

Indice

INTRODUZIONE – Riciclo delle biomasse, Green Deal e sviluppo sostenibile

(Claudio Zaccone, Claudio Ciavatta, Giovanni Gigliotti, Teodoro Miano, Fulvia Tambone)	p. 13
Ma tutto ciò è compatibile con il concetto di agricoltura sostenibile?	13
Modelli di agricoltura sostenibile per un'economia circolare.....	14
Suolo, riciclo delle biomasse e Sustainable Development Goals	15
Suolo, riciclo delle biomasse e Green Deal	18
Conclusioni	20

PARTE I – CORPO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

1. Le norme del settore (Claudio Ciavatta e Claudio Marzadori)	25
1.1. Atti dell'Unione europea	25
1.1.1. Regolamenti.....	26
1.1.2. Direttive	26
1.1.3. Decisioni, Raccomandazioni e Pareri	27
1.1.4. Parlamento europeo	27
1.1.5. Consiglio europeo.....	27
1.1.6. Commissione europea.....	28
1.2. Gerarchia della normativa italiana	28
1.3. Gerarchia della normativa regionale	29
1.4. End of waste	30
1.5. REACH.....	31
1.6. Principali normative di settore	32
1.6.1. Normative sui fertilizzanti.....	32
<i>In Europa</i>	33
<i>In Italia</i>	35
1.6.2. Normative sui rifiuti	36
1.7. Criticità relative all'applicazione delle norme	36
1.7.1. Metodi di analisi.....	36
1.7.2. Concentrazione dell'analisi	37
Glossario.....	43

PARTE II – PRINCIPALI BIOMASSE DI SCARTO E SOTTOPRODOTTI

2. FORSU (Alberto Confalonieri, Claudio Coccozza e Giovanni Gigliotti)	47
2.1. Definizione	47

Approfondimento – Il Pacchetto sull’Economia Circolare.....	p. 48
2.2. Le caratteristiche dei rifiuti organici	48
2.3. La valutazione della qualità della frazione organica mediante analisi merceologiche.....	50
2.4. Caratterizzazione dei rifiuti conferiti presso gli impianti.....	52
2.5. Fattori che influiscono sulla qualità dei rifiuti.....	54
2.6. I quantitativi in gioco	57
3. Fanghi di depurazione (Claudio Ciavatta, Luisella Celi e Marco Trevisan)	61
3.1. Definizione	61
3.2. Metodi di gestione e tipologie di trattamento.....	62
3.3. Prodotti fertilizzanti.....	66
3.3.1. Ammendante compostato con fanghi.....	66
3.3.2. Gesso di defecazione da fanghi.....	67
3.4. Digestione anaerobica	68
3.5. Termovalorizzazione.....	69
3.6. Produzione e destinazione dei fanghi in Europa	71
3.7. Caratteristiche dei fanghi	75
3.7.1. Caratteristiche generali.....	75
3.7.2. Contenuto in sostanze indesiderate	75
<i>Contenuto in metalli pesanti</i>	75
<i>Contenuto in xenobiotici organici</i>	78
3.8. Richiami alla legislazione	78
3.8.1. Norme rifiuti	79
3.8.2. Norme fertilizzanti.....	80
3.9. Note conclusive	81
4. Reflui zootecnici (Daniela Pezzolla e Fulvia Tambone).....	83
4.1. Inquadramento del problema.....	83
4.2. Quantità e distribuzione degli allevamenti in base alla mobilità di stabulazione.....	84
4.3. Classificazione, caratterizzazione dei reflui zootecnici e valore fertilizzante	87
4.3.1. Valore fertilizzante dei reflui zootecnici	87
4.3.2. Caratteristiche dei reflui zootecnici	89
4.4. Trattamento e stoccaggio dei rifiuti nei sistemi aziendali.....	90
4.4.1. Trattamenti meccanici.....	91
4.4.2. Trattamenti biologici.....	91
4.4.3. Trattamenti fisico-chimici	92
4.4.4. Stoccaggio.....	93
4.5. I reflui come materiali per altri processi di trasformazione.....	94
4.5.1. Digestione anaerobico degli effluenti.....	94
4.5.2. Compostaggio degli effluenti	94
4.6. Sistemi innovativi per la distribuzione dei reflui	95
4.7. Impatto ambientale dei reflui	95
4.8. Legislazione europea e italiana.....	97

5. Reflui agro-industriali (Francesco De Mastro, Gennaro Brunetti e Marco Contin)p.	101
5.1. L'utilizzo dei rifiuti agro-industriali	101
Approfondimento – Risorse agro-industriali ed economia circolare.....	103
5.2. Effluenti e sottoprodotti dell'industria vitivinicola	104
5.3. Effluenti e sottoprodotti dell'industria olearia	106
Approfondimento – Dalle vinacce alla carta.....	107
5.4. Reflui e sottoprodotti dell'industria lattiero-casearia.....	110
5.5. Reflui e sottoprodotti dell'industria di trasformazione dei cereali, dei legumi, delle oleaginose, dell'ortofrutta e delle conserve.....	112
5.6. Reflui e sottoprodotti dell'industria saccarifera	115
Approfondimento – Fitodepurazione	118
6. Biomasse ligno-cellulosiche (Marco Contin, Marco Landi e Adriano Sofo)	121
6.1. Biomasse ligno-cellulose: definizione e classificazione.....	121
6.2. Principali specie erbacee, arbustive e arboree adottate per la produzione di bio- massa.....	122
6.2.1. Colture ligno-cellulosiche adatte per la conversione termochimica: erba- cee annuali, erbacee poliennali, e specie arboree a ceduzione con breve rotazione.....	123
6.2.2. Filiera dei biocombustibili liquidi (bioetanolo e biodiesel) e gasosi (biogas)	124
6.3. La produzione di energia da biomasse ligno-cellulosiche: aspetti quantitativi, tecnologici, di filiera ed economici	126
6.3.1. Biomasse da energia: aspetti tecnici, qualitativi e processi coinvolti	126
6.3.2. Conversione termochimica	127
Approfondimento – Residui di potatura dei frutteti.....	128
6.3.3. Conversione biologica ed estrazione.....	131
6.3.4. Cooperazione di processo, biorefinery e biocarburanti di seconda ge- nerazione da biomasse ligno-cellulosiche.....	133
6.4. Gestione delle biomasse coltivate in ambienti contaminati. Gestione del ver- de urbano. Eventuali effetti sulla qualità ambientale.....	134
6.4.1. Gestione delle biomasse coltivate in ambienti contaminati ed effetti sulla qualità ambientale.....	134
6.4.2. Gestione del verde urbano	135

PARTE III – PROCESSI DI STABILIZZAZIONE E RELATIVI PRODOTTI

7. Il compostaggio (Massimo Centemero e Giuseppe Concheri)	141
7.1. Processi di riciclo dei rifiuti organici.....	141
7.2. Trattamento aerobico: il compostaggio.....	141
7.2.1. I fondamenti del processo di compostaggio.....	142
7.2.2. L'igienizzazione	142
<i>Patogeni all'uomo</i>	143
<i>Il Compostaggio utile all'eradicazione dei fitopatogeni</i>	145

	<i>Devitalizzazione di semi di malerbe</i>	p. 146
7.2.3.	Classificazione delle soluzioni tecnologiche	146
7.2.4.	L'articolazione del processo	147
7.2.5.	Pre- e post- trattamenti	148
7.3.	Il trattamento anaerobico e il post compostaggio: l'integrazione tra processi aerobici e anaerobici.....	149
7.4.	Principali requisiti di processo e loro monitoraggio	150
7.4.1.	Processi di compostaggio: condizioni per l'ottimizzazione del processo	150
7.4.2.	Processi di compostaggio: condizioni per il mantenimento delle condizioni aerobiche	151
	<i>Il monitoraggio e governo del processo in fase ACT</i>	151
	<i>Il monitoraggio e governo del processo in fase di maturazione</i>	152
7.4.3.	Indicatori di efficienza del processo	153
	<i>Scarti solidi a smaltimento</i>	153
	<i>Efficienza di riciclaggio</i>	153
7.5.	Il compost.....	155
7.5.1.	Utile all'agricoltura, aiuta l'ambiente.....	155
7.5.2.	Un prodotto per la fertilità dei suoli.....	155
7.5.3.	Il compost è un Ammendante.....	156
7.5.4.	Principali benefici del compost.....	157
7.5.5.	Scegliere il compost.....	158
	Approfondimento – L'ammendante compostato a marchio CIC	159
7.6.	Impieghi e destinazioni commerciali	161
7.7.	Un mercato in espansione per un prodotto ancora poco conosciuto	164
7.8.	Un prodotto per l'agricoltura convenzionale e biologica.....	165
7.9.	Esempi e “ricette per l'impiego”	166
	<i>Colture in pieno campo</i>	167
	<i>Frutticoltura in generale</i>	167
	<i>Orticoltura specializzata</i>	167
	<i>Tappeti ornamentali, ricreativi e sportivi</i>	167
	<i>Substrati per il vivaismo</i>	168
	<i>Paesaggistica</i>	168
	<i>Pacciamatura</i>	168
	<i>Ripristino ambientale</i>	169
7.10.	Definizioni e abbreviazioni	170
8.	Digestione anaerobica (Fabrizio Adani e Marco Grigatti)	173
8.1.	La digestione anaerobica per la produzione di biogas	173
8.2.	Il processo di digestione anaerobica.....	173
8.2.1.	Fasi del processo di digestione anaerobica.....	175
8.2.2.	Parametri di processo	175
8.3.	Tipi di biomassa idonee alla digestione anaerobica e loro resa in biogas.....	178
8.3.1.	I reflui zootecnici	178
8.3.2.	Le colture dedicate.....	178
8.3.3.	I sottoprodotti e i rifiuti.....	181

Approfondimento – Sottoprodotti (D.Lgs. n. 152 del 2006)	p. 182
8.3.4. Tipologie impiantistiche e alcuni esempi di impianti.....	182
8.3.5. Inquadramento delle principali tipologie impiantistiche.....	183
8.3.6. I processi di digestione in continuo monostadio.....	183
8.3.7. Il digestato e le sue proprietà fertilizzanti.....	184
8.8. La digestione anaerobica e l'economia circolare.....	188
9. Pirolisi (Lea Piscitelli, Pellegrino Conte e Tanja Mimmo)	193
9.1. Cenni di trattazione	193
9.1.1. I processi di conversione termochimica delle biomasse	193
9.2. La Pirolisi.....	195
9.2.1. Cenni storici	195
9.2.2. Il processo di pirolisi	196
9.2.3. La reazione di pirolisi.....	198
9.2.4. Prodotti della pirolisi	200
Approfondimento – Il Biochar	202
9.3. Biomasse adoperabili per la pirolisi	203
Approfondimento – Il C durante il processo di pirolisi	205
9.4. La pirolisi e lo sviluppo sostenibile	206
9.4.1. I vantaggi.....	206
9.4.2. La pirolisi e la politica ambientale europea	206
9.4.3. La pirolisi e i principi di Economia circolare	207
9.4.4. La pirolisi e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.....	208
9.4.5. Aspetti di legislazione e certificazione dei prodotti	208
10. Bioraffineria (Lorenzo Bertin e Barbara Scaglia)	213
10.1. La bioraffineria: definizioni e “scala del valore” dei suoi prodotti	213
10.2. Le biomasse quali risorse per la bioraffineria	215
Approfondimento – Le biomasse di quarta generazione dal settore agro-alimentare.....	216
10.3. Aspetti legislativi attuali e gap normativi	217
10.4. I prodotti della bioraffineria	218
10.4.1. Molecole ad elevato valore aggiunto	218
10.4.2. Produzione di biopolimeri	219
10.4.3. Produzione di biocombustibili e prodotti per utilizzo agronomico	221
10.5. Le bioraffinerie quali realtà produttive e filiere da progettare	224
10.5.1. Le bioraffinerie nella UE	224
10.5.2. Esempio di bioraffineria 1: le buccette di pomodoro quale risorsa per la produzione di frazioni bioattive, energia e fertilizzanti.....	227
10.5.3. Esempio di bioraffineria 2: il materiale lignocellulosico come substrato per la produzione di acido levulinico, molecola “piattaforma” di origine biologica	228
11. Processi integrati (Giovanni Gigliotti e Federico Valentini)	231
11.1. I viaggi dell'integrazione dei processi.....	231
11.2. Il valore aggiunto del compostaggio	233

11.3. Il processo integrato e il ciclo del C.....	p. 234
11.4. Cessazione della qualifica di rifiuto del digestato	235
11.5. Biomasse in gioco	235
11.6. Tipologie di processo	236
11.7. Aspetti quantitativi	238
11.8. Aspetti legislativi.....	238
11.9. Aspetti di economia circolare	239

PARTE IV – ASPETTI QUALITATIVI E METODICHE ANALITICHE

12. Aspetti qualitativi (Valeria D’Orazio, Donato Mondelli e Fulvia Tambone).....	243
12.1. Il concetto di qualità	243
12.2. Proprietà fertilizzanti delle biomasse.....	244
<i>Funzione ammendante</i>	244
<i>Funzione fertilizzante</i>	246
12.2.1. Azoto	247
12.2.2. Fosforo, potassio, elementi secondari e microelementi.....	247
Approfondimento – Uso delle biomasse come fertilizzanti	248
12.3. Stabilità e maturità biologica.....	248
12.3.1. Respirazione.....	249
Approfondimento – Andamento dell’indice di respirazione durante la biostabiliz- zazione di una biomassa	250
12.3.2. Fitotossicità.....	251
Approfondimento – Test di fitotossicità con <i>Lactuca sativa</i> L.: dal laboratorio al pie- no campo.....	252
12.4. Aspetti ambientali.....	253
12.4.1. Inquinanti inorganici (vetro, plastiche, metalli pesanti).....	254
Approfondimento – Indagini geoelettriche per il monitoraggio ambientale.....	255
12.4.2. Inquinanti organici	256
12.4.3. Polveri (particolato)	257
Approfondimento – Natura e dimensioni del particolato atmosferico	257
12.5. Aspetti igienico-sanitari.....	258
12.5.1. Patogeni.....	258
12.5.2. Odori.....	259
13. Le metodiche analitiche (Gian Maria Beone, Luciano Cavani e Vito Armando Laudicina)	263
13.1. Il processo analitico e la qualità del dato.....	263
13.1.1. Il processo analitico.....	263
13.1.2. La qualità del dato	264
13.2. Metodiche analitiche per la caratterizzazione fisica	266
13.2.1. La densità reale e apparente.....	266
13.2.2. La porosità e la superficie specifica.....	267
13.3. Metodiche analitiche per la caratterizzazione chimica.....	269

13.3.1. Determinazione degli elementi della fertilità	p. 269
13.3.2. Determinazione degli elementi contaminanti inorganici	271
13.3.3. Determinazione degli elementi contaminanti di natura organica.....	273
13.4. Metodiche analitiche per la caratterizzazione biologica.....	275
13.4.1. Determinazione della stabilità e della maturità di una biomassa	275
13.4.2. Organismi indesiderati (indicatori biologici).....	276
13.4.3. Approcci biomolecolari per la caratterizzazione del microbioma.....	277
13.4.4. Test di accrescimento e di ecotossicità	278
Approfondimento – Cromo esavalente.....	278
Approfondimento – Isotopi stabili	279
Approfondimento – Idrocarburi.....	280

PARTE V – UTILIZZAZIONE AGRONOMICA ED IMPATTO SUL SISTEMA SUOLO-PIANTA

14. Aspetti agronomici (Andrea Baglieri, Antonio Gelsomino e Maria A. Rao).....	285
14.1. Reflui zootecnici	285
14.2. Fanghi di depurazione urbana.....	287
<i>Digestato</i>	290
<i>Compost</i>	294
<i>Biochar</i>	297
Approfondimento – Effetto dell’ammendamento con biomasse residuali sulla salute delle piante, la resa produttiva e la qualità del suolo	300
15. Aspetti biologici (Luigi Badalucco, Luciano Beneduce e Luigimaria Borruso)	303
15.1. L’evoluzione dei fertilizzanti e degli ammendanti organici.....	303
15.2. Il biochar	304
Approfondimento – Metodi per studiare la biodiversità dei suoli	307
15.3. Il compost.....	307
15.3.1. Impatto del compost sui processi biologici del suolo	307
15.3.2. Effetti dell’applicazione di compost sulle attività enzimatiche e sulla biomassa microbica del suolo	308
15.4. I fanghi.....	310
15.4.1. Effetti dei fanghi di depurazione sull’attività biologica del suolo.....	312
15.5. Il digestato	313
15.5.1. Effetto sulle comunità microbiche.....	314
15.5.2. Fattori di rischio che possono limitare l’impiego agronomico del digestato.....	316
16. Aspetti di C sequestration (Daniel Said-Pullicino, Riccardo Spaccini e Claudio Zaccone)	321
16.1. Il ruolo degli ammendanti organici nel sequestro del carbonio.....	321
16.2. Processi di stabilizzazione della sostanza organica esogena	323
<i>Decomposizione selettiva</i>	323
<i>Protezione fisica</i>	324

<i>Protezione chimica</i>	p. 324
16.3. Fattori che controllano l'accumulo di C in suoli ammendati	325
16.3.1. Proprietà chimiche della sostanza organica esogena	325
16.3.2. Proprietà edafiche	326
16.3.3. Uso e gestione del suolo	326
16.4. Il sequestro di C nelle strategie di policy	327
Approfondimento – Perdita di sostanza organica per mineralizzazione: esempio di stima.....	329
Approfondimento – Principali documenti sulle politiche di intervento a livello Europeo o internazionale inerenti alla gestione della SOM.....	330
17. Aspetti di remediation (Giovanni Garau, Elio Padoan e Costantino Vischetti)	333
Approfondimento – Concentrazione Soglia di Contaminazione.....	335
17.1. Le tecniche di risanamento e di bonifica di suoli contaminati	336
Approfondimento – Risanamento ambientale <i>in situ</i> ed <i>ex situ</i>	337
Approfondimento – Mobilità, biodisponibilità e bioaccessibilità dei PTE in suoli contaminati	337
17.1.1. Tecniche di contenimento e stabilizzazione della contaminazione.....	338
17.1.2. Tecniche di decontaminazione	340
17.2. Utilizzo di prodotti derivati dalla trasformazione di biomasse per il risanamento di suoli contaminati da PTE.....	343
17.2.1. Influenza delle biomasse sulla mobilità e biodisponibilità di elementi potenzialmente tossici (PTE) in suoli contaminati.....	343
17.2.2. Influenza delle biomasse su struttura e funzione delle popolazioni microbiche in suoli contaminati	345
17.2.3. Influenza delle biomasse sulle attività biologiche (e.g. attività enzimatiche) in suoli contaminati da PTE	346
Approfondimento – Le attività enzimatiche nel suolo	346
17.2.4. Impiego di biomasse per il fitorisanamento assistito di suoli contaminati da PTE.....	347
17.2.5. Influenza delle biomasse sulla bioaccessibilità dei PTE in suoli contaminati	347
17.3. Utilizzo di biomasse per il bio-risanamento da agrofarmaci	348
17.3.1. Influenza di ammendanti organici sul destino degli agrofarmaci nel suolo	348
17.3.2. Utilizzo di biofiltri organici (biobeds) per la depurazione da agrofarmaci di acque agricole provenienti dal lavaggio delle attrezzature utilizzate per i trattamenti e/o dal lavaggio di vegetali	350
17.3.3. Utilizzo di biochar per il risanamento delle acque sia di lavaggio sia di falda da agrofarmaci e antibiotici.....	351
Indice analitico	355
Notizie sugli autori e le autrici	363