1.6.2 Effetti dei metalli pesanti sulle piante.....	42
1.6.3 Presenza e persistenza dei contaminanti organici nel suolo.....	43
1.7 Compostaggio di fanghi di depurazione.....	44
1.7.1 Fertilizzazione: organica o minerale?.....	44
1.7.2 Il processo di compostaggio.....	45
1.7.3 Parametri di processo.....	46
1.7.4 Caratteristiche dell'ammendante compostato.....	52
1.7.5 Principali problematiche nel compostaggio di fanghi di depurazione.....	55
1.7.5.1 Ispessimento.....	55
1.7.5.2 Disidratazione.....	56
1.7.5.3 Essiccamento termico.....	59
1.7.5.4 Il condizionamento di fanghi di depurazione.....	59
1.7.6 Soluzioni tecnologiche per effettuare il compostaggio.....	61
1.7.6.1 Compostaggio in cumulo.....	61
1.7.6.2 Compostaggio in bioreattori.....	66
1.7.7 Soluzioni tecnologiche per piccoli impianti.....	77
1.7.8 Soluzioni tecnologiche per compostaggio di fanghi di depurazione.....	79

2. SCOPO ED OBIETTIVI DEL LAVORO.....	83
3. METODI E MISURE.....	84
3.1 Applicazione a caso reale in Provincia di Udine.....	85
3.1.1 La Società Acquedotto Poiana S.p.a.....	85
3.1.2 Il progetto.....	91
3.2 Caratterizzazione dei fanghi di depurazione.....	91
3.2.1 Scelta della metodologia di indagine.....	91
3.2.2 Campionamento e pretrattamento del campione.....	93
3.2.3 Sostanza secca e umidità.....	93
3.2.4 pH.....	94
3.2.5 La sostanza organica.....	94
3.2.6 L'azoto.....	95
3.2.7 Il fosforo.....	96
3.2.8 Il potassio.....	97
3.2.9 I metalli pesanti.....	97
3.2.10 I parametri organici.....	98
3.2.11 Metodi di validazione e di controllo della qualità.....	104
3.2.12 Analisi statistica della caratterizzazione dei fanghi di depurazione.....	104
3.3 Caratterizzazione dei suoli interessati da applicazioni ripetute di fanghi di depurazione.....	104
3.3.1 Campionamento.....	105
3.3.2 Scelta dei siti di campionamento.....	106
3.3.3 Preparazione del campione.....	107
3.3.4 Parametri chimico – fisici.....	108
3.3.5 pH e calcare.....	108
3.3.6 Metalli pesanti.....	109
3.3.7 Azoto.....	110

3.3.8 Fosforo.....	111
3.3.9 Analisi microbiologiche.....	111
3.3.9.1 Determinazione della biomassa microbica.....	112
3.3.9.2 Determinazione della respirazione microbica del suolo.....	112
3.3.10 Analisi statistica.....	112
3.3.11 Confronto con i valori limite previsti dal “Working document on sludge”.....	113
3.4 Compostaggio.....	114
3.4.1 Prove preliminari.....	114
3.4.2 Compostaggio in bench top.....	115
3.4.3 Sistema di stabilizzazione alternativa della matrice.....	118
3.4.4 Caratterizzazione della matrice nelle fasi intermedie e del prodotto finale.....	118
4. DISCUSSIONE DELLE PROVE SPERIMENTALI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	120
4.1 Caratterizzazione dei fanghi di depurazione.....	120
4.1.1 Composizione e valore agronomico.....	121
4.1.2 Caratterizzazione ambientale: contenuto in metalli pesanti...123	
4.1.3 Caratterizzazione ambientale: presenza di contaminanti organici e diossine.....	125
4.1.3.1 AOX (EOX).....	126
4.1.3.2 PCB, PCDD/F, LAS e IPA.....	128
4.1.4 Risultati dell'analisi statistica.....	129
4.1.5 Conclusioni sulla caratterizzazione dei fanghi di depurazione.135	
4.2 Caratterizzazione dei suoli interessati da apporti continui e ripetuti.....136	
4.2.1 Caratterizzazione chimico – fisica dei campioni di terreno.....137	
4.2.2 Caratterizzazione biologica.....	139

4.2.3 Effetto della distribuzione dei fanghi sulle caratteristiche chimico – fisiche dei suoli.....	142
4.2.4 Effetto della distribuzione dei fanghi sulle caratteristiche biologiche dei suoli.....	143
4.2.5 Valutazione dello stato di contaminazione dei suoli in base alle indicazioni del Working document on sludge.....	144
4.2.6 Conclusioni sulla caratterizzazione dei suoli interessati da apporti continui di fanghi di depurazione.....	147
4.3 Co – compostaggio di fanghi di depurazione.....	149
4.3.1 Prove preliminari di processo.....	149
4.3.2 La prova in bench top.....	152
4.3.3 Prova di aerazione per minimizzare la fase attiva e limitare l’apporto di O ₂	165
4.3.4 Valutazione della qualità della matrice finale.....	167
4.3.5 Modalità innovativa di stabilizzazione della matrice.....	169
4.3.6 Conclusioni sulla possibilità di co- compostaggio di fanghi di depurazione.....	174
5. BIBLIOGRAFIA.....	176

FULL TEXT AVAILABLE BY AUTHOR