

1.

Introduzione

Le acque reflue sono tutte quelle acque la cui qualità è stata pregiudicata dall'azione antropica, in seguito al loro utilizzo in attività domestiche, industriali e agricole, diventando quindi inadatte ad un loro impiego diretto. Queste acque di scarico, in base alla loro origine, sono contaminate da differenti tipologie di sostanze organiche ed inorganiche pericolose per la salute e per l'ambiente. Per tale ragione non possono essere ricondotte nell'ambiente, se non dopo aver subito un processo di depurazione; dal momento che i recapiti finali, quali il terreno, il mare, i fiumi ed i laghi, non sono in grado di ricevere una quantità di sostanze inquinanti superiore alla propria capacità autodepurativa, senza che i normali equilibri dell'ecosistema vengano compromessi.

Nel caso particolare, i reflui di cantina, derivanti dal processo di vinificazione, anche se principalmente costituiti da sostanze inquinanti organiche non tossiche, possono rivelarsi, se immessi nell'ambiente in modo incontrollato, assai dannosi per la fauna e la flora acquatica.

Più del 20% della produzione enologica è costituita da residui solidi di varia natura e il processo stesso di vinificazione genera volumi di residui liquidi tali da essere superiori a quelli di vino finito (3-4 litri d'acqua ogni litro di vino).

Considerando la spiccata stagionalità che caratterizza tali reflui (la maggior parte delle cantine italiane è di tipo vitivinicolo: produzione che seguendo l'intero iter di vinificazione, dall'uva al vino finito, è soggetta a ritmi stagionali altalenanti), rendere questi scarichi compatibili con l'ambiente diventa fondamentale per tutte le realtà aziendali, siano esse rappresentate da piccoli produttori che da grandi stabilimenti.

2. Depurazione dei reflui enologici

Lo scopo dell'iter di depurazione è quello di recuperare e ripristinare le acque di scarico in modo da renderle accettabili per l'emissione ultima.

Le principali fonti inquinanti possono essere classificate in due categorie: naturali e antropiche.

Il processo di vinificazione genera una serie di residui divisi in solidi e liquidi. I primi, provenienti dalle operazioni di pigiatura, diraspatura, travaso e filtrazione, sono costituiti da vinacce, raspi, fecce e sali di bitartrato. Per la maggior parte vengono smaltiti tramite combustione o compostaggio, ma i restanti possono essere riutilizzati nelle attività agricole.

È necessario, però, evidenziare che la parte più consistente dei reflui è costituita dalle acque per lavaggio dei locali e delle attrezzature e per il funzionamento e la pulizia degli impianti; ma anche dalle acque degli scarichi dei servizi e dei laboratori d'analisi.

Tab.: Principali fonti di scarico idrico

Lavorazione	Scarichi idrici	Caratteristiche qualitative
Ammostamento/Vinificazione	Lavaggio filtri	Inquinante
	Lavaggio vasche	Inquinante
	Scarico pompe filtri vuoto	Inquinante
	Lavaggio attrezzature e locali	Inquinante
Spumantizzazione	Lavaggio filtri	Inquinante
	Lavaggio vasche	Inquinante
	Lavaggio attrezzature e locali	Inquinante
Recupero bottiglie	Lavaggio bottiglie	Inquinante
Imbottigliamento	Pastorizzazione a piastre	Non inquinante
	Risciacquo bottiglie	Non inquinante
	Lavaggio attrezzature e locali	Inquinante
	Lavaggio filtri sterili	Inquinante
Servizi generali	Torri evaporative	Non inquinante
	Rigenerazione resine	Non inquinante
	Raffreddamento condensatori	Non inquinante

2.1. Normativa vigente sullo smaltimento dei reflui

Per salvaguardare l'ambiente si è reso necessario legiferare ponendo dei limiti e delle linee guida per la corretta gestione dei reflui.

Il Decreto Legislativo 10 maggio 1976, n. 319 (Legge Merli) pose fine all'incertezza che dilagava nell'ambito dei corpi idrici. Vennero fissati i limiti di accettabilità delle concentrazioni e delle caratteristiche delle acque depurate. Tale normativa, estesa a livello nazionale, impose una cinquantina di parametri inerenti inquinamento di tipo:

- fisico (temperatura, colore, odore, materiali grossolani, ecc.);
- chimico (metalli e non metalli, composti dell'azoto, del fosforo, dello zolfo, ecc.);
- biologico (coliformi totali, coliformi e streptococchi fecali).

In ottemperanza alle direttive 91/27/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, l'11 maggio 1999 la pubblicazione del Decreto Legislativo 152 sostituì il criterio di qualità dello scarico della Legge 319/76 attraverso il principio fondamentale di tutela del corpo idrico recettore: oltre a valutare gli effetti combinati dei diversi scarichi, stabili dei limiti di accettabilità per gli scarichi e di qualità per i corpi idrici.

Tra gli obiettivi del D.Lgs. 152/99 possono dunque essere elencati la tutela degli aspetti quantitativi e qualitativi dell'acqua, la difesa degli ecosistemi, il ripristino e la messa in sicurezza dei luoghi interessati da danni ambientali e, infine, la disciplina di ogni tipo di scarico in acque superficiali, suolo e sottosuolo.

A un anno circa dalla sua entrata in vigore, il D.Lgs. 152/99 è stato oggetto di revisione e integrazione ad opera del D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258. Le modifiche apportate hanno risolto alcuni dubbi interpretativi sorti e hanno apportato sanzioni e prescrizioni più rigide. Inoltre, è stata ampliata la lista delle sostanze pericolose. Con la Direttiva 2000/60/CEE è stata introdotta la suddivisione del territorio nazionale in bacini e distretti idrografici che tengono conto della dimensione europea di alcuni corsi d'acqua.

Attualmente la legislazione degli scarichi urbani, industriali o agricoli in Italia, è disciplinata dal Testo Unico Ambientale Decreto Legislativo n. 152 del 03/04/2006 agli artt. 100-108 "Tutela qualitativa della risorsa: disciplina degli scarichi"; e successive modifiche e integrazioni: 3/12/2010 n. 205.

Con l'insieme dei decreti sopracitati si vuole testimoniare il passaggio da una politica di repressione e riduzione dell'inquinamento a una politica di prevenzione, la quale implica l'uso razionale e ponderato delle risorse naturali, e si pone come obiettivo il raggiungimento di un sistema produttivo a minor impatto ambientale e la promozione dello sviluppo sostenibile.

La tabella che segue riporta i requisiti relativi ad alcuni limiti di emissioni nelle acque reflue ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Tab.: Requisiti di alcuni limiti di emissione di acque reflue in base al diverso ambito di scarico (D.Lgs. 152/2006)

PARAMETRO	SCARICO IN ACQUE SUPERFICIALI	SCARICO IN RETE FOGNARIA
pH	5,5 - 9,5	5,5 - 9,5
BOD ₅	≤ 40 mg O ₂ /l	≤ 250 mg O ₂ /l
COD	≤ 160 mg O ₂ /l	≤ 500 mg O ₂ /l
Elementi e composti chimici	Dato il numero elevato si rimanda alla normativa	
<i>Escherichia coli</i>	Limite fissato in sede di autorizzazione dello scarico,consigliato: non > 5000 UFC/100 ml	
Saggio di tossicità su <i>Daphnia magna</i> (piccolo crostaceo)	Il campione non è accettabile se dopo 24 h il numero degli organismi immobili è ≥ del 50% del totale	Il campione non è accettabile se dopo 24 h il numero degli organismi immobili è ≥ del 80% del totale

3. Costituenti delle acque reflue

Costituenti presenti nelle acque reflue

Parametri chimici, fisici e biologici vengono acquisiti per fornire informazioni sulle principali caratteristiche che descrivono un refluo: proprietà e composizione. Spesso i fattori fisici interagiscono modificando quelli di carattere chimico: ne sono esempi la temperatura e il pH che influenzano l'attività biologica e la quantità di gas disciolti nel mezzo.

Costituenti che interessano il trattamento di depurazione dei reflui

È essenziale sottolineare come alcuni elementi che compongono il refluo, necessitino di più trattamenti per rispettare i limiti imposti dalle attuali normative. Inoltre, nel caso in cui le acque di scarico debbano essere riutilizzate, si richiede una ulteriore fase di trattamento atta alla rimozione dei composti organici recalcitranti la degradazione biologica, dei metalli pesanti e dei solidi inorganici disciolti.

Tab.: Principali costituenti di interesse nel processo di depurazione del refluo

Costituente	Importanza
Solidi Sospesi	I solidi sospesi possono dar luogo a depositi di fanghi e a condizioni anaerobiche quando nell'ambiente acquatico si scaricano acque reflue non trattate
Sostanze organiche biodegradabili	Costituiti per la maggior parte da carboidrati, grassi e proteine, i composti organici biodegradabili, possono innescare, se emessi senza trattamento, fenomeni di degradazione biologica, causando consumo di ossigeno e setticità negli ambienti acquatici
Patogeni	Se presenti nelle acque, gli agenti patogeni possono veicolare malattie e partecipare alla loro propagazione
Nutrienti	Azoto, fosforo e carbonio, rappresentano i nutrienti essenziali alla crescita
Inquinanti prioritari	Composti organici ed inorganici caratterizzati in base alle loro reali o ipotizzate potenzialità cancerogene, mutagene, teratogeniche o di elevata tossicità acuta
Sostanze organiche refrattarie	Sostanze che non vengono rimosse con i convenzionali metodi di trattamento. Tra questi i pesticidi utilizzati in agricoltura
Metalli pesanti	La presenza di metalli pesanti nei reflui è ricollegabile ad attività di tipo commerciale e industriale. La loro rimozione si rende necessaria ai fini del riuso dei reflui stessi
Sostanze inorganiche disciolte	Costituenti inorganici quali calcio, sodio e solfati. La loro rimozione risulta necessaria ai fini del riutilizzo dei reflui trattati

4. Trattamenti biologici

Vengono ora descritti gli obiettivi conseguibili attraverso i trattamenti biologici, la classificazione e il ruolo dei microrganismi presenti nelle acque reflue, nonché i processi biologici utilizzati per la depurazione.

4.1. Obiettivi

Gli obiettivi generali conseguibili attraverso il trattamento biologico dei reflui, risultano essere:

1. La trasformazione/ossidazione dei costituenti biodegradabili, resi compatibili con l'ambiente;
2. L'intercettazione dei solidi colloidali sospesi e non sedimentabili e il loro inglobamento all'interno dei fiocchi biologici o del biofilm;
3. La conversione o la rimozione di nutrienti quali azoto e fosforo che possono stimolare la crescita di piante acquatiche;
4. La rimozione di specifici composti organici ed inorganici che potrebbero risultare tossici.

4.2. Tipologie di processo biologico

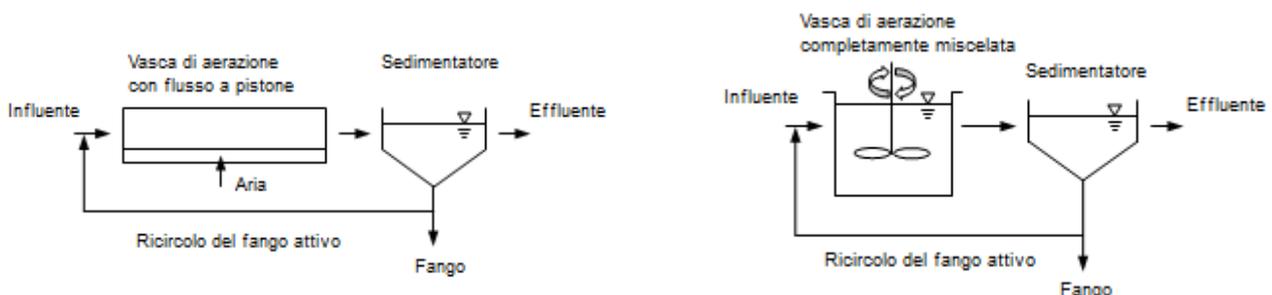
I principali processi biologici impiegati per la lavorazione dei reflui, possono essere classificati in due categorie: processi a *biomassa sospesa* e processi a *biomassa adesa* (o in biofilm).

Processi a biomassa sospesa

Nei processi a biomassa sospesa, i microrganismi responsabili del trattamento sono mantenuti in sospensione nel liquido tramite idonei sistemi di miscelazione. Questi processi possono essere svolti sia in condizioni aerobiche che anaerobiche.

Il processo a biomassa sospesa più comunemente impiegato è il processo a *fanghi attivi*. Tale trattamento porta alla formazione di una massa attiva di microrganismi capaci di stabilizzare un refluo in aerobiosi. Nella vasca di aerazione avviene la miscelazione e l'aerazione del liquame e della sospensione microbica: questo procedimento, per un tempo sufficiente, fa avvenire le reazioni degradative. Un sistema meccanico garantisce la miscelazione e il trasferimento dell'ossigeno al processo. La miscela aerata, così ottenuta, passa al sedimentatore dove, una volta sedimentata, la sospensione microbica ispessisce. La biomassa sedimentata (*fango attivo*) viene ricircolata alla vasca di aerazione per proseguire nella biodegradazione della sostanza organica contenuta nel liquido in entrata (*influyente*). Una frazione dei solidi ispessiti viene periodicamente rimossa per evitare produzioni di biomassa in esubero rispetto alle esigenze depurative o, peggio, rinvenimenti di solidi nel liquido in uscita (*effluente*).

Tipico del processo a fanghi attivi è la formazione di particelle fiocose, con dimensioni atte alla rimozione con sedimentazione per gravità (50-200 μm), così da determinare un liquido relativamente chiarificato. Generalmente, più del 99% dei solidi sospesi può essere rimosso attraverso la fase di chiarificazione.



(a)

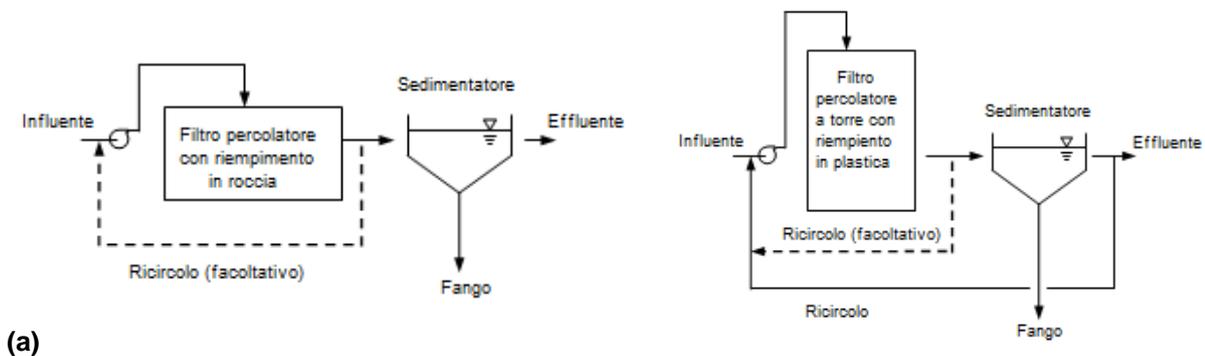
(b)

Schema del processo a fanghi attivi con flusso a pistone (a) e schema del processo a fanghi attivi in regime completamente miscelato (b).

Processi a biomassa adesa

Nei processi a biomassa adesa, i microrganismi responsabili della trasformazione della sostanza organica o dei nutrienti sviluppano su di un supporto, il quale costituisce il materiale di riempimento di natura inerte. La sostanza organica ed i nutrienti vengono rimossi dal refluo che si trova a scorrere al di sopra della biomassa adesa (*biofilm*). Il materiale di riempimento può essere costituito da roccia, ghiaia, sabbia, scoria, sequoia, o da materiale plastico o comunque sintetico. I processi a biomassa adesa possono essere svolti sia in aerobiosi che in anaerobiosi. Il riempimento può essere completamente sommerso dal liquido oppure solo parzialmente sommerso, e in questo caso lo spazio che si trova al di sopra dello strato di biofilm liquido viene occupato da aria o da altri gas.

Il processo aerobico a biomassa adesa più comunemente utilizzato è rappresentato dai *filtri percolatori*, al cui interno il refluo viene distribuito al di sopra dell'area sommitale di un contenitore, nel quale risiede il materiale di riempimento che, in questo modo, risulta non sommerso. Il riempimento, storicamente in roccia, ma attualmente composto da materiale plastico, è organizzato in modo tale da garantire che circa il 90-95% del volume sia costituito da spazi vuoti. La circolazione dell'aria in tali spazi, sia per drenaggio naturale che per aerazione forzata, assicura il rifornimento dell'ossigeno necessario ai microrganismi per crescere mantenendo la forma adesa. Periodicamente la biomassa in eccesso si distacca dal biofilm disperdendosi nell'effluente; tramite la successiva sedimentazione si ha la separazione solido/liquido, tale da determinare un effluente finale con una concentrazione di solidi sospesi confacente ai requisiti normativi. I solidi distaccati si dispongono sul fondo del sedimentatore, da cui vengono regolarmente rimossi per essere inviati ai trattamenti riservati ai fanghi di spurgo.



Schema del filtro percolatore con riempimento in roccia (a) e schema del filtro percolatore a torre con riempimento in materiale plastico (b).

4.3. Classificazione e ruolo dei microrganismi

I microrganismi (alghe, funghi e protozoi, ma in particolare batteri saprofiti) vengono impiegati per la stabilizzazione della sostanza organica presente nei reflui per via biologica. Vengono infatti usati per ossidare (trasformare) la sostanza organica solubile e particolata di tipo carbonioso in prodotti finali semplici ed in ulteriore biomassa. Inoltre, i microrganismi sono impiegati anche per la rimozione dell'azoto e del fosforo.

Alcuni batteri specifici sono in grado di ossidare l'ammoniaca (nitrificazione) a nitriti e quindi a nitrati, mentre altri batteri possono ridurre l'azoto ossidato ad azoto gassoso. Per quanto concerne la rimozione del fosforo, i processi biologici vengono realizzati in modo tale da favorire la crescita di alcuni particolari batteri, i quali hanno la capacità di prelevare il fosforo inorganico e di accumularlo in quantità elevate all'interno delle loro cellule. La biomassa si deposita nel fondo sedimentando: viene così rimossa dal liquido depurato. Se la biomassa prodotta dalla degradazione della sostanza organica non viene allontanata con periodicità, non si consegue il trattamento completo del refluo. Pertanto, se non viene eseguita la rimozione della biomassa dal liquido depurato, l'unico trattamento conseguito è quello associato alla ossidazione batterica della sostanza organica originariamente presente nel refluo.

La comunità microbica presente in vasca è eterogenea; ciò porta a notevoli miglioramenti delle caratteristiche di qualità degli effluenti.

Fra le diverse specie rivestono un ruolo notevole i *Protozoi* (flagellati, amebe, ciliati) e i *Metazoi* (rotiferi, nematodi).

Zooflagellati: resistono in mezzi poco ossigenati, sono i primi a svilupparsi e sono caratteristici dei fanghi giovani.

Amebe: la loro presenza è indice di cattiva ossigenazione.

Ciliati: sono molto numerosi in ogni tipo di trattamento aerobico dei liquami.

Sulla base del loro comportamento possono essere distinti in tre gruppi funzionali:

- *natanti*: nuotano nella frazione liquida e rimangono in sospensione nella vasca di sedimentazione, non hanno alcun legame con il fiocco di fango;
- *mobili di fondo*: abitano la superficie del fiocco di fango su cui si spostano;
- *sessili*: sono stabilmente fissati mediante un peduncolo al fiocco di fango e precipitano con esso durante la sedimentazione.

Tra gli organismi superiori pluricellulari i *Rotiferi*, molto sensibili alle sostanze tossiche e alle improvvise variazioni della composizione del refluo, si moltiplicano in fanghi secchi, purché ben ossigenati. I *Nematodi*, al contrario, sono caratteristici di fanghi vecchi ormai in via di mineralizzazione.

I batteri vengono, inoltre, classificati, in funzione dell'intervallo di temperatura all'interno del quale operano nel modo migliore, in *psicrofili*, *mesofili* e *termofili*.

Tipo	Intervallo di temperatura, °C	Intervallo ottimale, °C
Psicrofili	10-30	12-18
Mesofili	20-50	25-40
Termofili	35-75	55-65

Anche il pH dell'ambiente svolge un ruolo importante ai fini della crescita dei microrganismi. La maggior parte dei batteri non può sopportare valori di pH superiori a 9,5 o inferiori a 4,0. Generalmente il valore ottimale di pH ai fini della crescita batterica si attesta a valori compresi tra 6,5 e 7,5.

Vi sono anche alcuni archibatteri in grado di crescere in condizioni termofili ed ultratermofili (da 60 a 80 °C), a valori estremamente bassi di pH e in presenza di elevata salinità.

Le cellule batteriche possono essere allevate su mezzo nutriente. Queste culture subiscono alcuni test capaci di determinare la tipologia di microrganismo:

- Osservazione al microscopio, per determinare la morfologia (dimensioni e forma);
- Colorazione gram, per determinare se la parete cellulare assorbe o meno il colore viola cristallino (diversa conformazione della parete);
- Tipo di accettore di elettroni (O₂, CO₂, ecc.) usato nelle reazioni di ossido-riduzione;
- Natura della fonte di carbonio impiegata per la crescita cellulare;
- Capacità di utilizzare diverse fonti di azoto e di zolfo;
- Richieste nutrizionali;
- Composizione chimica della parete cellulare;
- Caratteristiche della cellula, compresi i pigmenti, i segmenti, le inclusioni cellulari, ed i prodotti di stoccaggio;
- Resistenza agli antibiotici;
- Effetti della temperatura e del pH.

5. Depurazione delle acque di cantina: le fasi

Gli impianti di depurazione sono costituiti da una sequenza di manufatti generalmente realizzati in calcestruzzo armato, ognuno con specifiche funzioni, nei quali viene attuata la depurazione dei reflui. L'impianto di trattamento si distingue, solitamente, in due linee specifiche:

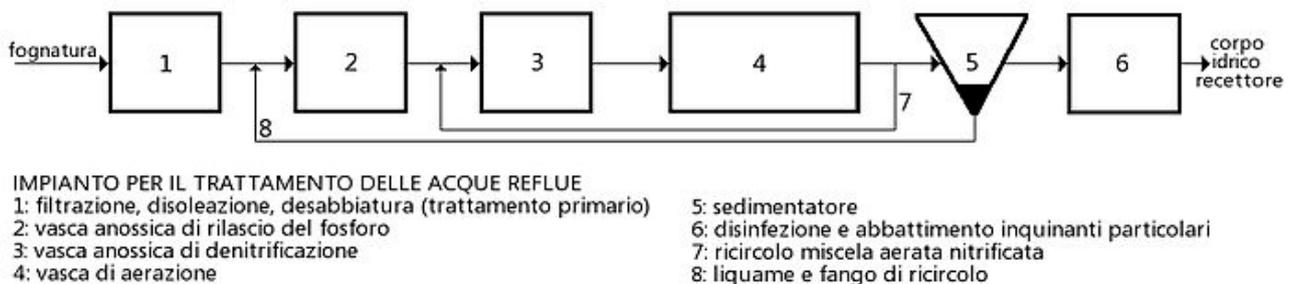
- la linea acque;
- la linea fanghi.

Nella linea acque vengono trattati i liquami grezzi e di regola comprende tre stadi, chiamati:

- **trattamento primario:** un processo di tipo fisico impiegato per la rimozione delle sostanze organiche sedimentabili più grossolane contenute nel liquame, comprende: la grigliatura, la dissabbiatura, la sgrassatura, l'equalizzazione/omogeneizzazione e la sedimentazione primaria;
- **trattamento secondario:** un processo di tipo biologico impiegato per la rimozione delle sostanze organiche sedimentabili e non sedimentabili contenute nel liquame. Comprende l'aerazione e la sedimentazione secondaria;
- **trattamento terziario:** realizzato sull'effluente in uscita dalla sedimentazione secondaria, consente di ottenere un ulteriore affinamento del grado di depurazione. Comprende trattamenti speciali per abbattere il contenuto di quelle sostanze che non vengono eliminate durante i trattamenti primari e secondari.

Nella linea fanghi vengono trattati i fanghi prodotti durante le fasi di sedimentazione previste nella linea acque. Con tale linea si procede a eliminare l'elevata quantità di acqua contenuta nei fanghi e ridurne il volume, nonché stabilizzare (rendere imputrescibile) il materiale organico e distruggere gli organismi patogeni presenti, così da rendere lo smaltimento finale meno costoso e meno dannoso per l'ambiente.

L'effluente finale trattato viene convogliato in una condotta (*emissario*), con recapito finale le acque superficiali (corsi d'acqua, mare, ecc.), incisioni o lo strato superficiale del terreno (es. trincee drenanti). L'effluente finale può anche essere usato per l'irrigazione o nell'industria.



Schema di un impianto di trattamento delle acque reflue.

5.1. Pretrattamenti meccanici e trattamento primario

I trattamenti primari consistono in:

- grigliatura/stacciatura
- dissabbiatura
- disoleatura
- equalizzazione e omogeneizzazione
- sedimentazione primaria

I primi quattro sono considerati trattamenti preliminari o pretrattamenti meccanici. Vengono svolti a monte dell'impianto, in quanto permettono la rimozione di materiali e sostanze che per loro natura e dimensione rischiano di danneggiare le attrezzature poste a valle e di compromettere l'efficienza dei successivi stadi di trattamento.

5.1.1. Grigliatura/ stacciatura

La grigliatura costituisce un'operazione di filtrazione meccanica grossolana che ha l'obiettivo di trattenere solidi grossolani non sedimentabili (stracci, plastica, ecc.) e solidi grossolani sedimentabili (ghiaia, ecc.). Questo pretrattamento è sempre necessario, perché l'eliminazione selettiva di tali materiali evita eventuali accumuli e ostruzioni dell'impianto, oltre a migliorare la qualità dei fanghi prodotti, specialmente se da utilizzare in agricoltura.

La griglia viene installata, con una pendenza 1:3, internamente al canale di arrivo all'impianto, alimentato dal collettore terminale della fognatura. Tale canale in corrispondenza della griglia si allarga di una certa aliquota, così da mantenere la velocità dell'acqua a valle prossima a quella che si ha nel tratto a monte della griglia. La velocità di attraversamento della griglia non deve essere troppo bassa per non favorire la sedimentazione a monte della stessa, ma neanche troppo elevata per non incrementare le perdite di carico.

A seconda dell'interasse tra le barre, le griglie si suddividono in:

- grossolane - interasse di 5÷10 cm;
- medie - interasse di 2,5÷5 cm;
- sottili - interasse di 1÷2,5 cm.

Di regola la prima fase del trattamento preliminare prevede una grigliatura grossolana seguita da un'altra più fine.

In base al sistema di pulizia vengono classificate invece in:

- manuali: utilizzati principalmente per griglie grosse e per piccoli impianti dove la quantità di solidi grigliabili è da ritenersi trascurabile e/o quando le operazioni di pulizia non risultano troppo onerose;
- meccaniche: in tutti gli altri casi.

Il materiale grigliato viene raccolto in un cassonetto per poi essere avviato allo smaltimento finale. Oltre alla griglia ci si può avvalere degli sminuzzatori, i quali, dopo aver triturato il materiale grigliato, lo reintroducono a monte della griglia stessa.

Per quanto riguarda la stacciatura, il funzionamento degli stacci è simile a quello delle griglie salvo che per le minori dimensioni dei passaggi liberi che di norma caratterizzano gli stacci.

5.1.2. Dissabbiatura

La dissabbiatura viene prevista per l'allontanamento di terricci e altri materiali inorganici di diametro >0,2 mm presenti in sospensione nelle acque di rifiuto (quali ad esempio pezzetti di vetro e di metallo, sassolini ed in genere tutti i materiali pesanti ed abrasivi), i quali potrebbero causare inconvenienti: abrasioni nelle apparecchiature meccaniche mobili (es. pompe), intasamenti di tubazioni e canali, accumuli nei digestori e nelle tramogge delle vasche di sedimentazione, ecc.

La dissabbiatura avviene in vasche in calcestruzzo armato (*dissabbiatori*) percorse dal liquame ad una velocità tale da provocare la decantazione dei materiali solidi trascinati in sospensione sfruttando la forza di gravità.

5.1.3. Disoleazione

La disoleazione o sgrassatura viene introdotta nel ciclo depurativo, a valle delle griglie e dei dissabbiatori, quando sia accertato che oli e grassi siano presenti nei reflui in quantità tali da influenzare negativamente i trattamenti successivi, soprattutto con riferimento ai trattamenti biologici. Le sostanze oleose, infatti, tendono a rivestire con un sottile velo le materie biologiche impedendo così il contatto di queste con l'ossigeno e di conseguenza l'ossidazione.

A volte la disoleazione ha lo scopo di recuperare gli oli e i grassi presenti nei reflui al fine del loro riutilizzo. Il trattamento di disoleazione si fonda sul minor peso specifico dei grassi e oli rispetto all'acqua, che ne consente la risalita in superficie.

5.1.4. Equalizzazione ed omogeneizzazione

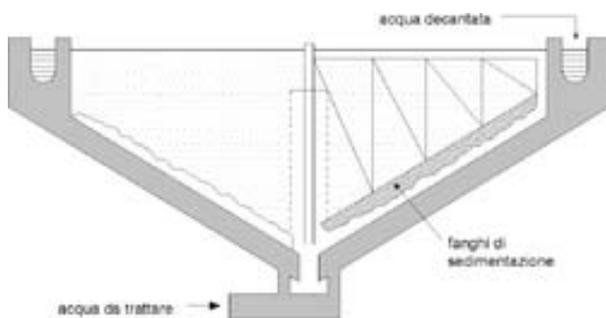
Qualora in ingresso all'impianto di depurazione si avesse una portata e/o un carico inquinante variabile, il liquame può essere oggetto di un trattamento di:

- equalizzazione per livellare le punte di portata;
- omogeneizzazione per livellare le punte di inquinamento.

Ciò, al fine di garantire ai successivi trattamenti di depurazione un liquame a portata e carico organico sufficientemente costanti.

In questo caso il liquame viene fatto confluire in una vasca di capacità tale da assicurare lo smorzamento dei picchi idraulici e di carico organico. La vasca di accumulo è dimensionata in modo tale da garantire al liquame un idoneo tempo di residenza. Durante lo stazionamento nella vasca il refluo subisce un energico trattamento di agitazione, che garantisce l'omogeneizzazione del liquame, e di aerazione, per impedire l'instaurarsi di condizioni settiche.

5.1.5. Sedimentazione primaria



Schema di una vasca di decantazione a pianta circolare.

La sedimentazione primaria si svolge in vasche al cui interno si attua la decantazione per la separazione dei solidi sospesi sedimentabili, ottenendo una riduzione del BOD₅ intorno al 30%, la rimozione del restante 70% è rimessa al successivo trattamento biologico.

Le vasche di sedimentazione sono di norma poco profonde e comunque non meno di 1,80 m, questo per evitare che il vento possa sollevare i fanghi già depositati. Non devono essere né troppo corte, per non dar luogo ad un cortocircuito tra l'entrata e l'uscita dei liquami (cioè evitare che parte dei liquami possa effettuare un percorso dentro la vasca diverso da quello previsto, con riduzione del tempo effettivo di permanenza), né troppo larghe per non favorire la formazione di spazi morti in prossimità degli angoli. Le vasche vengono dimensionate per garantire un tempo di permanenza del liquame compreso fra 1 e 3 ore.

5.2. Trattamento secondario o ossidativo

I liquami, ancora torbidi a causa delle sospensioni colloidali e putrescibili, subiscono il trattamento secondario (o ossidativo o biologico), nel quale le sostanze organiche vengono prima ossidate, ossia rese imputrescibili, e successivamente rimosse.

Il trattamento ossidativo, il più importante di tutto il ciclo di depurazione, si basa sulla capacità di alcune popolazioni di microrganismi aerobi, naturalmente contenute nei reflui, di utilizzare come nutriente per il proprio metabolismo il contaminante organico. Durante l'ossidazione dei liquami da parte di questi batteri, le sostanze colloidali organiche sono rese fioccosi per essere facilmente rimosse mediante sedimentazione.

Questo trattamento prevede:

- aerazione: rimozione delle sostanze organiche tramite ossidazione batterica aerobica;
- sedimentazione secondaria.

Mediante l'aerazione (o ossidazione biologica), i solidi sospesi non sedimentabili e quelli disciolti biodegradabili vengono convertiti in fanghi sedimentabili e quindi separati tramite decantazione.

La sedimentazione secondaria ha la funzione di eliminare i fanghi sedimentabili prodotti nella fase di aerazione.

Per l'ossidazione biologica si utilizzano più tecniche, le tradizionali sono:

- gli impianti a letti percolatori (o a filtri percolatori);
- gli impianti a fanghi attivati (o biologici): attualmente è il sistema più utilizzato in virtù della sua alta efficienza (>90% di abbattimento del BOD).



Letto percolatore.



Impianto a fanghi attivati con micro bolle.

5.2.1. Fase ossidativa

Questo trattamento avviene nella vasca (o vasche) di ossidazione e prevede un'abbondante aerazione, in quanto i batteri, presenti nel refluo stesso, hanno bisogno di O_2 per degradare la sostanza organica biodegradabile presente, e più è alto il carico organico e maggiore sarà la richiesta di O_2 da parte dei batteri aerobi. La turbolenza interna del refluo, che si viene a creare in seguito all'ossigenazione della vasca, non deve superare un certo livello per evitare la distruzione dei fiocchi di fango e la conseguente morte dei microrganismi che lo abitano.

L'aerazione del liquame può essere effettuata attraverso:

- aerazione meccanica;
- insufflamento d'aria;
- insufflamento di O_2 .

Durante questa fase hanno luogo numerose reazioni di biodegradazione della materia organica biodegradabile, con formazione, a partire da composti organici complessi, di composti inorganici semplici: CO_2 , H_2O , NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- .

I batteri sono naturalmente selezionati dalle condizioni dell'ambiente in cui si trovano, tanto che in ambienti ad alta concentrazione di proteine avremo generi di *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, in ambienti ricchi di carboidrati troveremo *Pseudomonas*, e in ambienti poveri in O_2 e in sostanze organiche avremo *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*.

5.2.2. Sedimentazione secondaria

La sedimentazione secondaria segue la fase ossidativa e ha il compito di separare la fase solida costituita dai fanghi biologici dal resto del refluo chiarificato o trattato.

Infatti, dopo un'opportuna permanenza nella vasca di ossidazione, i fanghi biologici (o attivi) passano al sedimentatore secondario dove, sedimentando, si separano dal refluo trattato o chiarificato. Sul fondo del sedimentatore secondario si trovano i fanghi biologici sedimentati, mentre sopra si trova il refluo chiarificato o trattato, ovvero l'acqua trattata.

I fanghi secondari sono costituiti principalmente da biomassa e sono formati da:

- la frazione dei solidi sospesi sedimentabili che è sfuggita alla sedimentazione primaria;
- i solidi prodotti nel reattore biologico costituiti da:

- i solidi sospesi non sedimentabili e non biodegradabili: cioè quelle sostanze che non vengono attaccate dai batteri ma rimangono comunque incorporate nella biomassa;
- i solidi sospesi non sedimentabili biodegradabili: cioè quelle sostanze colloidali che vengono attaccate dai batteri e da questi trasformate in biomassa;
- i solidi disciolti biodegradabili: cioè quelle sostanze disciolte che vengono attaccate dai batteri e da questi trasformate in biomassa.

Da qui, il refluo chiarificato o trattato (linea acque) subirà ulteriori trattamenti come la denitrificazione, la defosfatazione e la disinfezione.

Il fango biologico sedimentato (linea fanghi) può intraprendere vie diverse: può essere immesso nuovamente nella vasca di ossidazione, può essere immesso in parte nel primo sedimentatore per migliorare le caratteristiche dei fanghi primari, può essere immesso nella vasca di denitrificazione, può essere immesso nella vasca di defosfatazione, può subire l'ispessimento, la digestione, e altri trattamenti finalizzati allo smaltimento a norma di legge.

5.3. Trattamento terziario

Viene applicato all'effluente proveniente dal trattamento secondario, quando lo scarico finale deve subire un ulteriore abbattimento del carico inquinante, che diversamente sarebbe incompatibile con il recapito finale prescelto.

Il trattamento terziario (o avanzato) consiste principalmente nell'eliminazione di azoto (denitrificazione) e fosforo (defosfatazione), che possono provocare fenomeni di eutrofizzazione (condizione di ricchezza di sostanze nutritive in un dato ambiente, in particolare una sovrabbondanza di nitrati e fosfati, con conseguente eccessivo sviluppo dei vegetali in ambiente acquatico) e anossia (diminuzione o totale eliminazione dell'ossigeno a livello cellulare) di corpi idrici ricettori e tossicità per la vita acquatica.

I trattamenti terziari possono essere anche di tipo biologico.

Fanno parte di questa fase:

- trattamenti chimico-fisici (chiariflocculazione);
- trattamenti meccanici (filtrazione su carboni attivi o su filtri a sabbia);
- trattamenti biologico-naturali (fitodepurazione, lagunaggio);
- trattamenti biologici (nitrificazione, denitrificazione e defosfatazione);
- trattamenti di disinfezione.

5.3.1. Abbattimento dell'azoto totale

L'azoto nelle acque di scarico può essere presente in diverse forme:

- azoto organico;
- azoto ammoniacale;
- azoto nitroso;
- azoto nitrico.

L'eliminazione dei composti azotati dai reflui avviene mediante due fasi:

- la nitrificazione;
- la denitrificazione.

Nei reflui in arrivo nell'impianto, una buona parte delle sostanze organiche a base d'azoto, se completamente biodegradata, è riscontrabile sotto forma di ammonio (NH_4^+), mentre ai fini della denitrificazione servono soprattutto i nitrati (NO_3^-).

Di conseguenza, per attuare la rimozione completa delle sostanze azotate, è necessario effettuare una nitrificazione preventiva (che avviene principalmente nella vasca di aerazione) mediante la quale, in condizioni aerobiche e in presenza di O_2 , avviene l'ossidazione biologica di NH_4^+ a NO_2^- (nitrito) e di NO_2^- a NO_3^- (nitrato).

Successivamente, nella vasca non ossigenata (o anossica) di denitrificazione, i nitrati (NO_3^-) vengono convertiti in azoto molecolare gassoso (N_2) dai batteri anaerobi.

Nitrificazione

La nitrificazione può essere attuata nella vasca di ossidazione (o aerazione). Viene effettuata da batteri autotrofi litotrofi aerobici (sono circa il 4% dei batteri totali presenti nel fango) capaci di servirsi, per la sintesi cellulare, di carbonio inorganico (CO_2) e di trarre l'energia necessaria alla crescita e al metabolismo dall'ossidazione di NH_4^+ a NO_2^- (nitrito) e di NO_2^- a NO_3^- (nitrato), secondo il seguente processo:

- si ha nitrosazione ad opera di *Nitrosomonas sp.* che può ossidare l'ammonio a nitrito: $\text{NH}_4^+ + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$, ma non può completare l'ossidazione a nitrato;
- segue la nitratazione ad opera di *Nitrobacter sp.* che ossida il nitrito a nitrato: $\text{NO}_2^- + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$.

I *Nitrosomonas* e i *Nitrobacter* sono caratterizzati da una velocità di crescita notevolmente inferiore ai batteri chemioeterotrofi che operano la principale ossidazione delle sostanze organiche, sono dunque poco presenti in un fango che presenta un'età non sufficientemente alta; se non si permette, infatti, a questi batteri di permanere per un certo periodo di tempo relativamente lungo nel fango, essi verranno continuamente dilavati con i fanghi di supero e non avranno modo di compiere le loro reazioni.

La velocità di nitrificazione dipende dall'ossigeno disciolto, mentre la velocità di crescita dei batteri è in funzione del pH dell'acqua il quale, per consentire le condizioni ottimali di crescita ad entrambi i microrganismi, deve rimanere possibilmente tra 7 e 8.

La temperatura ottimale della nitrificazione varia tra 25-32 °C.

Denitrificazione

Negli impianti depurativi più recenti, è presente una fase di abbattimento delle sostanze azotate mediante denitrificazione. Tale processo, che avviene in assenza di ossigeno, è di natura biologica ed è realizzato da alcuni batteri eterotrofi anaerobi facoltativi, i quali convertono i nitrati, e parte dei nitriti, in azoto molecolare sotto forma di gas (N_2). Questi batteri richiedono, oltre all'assenza di ossigeno, anche sostanza organica, sottoforma di carbonio organico. Di conseguenza il fango dove avviene la denitrificazione non deve essere un fango molto vecchio poiché in questo il carbonio organico sarebbe assente o presente in percentuali troppo esigue per consentire una completa reazione di denitrificazione a partire da NO_3^- . Proprio per questo è preferibile posizionare la vasca di denitrificazione a monte della vasca di aerazione in modo tale da garantire liquami, provenienti dalle vasche di sedimentazione primaria, con la necessaria quantità di sostanza organica.

I batteri denitrificanti in condizioni anaerobiche utilizzano il nitrato NO_3^- come accettore di elettroni e ossidano molecole organiche $(\text{CHO})_n$ ad anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O). Come prodotti finali, perciò, oltre all'azoto molecolare (N_2) si ha anche anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O).

5.3.2. Defosfatazione

La presenza di una certa quantità di fosforo nelle acque reflue porta alla formazione di fenomeni di eutrofizzazione nel corpo ricettore.

Il fosforo può essere presente in più forme:

- inorganica, come ortofosfato (PO_4^{3-}), fissato in composti cristallini a base di Ca, Fe e Al;
- organica, sotto forma di acido umico, fulvico o fosfolipidi.

Rispetto all'azoto, il fosforo ha l'inconveniente di non poter essere ridotto in forma gassosa e liberato nell'atmosfera.

La concentrazione di fosfati è funzione anche dell'età del fango trattato, in quanto, a seguito della lisi cellulare rapida, si ha rilascio di fosfato.

I normali valori di rimozione del fosforo, in un impianto convenzionale a fanghi attivi, vanno dal 20 al 30%, (per la riproduzione cellulare), ma con trattamenti specifici tale rimozione può raggiungere il 90%.

L'eliminazione specifica del fosforo viene conseguita, a seconda dei casi, mediante un trattamento di tipo chimico-fisico di chiariflocculazione (precipitazione del fosforo, soprattutto sotto forma di fosfati insolubili, seguita da una filtrazione su sabbia, teli o su dischi) o mediante un trattamento di tipo biologico che sfrutta l'intervento di batteri eterotrofi fosfo-accumulanti.

5.3.3. Disinfezione

Con la disinfezione si abbattono i batteri patogeni nell'effluente depurato. Tale processo può avvenire tramite:

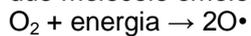
- clorazione;
- ozonizzazione;
- attinizzazione;
- acido peracetico.

Clorazione

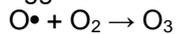
La clorazione è il procedimento maggiormente impiegato per la depurazione microbiologica delle acque. Il cloro è il disinfettante più usato nei trattamenti di disinfezione e reagisce ossidando le sostanze organiche ed inorganiche e inattivando i microrganismi. Può essere utilizzato sotto forma di ipoclorito di sodio, biossido di cloro, cloroammine, cloro liquido o gassoso.

Ozonizzazione

L'ozonizzazione è una tecnica di disinfezione delle acque che impiega ozono (O₃), un gas prodotto mediante scariche elettriche ad alto voltaggio in una apposita camera, al cui interno viene fatto passare un flusso d'aria o di ossigeno: l'energia fornita consente ad una parte delle molecole d'ossigeno di essere scisse in due molecole omologhe dette radicali che sono particolarmente elettronegative, secondo la reazione:



Ciascun radicale andrà ad unirsi ad una molecola di ossigeno per dare ozono, una molecola trivalente molto aggressiva e instabile:



L'ozono ha elevata influenza nei confronti di batteri e virus.

Attinizzazione

L'attinizzazione sfrutta l'azione battericida dei raggi UV-C. I raggi UV sono emessi per mezzo di lampade a vapori di mercurio. Si raggiunge un livello di qualità eccellente ma i costi sono elevati. L'uso di raggi UV consente la degradazione del DNA batterico. I raggi UV hanno un potere biocida elevatissimo nei confronti di batteri, spore, virus, funghi, nematodi.

Acido peracetico

L'acido peracetico è un potente biocida che basa la sua azione sull'alterazione di strutture cellulari come enzimi e membrane. Viene prodotto per reazione fra acqua ossigenata e acido acetico. È particolarmente instabile pertanto viene commercializzato in soluzioni al 5% o 15% pronto per essere solubilizzato nelle giuste quantità nelle acque da depurare.

6. Riuso delle acque

6.1. Possibilità di reimpiego delle acque reflue

Nella programmazione degli interventi di risanamento e riutilizzo delle acque, le possibilità di reimpiego stabiliscono il livello di trattamento, che le acque devono subire, al fine di tutelare la salute pubblica e l'ambiente, nonché il grado di funzionalità dei processi. Esistono sette tipologie principali di riutilizzo delle acque reflue, riportate nella tabella successiva, in senso decrescente in relazione ai volumi d'acqua utilizzati, insieme alle potenziali limitazioni.

Tab.: Opzioni per il riutilizzo di acque reflue e potenziali problemi/criticità

Categorie di riuso delle acque reflue	Problemi/limitazioni
1. Irrigazione aree agricole Irrigazione colture Vivai	<ul style="list-style-type: none"> Contaminazione del suolo e del sottosuolo se non gestita correttamente Valore commerciale delle colture e accettazione del pubblico
2. Irrigazione giardini Parchi Cortili delle scuole Spartitraffico stradali Campi da golf Cimiteri Polmoni verdi Aree residenziali	<ul style="list-style-type: none"> Effetti esercitati dalle caratteristiche dell'acqua, in particolare dei sali, su suoli e colture Problematiche di tutela della salute pubblica dovute alla presenza di agenti patogeni (batteri, virus e parassiti) Necessità di regolamentazione dell'accessibilità del sito nonché di realizzazione di zone tampone e relativi costi
3. Riciclo e riuso nel comparto industriale Acqua di raffreddamento Alimentazione degli evaporatori Acqua di processo Costruzioni	<ul style="list-style-type: none"> Presenza nell'acqua risanata di costituenti responsabili di incrostazioni, corrosioni, crescite microbiche, formazione di scorie Problematiche di salute pubblica, in particolare relative alla trasmissione con aerosol di agenti patogeni nell'acqua di raffreddamento Intercettazione delle condotte di acqua potabile con quelle di acqua risanata
4. Ricarica delle falde Arricchimento risorse sotterranee Controllo dell'intrusione di acqua salata Controllo del fenomeno di subsidenza	<ul style="list-style-type: none"> Possibile contaminazione degli acquiferi sotterranei utilizzati come fonti di acqua potabile Presenza di agenti chimici organici nell'acqua risanata e loro possibili effetti tossicologici Presenza di solidi totali disciolti, nitrati e agenti patogeni nell'acqua risanata
5. Usi ricreativi e ambientali Laghi e stagni Incremento acquitrini Incremento dei flussi Allevamenti di pesci Innevamento artificiale	<ul style="list-style-type: none"> Problematiche di tutela della salute relative alla presenza di batteri e virus (ad esempio infezioni a occhi, naso e orecchie) Eutrofizzazione (eccessivo sviluppo degli organismi acquatici per eccessiva nutrizione) dei corpi idrici ricettori dovuta ad azoto e fosforo Tossicità per la vita acquatica
6. Usi urbani non potabili Antincendio Condizionamento aria Scarico toilette	<ul style="list-style-type: none"> Problematiche di tutela della salute pubblica legate alla trasmissione di agenti patogeni con aerosol Effetti della qualità dell'acqua su incrostazioni, corrosioni, crescita biologica e formazione di scorie Intercettazione delle condotte di acqua potabile con quelle di acqua risanata
7. Riuso a scopo potabile Miscelazione nelle cisterne per il rifornimento idrico Rifornimento idrico mediante condotte	<ul style="list-style-type: none"> Costituenti nell'acqua risanata, specialmente agenti chimici in traccia di tipo organico e loro effetti tossicologici Problematiche di natura estetica e di accettazione da parte del pubblico Problematiche di tutela della salute pubblica legate alla trasmissione di agenti patogeni, in particolare di virus enterici (intestinali)

6.2. Componenti delle acque destinate al riuso

I costituenti delle acque reflue sottoposte a trattamento possono essere classificati come *convenzionali*, *non convenzionali* ed *emergenti*.

Convenzionali, costituenti, misurati in mg/l, che vengono utilizzati a base della progettazione degli impianti convenzionali di trattamento delle acque reflue.

Non convenzionali, costituenti che potrebbero dover essere rimossi o ridotti mediante processi avanzati di trattamento, prima che le acque possano essere utilizzate in maniera idonea.

Emergenti, composti, misurati in micro- o nanogrammi/l, che possono risultare a lungo termine dannosi per la salute dell'uomo e per l'ambiente; in alcuni casi questi composti non possono essere rimossi efficacemente, neanche con l'utilizzo di processi avanzati.

Tab.: Classificazione dei costituenti tipicamente presenti nelle acque destinate al riuso

Classificazione	Costituenti
Convenzionali	Solidi sospesi totali
	Solidi colloidali
	Richiesta biochimica di ossigeno
	Richiesta chimica di ossigeno
	Carbonio organico totale
	Ammoniaca
	Nitrati
	Nitriti
	Azoto totale
	Fosforo
	Batteri
	Cisti e oocisti di protozoi
	Virus
Non convenzionali	Sostanze organiche refrattarie
	Composti organici volatili
	Tensioattivi
	Metalli
	Solidi totali disciolti
Di recente interesse (emergenti)	Farmaci prescrittibili e non prescrittibili
	Prodotti per la cura della casa
	Antibiotici a uso umano e animale
	Prodotti industriali e per la casa
	Ormoni sessuali e steroidei
Altri distruttori endocrini	

7.

Trattamento, riutilizzo e smaltimento dei fanghi

Le sostanze inquinate allontanate dalla fase liquida, tramite il processo depurativo, si trovano allo stato più o meno concentrato sotto forma di fanghi.

Pertanto, ogni impianto di depurazione prevede, accanto a una linea di trattamento dei liquami, anche una linea di trattamento dei fanghi alla quale viene avviato il fango in esubero, per evitare che la concentrazione di solidi sospesi superi i valori limite per un corretto funzionamento dell'impianto di depurazione.

LINEA FANGHI				
Trattamenti di ispessimento	Trattamenti di stabilizzazione	Trattamenti di disidratazione	Trattamenti termici	Trattamenti di smaltimento
Ispessimento per gravità	Digestione anaerobica	Centrifugazione	Essiccamento su letti	Scarico controllato
		Filtrazione sotto vuoto		
Ispessimento per flottazione	Digestione aerobica	Filtrazione con filtropressa	Incenerimento	Utilizzazione agricola
	Stabilizzazione chimica	Filtrazione con nastropressa		
Ispessimento dinamico	Lagunaggio	Essiccamento su letti		
	Compostaggio			

7.1. Ispessimento

Durante questa fase la concentrazione dei solidi aumenta, portando ad una riduzione di volumi e ad una conseguente diminuzione dei costi di funzionamento delle fasi successive.

L'*ispessimento per gravità* viene svolto all'interno di apparecchiature simili ai sedimentatori, dotate di raschiafanghi e di lame verticali che, in movimento, favoriscono l'espulsione della frazione liquida, la sedimentazione e la compattazione del materiale solido.

L'*ispessimento per flottazione*, effettuato su fanghi secondari, ha caratteristiche analoghe.

L'*ispessimento dinamico* avviene, invece, in centrifughe che comportano l'abbassamento dell'umidità dei fanghi biologici dal 99 al 92-93%.

7.2. Stabilizzazione

Il processo di *digestione anaerobica* avviene in serbatoi chiusi di grandi dimensioni, agitati meccanicamente o attraverso circolazione di gas e mantenuti ad una temperatura prefissata. In assenza di ossigeno la flora microbica idrolizza e fermenta, convertendo composti organici complessi in acidi organici semplici, i quali vengono successivamente trasformati in metano e anidride carbonica. Le due trasformazioni sono guidate da flore batteriche diverse e specifiche, le quali richiedono determinate condizioni di pH e temperatura. Il gas prodotto può essere impiegato quale combustibile o carburante, in quanto è composto per il 60-65% da metano.

La *digestione* del fango può essere condotta anche *in vasche aerate* al cui interno i microrganismi, in assenza di altro substrato, utilizzano il loro stesso protoplasma per l'ottenimento di energia indispensabile al loro sostentamento.

La *stabilizzazione chimica* del fango può essere effettuata mediante l'aggiunta di calce in quantità tali da innalzare il pH a valori pari o superiori alle 12 unità. In queste condizioni la crescita dei microrganismi risulta impedita e non possono avvenire i fenomeni putrefattivi, i quali sopravvengono non appena il pH scende.

La *digestione* dei fanghi può essere condotta anche *in lagune* (bacini con argini di terra profondi 1-1,5 m) al cui interno si verificano processi di stabilizzazione aerobica in superficie e anaerobica negli strati più profondi.

Il *compostaggio* permette lo stoccaggio e l'utilizzazione agricola del prodotto, previa disidratazione e miscelazione con materiali di supporto. Tale processo biologico provoca la parziale mineralizzazione e umidificazione della sostanza organica, nonché la riduzione dei solidi e dell'umidità.

7.3. Disidratazione

Al fine di agevolare lo smaltimento, il fango deve avere una concentrazione in solidi pari al 15-20% circa. Vengono perciò svolte operazioni di disidratazione meccanica (centrifugazione o filtrazione, sotto vuoto o in pressione) o di essiccamento su letti.

Durante la *centrifugazione* i solidi si separano dal liquido per la sedimentazione dovuta alla forza centrifuga; il fango, con un'umidità del 75-85%, si deposita sulle pareti interne del tamburo, mentre al centro si ottiene un liquido che contiene i solidi fini in sospensione, poi ridotti, con l'uso di polielettroliti.

Nella *filtrazione sottovuoto* un tamburo rivestito da un mezzo filtrante ruota all'interno di un recipiente contenente la sospensione di fango. Sulla superficie esterna della tela filtrante si forma un pannello di fango disidratato (70-80% di umidità) che viene rimosso prima che la tela, previo lavaggio con spruzzi d'acqua, ritorni a immergersi nel fango; l'acqua, invece, viene aspirata sotto vuoto all'interno del tamburo ed allontanata.

Le *filtropresse*, apparecchiature di tipo discontinuo, sono composte da una sequenza di piastre scanalate ricoperte da tele filtranti, configurate in modo da racchiudere una camera fra due piastre affacciate. Il fango viene immesso nelle varie camere ad una pressione di 10-20 bar, formando un pannello sulle tele (55-75% di umidità) che viene rimosso alla fine di ogni ciclo di lavorazione, mentre il filtrato passa attraverso le scanalature delle piastre e si raccoglie in un tubo esterno.

Nelle *nastropresse* uno strato di fango viene compresso per mezzo di rulli rotanti disposti fra due nastri filtranti senza fine; la *filtrazione* avviene *in pressione*.

Nella disidratazione su *letti di essiccamento*, dopo una prima rapida diminuzione dell'umidità del fango per drenaggio naturale, si assiste ad un'ulteriore disidratazione per evaporazione dovuta a convezione e irraggiamento, raggiungendo così, nelle condizioni più favorevoli, valori di umidità finali inferiori al 40%.

7.4. Trattamenti termici

L'*essiccamento termico* è destinato alla riduzione della quantità di acqua contenuta nei fanghi fino al raggiungimento di valori che permettano lo stoccaggio prolungato o l'eventuale insaccamento del prodotto, lo smaltimento in discarica e, comunque, l'autotermicità nel caso di successivo incenerimento. L'operazione può essere condotta in apparecchiature nelle quali il fango e il fluido riscaldante sono in contatto diretto o nelle quali lo scambio termico avviene mediante una superficie di separazione (*letti di essiccamento*).

L'*incenerimento* ha, invece, lo scopo di convertire i fanghi in scorie e ceneri inerti riducendo drasticamente (85-95%) il peso dei residui che devono essere poi smaltiti.

7.5. Smaltimento

I fanghi trattati e i derivati dall'incenerimento di quest'ultimi, possono essere smaltiti in discariche controllate di rifiuti speciali, purché stabili, palabili e purché superino il test di cessione all'acido acetico e non contengano microinquinanti organici in quantità elevate, tali da superare i limiti di legge.

Possono essere riutilizzati in agricoltura, tal quali o previo compostaggio, nel rispetto del Decreto Legislativo 99/92 (illustrato più sotto).

In Italia i fanghi vengono smaltiti principalmente in discarica (55%) e in parte riutilizzati in agricoltura (33%).

7.6. Riutilizzazione dei fanghi e relative normative

I fanghi, una volta trattati, possono essere reimpiegati. Possono essere impiegati in agricoltura come apporti integrativi o essere inceneriti negli impianti di incenerimento.

Nel caso specifico di impianti biologici di depurazione dei reflui enologici, la destinazione finale dei fanghi è l'impiego in agricoltura (per la presenza di azoto, fosforo, sostanza organica e micronutrienti): pratica molto diffusa, ma messa in discussione per gli aspetti legati all'inquinamento.

Secondo il Decreto Legislativo 99/92, in conformità alla Direttiva 86/278/CEE, i fanghi possono essere utilizzati in agricoltura se sottoposti a trattamento, se idonei a esplicare un effetto concimante e correttivo del terreno e se non contengono sostanze tossiche e nocive.

Una delle maggiori limitazioni all'impiego dei fanghi in agricoltura deriva dalla presenza, in essi, di metalli pesanti, responsabili di possibili effetti tossici. Il dosaggio di fango non deve superare le 15 tonnellate/ettaro di sostanza secca in tre anni, purché la capacità di scambio cationica dei terreni sia superiore a 15 m² per 100 g e il pH sia compreso tra 6 e 7,5. Nel caso queste due condizioni non siano rispettate, i dosaggi dei fanghi devono essere ridotti del 50%. Qualora il pH del terreno fosse superiore a 7,5 i quantitativi di fango impiegato potrebbero aumentare del 50%.

Parametri e limitazioni alla base dei divieti in ambito di normative e prescrizioni:

- sostanze che danneggiano i terreni;
- sostanze che danneggiano le colture;
- rischi di diffusione di malattie infettive;
- odori;
- inquinamento di acque in falda destinata a captazione;
- inquinamento di acque superficiali;
- erosione, collusione ed anaerobiosi del suolo;
- stoccaggio igienico;
- limiti indotti da eccessive distanze di trasporto;
- ostacolo allo smaltimento dovuto alla pratica delle lavorazioni agricole, ad impedimenti meteorologici e ad impedimenti climatici.

8.

Campionamento e analisi delle acque di scarico e dei fanghi

Per una corretta gestione delle unità operatrici, si rende necessario il controllo, tramite analisi, di campioni raccolti ad intervalli regolari. Le analisi dovranno essere svolte su campioni compositi, ovvero formati da più aliquote miscelate. I campioni così ottenuti necessiteranno di un periodo di stoccaggio, in cui la loro conservazione (con lo scopo di ritardare l'azione biologica e l'idrolisi dei composti, di ridurre la volatilità di alcuni costituenti e di rallentare, quindi, i processi che potrebbero comportare cambiamenti qualitativi) sarà assicurata da alcune tecniche (vedi tabella). In piccoli impianti, e per alcuni controlli (concentrazione di solidi sospesi nelle vasche di aerazione, effluenti da unità di filtrazione, ecc.) possono essere svolti su campioni istantanei. Risulta opportuno effettuare i prelievi in entrata e in uscita a intervalli che tengano conto del tempo di ritenzione idraulica.

Tab.: Conservazione dei campioni

Parametro	Materiale consigliato per il contenitore	Procedimento di stabilizzazione	Intervallo di tempo massimo fra il prelievo e l'analisi
Azoto ammoniacale	Polipropilene o vetro o polietilene	40 mg HgCl ₂ per litro di campione e refrigerazione a 4 °C	24 ore
Azoto nitroso e nitrico	Polipropilene o vetro o polietilene	40 mg HgCl ₂ per litro di campione e refrigerazione a 4 °C	24 ore
Azoto organico	Vetro	40 mg HgCl ₂ per litro di campione e refrigerazione a 4 °C	24 ore
BOD	Vetro	Refrigerazione a 4 °C	24 ore
COD	Vetro	Refrigerazione a 4 °C; acidificazione a pH=1-2 con H ₂ SO ₄ concentrato	6-24 ore (acidificare dopo 6 ore)
Colore	Vetro scuro	Refrigerazione a 4 °C	24 ore
Fosforo totale	Vetro e polietilene	Acidificazione a pH=1-2 con HCl concentrato e refrigerazione a 4 °C	1 settimana
Odore	Vetro	Refrigerazione a 4 °C	24 ore
Ossigeno disciolto	Vetro	Fissare l'O ₂ sul posto con solfato di manganoso e ioduro-sodio-azide	
pH	Polietilene e vetro	Refrigerazione a 4 °C	24 ore
Solidi	Polietilene	Condizioni non definibili	24 ore

Per quanto concerne i fanghi, le tecniche e i dispositivi da usare dipendono dal tipo di fango e dal punto di prelievo del campione. La raccolta può essere svolta, in caso di fango liquido, con recipienti analoghi a quelli impiegati per le acque.

Il laboratorio deve essere in grado di eseguire le analisi delle caratteristiche dei campioni prelevati al fine di controllare le prestazioni dell'impianto. In caso di malfunzionamento, il laboratorio ha il compito, nell'individuare le cause, di effettuare le analisi che permetteranno di prendere provvedimenti correttivi:

- delle acque entranti nell'impianto;
- delle acque entranti e uscenti dalle singole unità operatrici;
- dei fanghi eventualmente prodotti;
- degli effluenti liquidi e solidi uscenti dall'impianto;
- dei corpi idrici che ricevono gli scarichi.

8.1. Criteri analitici

Le acque reflue di cantina possiedono alcune caratteristiche specifiche, riguardanti soprattutto la loro composizione. In genere hanno un'alta concentrazione di sostanze organiche biodegradabili, costituite principalmente da alcol, zuccheri, acidi organici, tannini, ecc. e che si trovano in soluzione.

Il pH è in genere acido, mentre le concentrazioni di azoto e fosforo sono normalmente basse.

I solidi sospesi totali variano considerevolmente a seconda del processo tecnologico subito e del periodo dell'anno. Le fluttuazioni passano da una media di 3-6 Kg/m³ nella miscela aerata a una media di 6-12 Kg/m³ nella corrente di ricircolo per gli impianti funzionanti ad aria, 8-12 Kg/m³ per quelli a ossigeno puro. Per queste ragioni, e poiché in relazione alle lavorazioni effettuate, alla capacità delle cantine e alle attrezzature utilizzate, nel corso dell'anno si hanno delle oscillazioni considerevoli, le quali riguardano la maggior parte dei parametri caratterizzanti l'impianto, al fine di verificare il corretto funzionamento e di valutare le linee d'azione necessarie all'ottimizzazione dello stesso, occorre monitorare queste grandezze con cadenza regolare.

8.1.1. Controlli visivi

Negli impianti di tipo industriali la colorazione del fango dipende molto dal liquame alimentato. Nel caso specifico di aziende vitivinicole esso tende al nero anche se ben aerato.

Per un fango stabilizzato l'odore deve essere quello tipico di muschio o di terra con una forte matrice organica; un odore di liquame fresco o di lavatura di piatti indica un'aerazione eccessiva, mentre un odore settico e di idrogeno solforato è tipico di un'aerazione insufficiente.

Una prova che può essere eseguita quotidianamente, consiste nel riempire due cilindri graduati: uno con la miscela liquida prelevata dalla vasca di aerazione e l'altro con l'effluente della vasca di sedimentazione. Questa prova consente di verificare la sedimentabilità delle particelle di fango presenti nella miscela aerata e la qualità dell'effluente dalla vasca di sedimentazione. Per la miscela liquida prelevata dalla vasca di aerazione è quindi possibile valutare la percentuale in volume del fango, la densità del fango e la chiarezza del liquido supernatante. Per l'effluente della vasca di sedimentazione è, invece, possibile registrare la presenza di fiocchi leggeri alla superficie e la chiarezza del liquido supernatante.

Il fango contenuto nella miscela aerata di un impianto funzionante correttamente risulterà denso e decanterà riducendosi a un volume che, inizialmente limitato, crescerà gradualmente di settimana in settimana, lasciando un supernatante limpido.

Il campione dell'effluente della vasca di sedimentazione presenterà un leggero spolverio di fango, decantato sul fondo, con l'eventuale presenza di alcuni fiocchi leggeri sospesi nel supernatante (di per sé limpido). Man mano che si avvicina il momento di rimuovere il fango di supero, crescerà la quantità di fango decantato sul fondo e il volume di fango nel campione della miscela aerata.

8.1.2. Indice di volume del fango

L'indice di volume del fango (SVI: *Sludge Volume Index*) o indice di Mohlman è una grandezza che viene utilizzata per determinare le caratteristiche di sedimentabilità del fango, ossia la qualità del fango dal punto di vista della facilità ad essere catturato nella fase di sedimentazione e di concentrazione.

Si prende un campione di fango del volume di 1 litro e lo si lascia decantare per 30 minuti in un cono Imhoff, senza miscelarlo.

$$SVI = \frac{\% \text{ in volume del fango decantato (cm}^3\text{/1000 cm}^3\text{)}}{\% \text{ in peso del residuo secco a 103-105 }^\circ\text{C (g/1000 cm}^3\text{)}}$$

8.1.3. pH

Il valore della concentrazione di ioni di idrogeno di un'acqua è un valore di equilibrio dipendente dal tipo e dalla quantità di solidi idrolizzabili, di basi libere e di acidi liberi in essa presenti.

Per la misurazione di questo parametro si ricorre generalmente al metodo elettrochimico, il quale fa uso di una coppia di elettrodi, separati o uniti in un elettrodo combinato.

Le attività metaboliche dei microrganismi sono fortemente influenzate dal pH ambientale. Valori di pH compresi tra 6 e 9 indicano una buona possibilità di depurazione biologica, mentre liquami fortemente acidi o alcalini richiedono un pretrattamento correttivo.

8.1.4. Temperatura

Influenza largamente le reazioni biochimiche e deve, quindi, essere costantemente monitorata, per evitare variazioni di una certa entità, i quali potrebbero causare rallentamenti o arresti di processo. Questo parametro condiziona, inoltre, la solubilità dell'ossigeno nell'acqua, che aumenta al diminuire della temperatura.

8.1.5. Richiesta biochimica di ossigeno

Una stima delle caratteristiche di biodegradabilità di una sostanza può essere espressa attraverso il saggio di BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Con tale parametro si determina la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi per l'ossidazione biochimica delle sostanze contenute nell'acqua nelle condizioni di temperatura, durata, ecc. in cui viene eseguito il saggio stesso.

La richiesta biochimica di ossigeno è influenzata da tre classi di sostanze:

- Classe A: composti organici i cui atomi di carbonio vengono usati dai microrganismi come alimento per le diverse attività vitali;

- Classe B: composti ossidabili dell'azoto derivati da nitriti, ammoniaca e sostanze organiche azotate utilizzate, quali fonti energetiche, da batteri specifici;
- Classe C: sostanze chimiche ossidabili che possono reagire in modo diretto con l'O₂ disciolto.

Le sostanze appartenenti alle prime due classi consumano ossigeno per via biochimica, quelle comprese nella classe C reagiscono, invece, con l'ossigeno disciolto per via chimica e, pertanto, la loro richiesta di O₂ dovrebbe essere inclusa nel saggio del COD.

Comunemente si determina il "BOD₅", espressione che indica una misura della quantità di ossigeno consumato in un tempo fissato convenzionalmente in 5 giorni, ottenibile per differenza tra le concentrazioni di O₂ disciolto nel refluo in esame all'inizio e alla fine del periodo stabilito, e che rappresenta generalmente il 70% della richiesta di ossigeno finale. Più raramente viene preso in esame il "BOD₂₁" (tempo fissato 21 giorni).

Più il valore di BOD è alto, maggiore è il quantitativo di ossigeno richiesto, più elevato il carico organico e più lunga e difficile la degradazione da parte dei microrganismi.

8.1.6. Richiesta chimica di ossigeno

Il COD (*Chemical Oxygen Demand*) rappresenta la quantità di ossigeno equivalente a quella di una sostanza ossidante necessaria alla degradazione della sostanza organica sciolta nel campione preso in esame, ovvero è la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione chimica.

La biodegradabilità di una sostanza esprime il grado di efficacia dell'azione degradativa dei microrganismi e viene indicata dal rapporto BOD₂₁/COD: se tale rapporto risulta >0,6 la sostanza viene definita biodegradabile; se <0,6 il trattamento biologico è in genere scarsamente efficace o comunque antieconomico.

8.1.7. Ossigeno disciolto

Per la misurazione dell'ossigeno disciolto si fa generalmente ricorso a due metodi: quello di Winkler, basato sulla titolazione iodometrica e quello elettromagnetico, il quale, richiedendo l'uso di elettrodi ricoperti da membrana plastica permeabile, consente di effettuare misurazioni dirette nelle vasche, eliminando così i possibili errori dovuti al campionamento e ai pretrattamenti. La scelta fra le due metodiche può dipendere, poi, dal tipo di sostanze interferenti presenti, dal grado di precisione richiesto, dalla necessità di dover operare in tempi brevi e da motivi di carattere economico.

8.1.8. Solidi totali

I solidi totali rappresentano il residuo che permane in una capsula dopo l'evaporazione di un campione di acqua e il suo successivo essiccamento in stufa a temperatura definita.

Le temperature di essiccamento normalmente impiegate sono: 103-105 °C e 600 °C. Le prime vengono impiegate per la misura dei solidi totali, la seconda per i solidi fissi (o residuo fisso). La differenza tra il valore dei solidi totali e quello dei solidi fissi costituisce un indice per la valutazione del contenuto di sostanze organiche del campione in esame (solidi volatili).

Il campione viene evaporato a bagnomaria in una capsula tarata e poi essiccato fino a peso costante alla temperatura di 103-105 °C. L'aumento in peso della capsula dopo l'essiccamento, rispetto al peso della stessa vuota, rappresenta il valore dei solidi totali. Si tiene, poi, la capsula preliminarmente in stufa per circa un'ora alla stessa temperatura scelta per la determinazione del residuo.

Se bisogna procedere alla determinazione del residuo fisso la capsula va tenuta ancora per 30 minuti a 600 °C. Dopo un attento mescolamento, si preleva un'aliquota del campione di refluo in esame, lo si pone nella capsula tarata e si evapora a bagnomaria. Una volta che l'acqua è completamente evaporata dal residuo, si trasferisce la capsula in stufa a 103-105 °C e si fa essiccare fino a peso costante. Si lascia, poi, raffreddare brevemente la capsula all'aria prima di porla ancora calda nell'essiccatore e di completare il raffreddamento in atmosfera secca. Si pesa la capsula non appena è completamente raffreddata.

$$\text{Solidi totali (mg/l)} = \frac{\text{solidi totali determinati (mg)}}{\text{volume (ml) di campione prelevato}} \cdot 1000$$

8.1.9. Solidi sospesi

Tutte quelle sostanze che sono trattenute da un filtro quando il campione viene sottoposto a filtrazione vengono definite solidi sospesi (TSS); detti solidi possono essere determinati per differenza tra i solidi totali e quelli disciolti.

Nel caso di misura diretta, un'aliquota del campione viene filtrata su un filtro a peso noto e il filtro con il contenuto viene fatto essiccare in stufa a 103-105 °C. L'aumento del peso del filtro rappresenta il contenuto totale in solidi sospesi (o residuo filtrabile).

$$\text{Solidi sospesi (mg/l)} = \frac{\text{solidi sospesi (mg) ottenuti per essiccamento}}{\text{volume (ml) di campione prelevato}} \cdot 1000$$

La principale differenza tra i processi adottati per l'analisi su acque e fanghi è rappresentata dal volume di campione prelevato che, nel caso dei fanghi, non supera i 10/20 ml. L'adozione di un così ridotto volume, imposto dalla necessità di completare in tempi accettabili la filtrazione, può non essere sufficiente come rappresentativa della massa totale. In tal caso è utile operare con filtri con porosità maggiori di quelli comunemente in uso (0.45 µ).

8.1.10. Azoto e suoi composti

Nelle acque di scarico l'azoto si ritrova sottoforma di nitrato, nitrito, ammoniaca e azoto organico.

L'azoto organico è quello legato alla materia organica allo stato di ossidazione negativo trivalente. L'azoto organico e quello ammoniacale possono essere determinati contemporaneamente e, perciò, la somma delle due forme viene comunemente indicata come azoto totale.

La somma dei nitriti e dei nitrati viene talvolta riportata come azoto ossidato.

8.1.11. Fosfati

La determinazione dei fosfati presenti in un refluo può essere eseguita tenendo conto della natura chimica e dello stato fisico, in soluzione o in sospensione, delle diverse frazioni.

Nella pratica analitica la determinazione viene condotta per via colorimetrica, sfruttando la proprietà dei fosfati di combinarsi con il molibdato di ammonio per dare origine ad un complesso che, in presenza di un composto riducente, assume un'intensa colorazione azzurra.

8.2. Osservazioni microscopiche del fango attivato

Nell'ambito di una gestione ottimale di un impianto di depurazione, l'esame delle caratteristiche microscopiche del fango attivo risulta particolarmente utile, poiché la predominanza di certe tipologie di microfauna su altre, può costituire un indice del buon o del cattivo funzionamento dell'impianto stesso.

- Un fiocco di fango denso, di dimensioni da piccole a medie, senza batteri dispersi, è indice di un impianto ben funzionante.
- Fiocchi di fango denso, di dimensioni da piccole a medie, insieme a una grande quantità di batteri dispersi, sono indice di una repentina punta di carico organico, oppure di condizioni tossiche.
- Se sono presenti in grandi quantità microrganismi filamentosi o funghi, ciò significa che la miscela aerata è in condizioni di acidità eccessiva, oppure è soggetta ad un'aerazione insufficiente.
- * La presenza predominante di Rotiferi e di Protozoi ciliati e pedunculati è un sicuro indice di buon funzionamento di un impianto a basso carico.
- * La predominanza di Sarcodine e Protozoi flagellati è indice di un impianto che lavora ad alto carico (o di un impianto a basso carico, in realtà sovraccarico).
- * L'assenza di Protozoi e di Rotiferi e la presenza di corpi morti significa che la capacità di ossigenazione è insufficiente, oppure che sono presenti scarichi tossici che impediscono la vita e lo sviluppo dei microrganismi superiori.

In conclusione, il quadro delle osservazioni che, generalmente, si usa per caratterizzare microscopicamente i fanghi attivati comprende:

- 1) una stima dell'abbondanza dei microrganismi filamentosi, secondo sette classi di valutazione (da nessuno a eccessiva);
- 2) l'effetto del filamento sulla struttura del fiocco: nessuno, ponte oppure fiocco aperto;

- 3) la morfologia del fiocco: resistente o debole (alla compressione) e compatto, oppure irregolare;
- 4) la distribuzione delle dimensioni dei fiocchi: espressa in percentuale secondo tre classi (fiocchi inferiori a 150 μm , compresi fra 150 e 500 μm , maggiori di 500 μm);
- 5) le note sulla presenza di cellule in sospensione al di fuori dei fiocchi, sulla presenza di fiocco-formatori, sulla presenza di particelle inorganiche;
- 6) il sommario sulla presenza dei vari microrganismi filamentosi.

8.3. Analisi svolte

Come da premessa, in quest'anno scolastico ho potuto usufruire di un periodo di tirocinio presso Vinicola Serena srl, durante il quale ho svolto, oltre alle ordinarie mansioni di cantina, alcune analisi sulle acque reflue provenienti dagli scarichi aziendali. Le analisi, svolte in laboratorio, sono eseguite con l'ausilio di un fotometro e riguardano principalmente i parametri esaminati in questa sede. Per una valutazione della funzionalità dell'impianto di depurazione, l'osservazione è stata fatta sia in entrata che in uscita. Ecco che, dopo aver raccolto un numero rappresentativo di dati, ho elaborato i grafici qui di seguito illustrati.

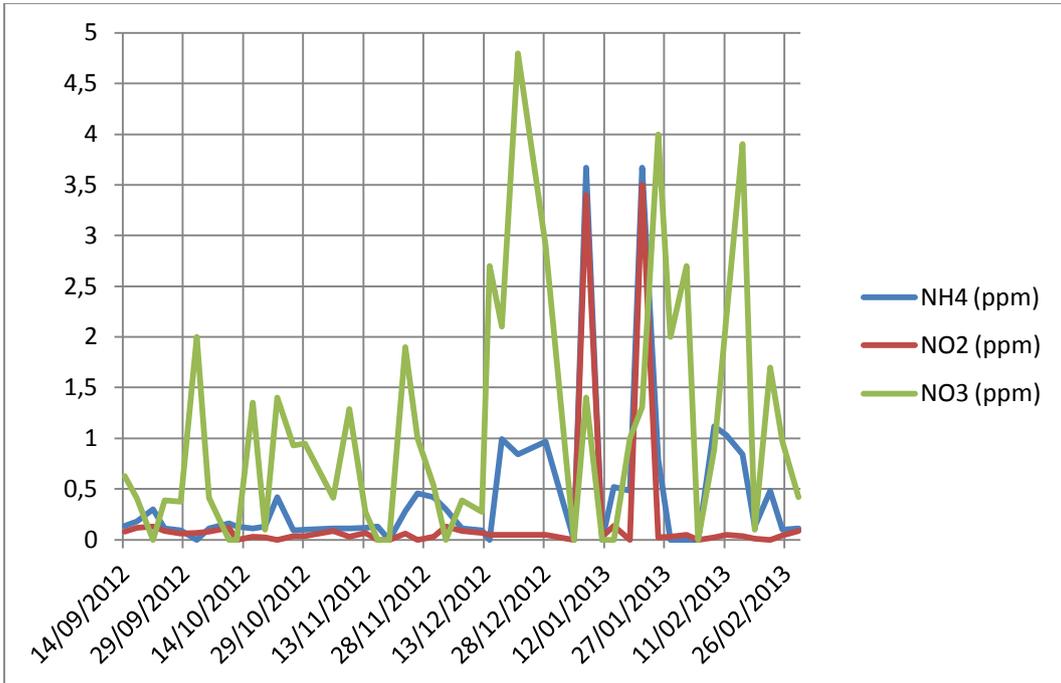
8.3.1. Tabelle e rielaborazione dati raccolti

DATA	IN ENTRATA							IN USCITA						
	N-NH4 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	COD (ppm)	pH (unità)	TSS (mg/l)	N-NH4 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	COD (ppm)	pH (unità)	TSS (mg/l)
14/09/2012	0,139	0,077	0,627	3,61	1690	6,82	23	0,649	1,03	1,93	<2	28,1	8,07	5
17/09/2012	0,183	0,116	0,409	4,23	1794	7,58	50	0,336	0,373	0,257	<2	29,8	7,96	10
21/09/2012	0,3	0,129	<0,23	<2	1571	7,13	22	0,282	0,107	0,78	1,85	16	8,01	5
24/09/2012	0,111	0,084	0,389	2,29	2845	6,93	45	0,11	<0,015	<0,23	<2	19,5	7,84	9
28/09/2012	0,095	0,063	0,376	<2	2750	6,32	24	0,034	<0,015	<0,23	<1	20	7,57	6
02/10/2012	>1	0,07	2	>1,1	1570	7,31	24	0,19	0,01	<1	0,89	13,4	8	5
05/10/2012	0,111	0,077	0,411	2,23	2675	7,02	39	0,111	0,04	<0,23	<2	17	7,83	9
10/10/2012	0,162	0,116	<0,23	2,69	1803	7,07	26	0,16	0,02	<0,2	<1,1	12,9	7,74	6
12/10/2012	0,13	<0,01	<1	0,41	3220	7,03	24	0,14	0,05	0,77	1,84	11,3	7,81	5
16/10/2012	0,112	0,03	1,35	>2	1452	7,49	18	0,09	<0,01	<1	<2	15	8,2	4
19/10/2012	0,13	0,02	0,1	0,86	1220	8,91	19	0,14	<0,01	<1	0,32	29,4	7,6	4
22/10/2012	0,42	<0,01	1,4	>1,1	4320	6,57	52	0,13	<0,01	<1	0,53	20,2	8,33	15
26/10/2012	0,094	0,035	0,93	1,25	2190	7,37	83	0,02	<0,015	<0,2	<2	23,7	7,97	23
29/10/2012	0,098	0,035	0,95	0,29	2190	7,27	79	0,02	<0,015	<0,2	<2	27,9	7,96	19
05/11/2012	0,111	0,087	0,412	2,69	3120	6,97	46	0,103	<0,015	<0,23	<2	18,4	7,82	9
09/11/2012	0,112	0,03	1,29	>2	1655	7,55	15	0,09	<0,01	<1	<2	13	8,23	4
13/11/2012	0,119	0,065	0,272	2,42	1699	6,58	49	0,353	0,062	<0,23	<2	20,4	7,7	10
16/11/2012	0,13	<0,01	<1	0,29	3220	7,03	29	0,106	<0,01	<1	0,39	25,6	8,3	7
19/11/2012	>1	<0,01	<1	0,16	2220	7,28	25	0,08	0,066	1,05	0,44	20,4	7,91	5
23/11/2012	0,28	0,06	1,9	0,17	2500	9,75	35	0,16	0,03	1,3	0,37	15,7	8,12	9
26/11/2012	0,46	<0,01	1	0,13	1180	10,26	26	0,172	<0,015	<0,2	<1	60,2	8,14	6
30/11/2012	0,42	0,03	0,536	1,03	1360	8,69	32	0,33	0,02	0,81	1,44	14	7,65	8

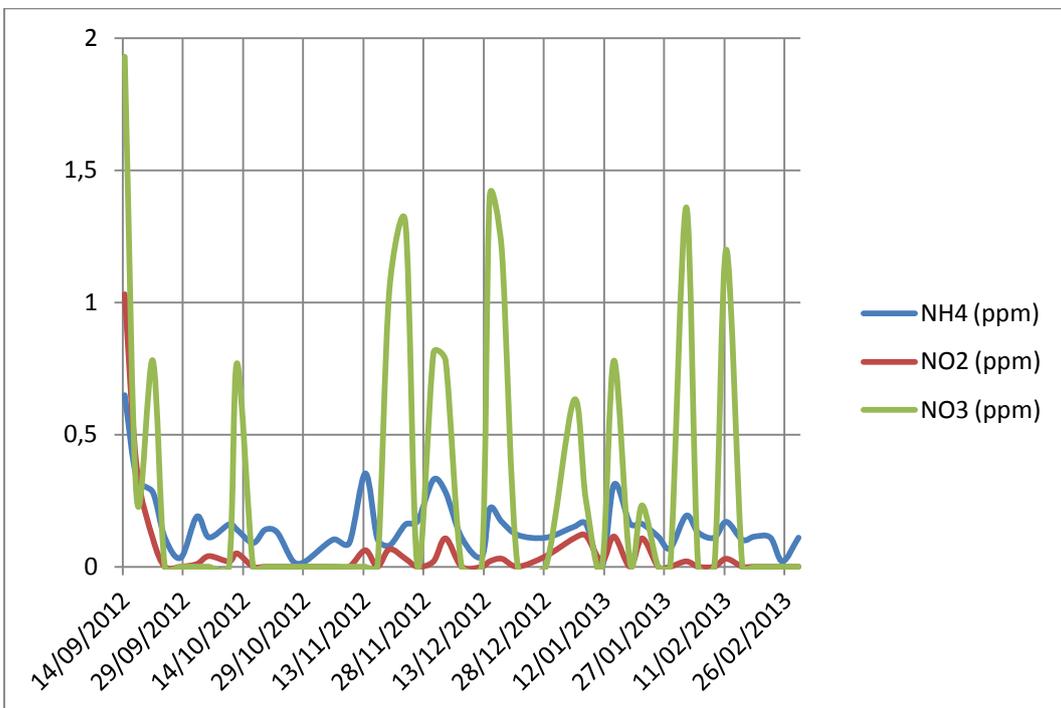
DATA	IN ENTRATA							IN USCITA						
	N-NH4 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	COD (ppm)	pH (unità)	TSS (mg/l)	N-NH4 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	COD (ppm)	pH (unità)	TSS (mg/l)
03/12/2012	0,3	0,129	<0,23	<2	1571	7,13	22	0,282	0,107	0,78	1,85	16	8,01	5
07/12/2012	0,111	0,084	0,389	2,29	2845	6,93	45	0,11	<0,015	<0,23	<2	19,5	7,84	9
12/12/2012	0,095	0,065	0,276	<2	2700	6,32	23	0,038	<0,015	<0,23	1,98	15	7,76	5
14/12/2012	>1	0,05	2,7	>1,1	1020	8,84	88	0,22	0,02	1,4	0,46	33,5	8,27	27
17/12/2012	0,99	0,047	2,1	>1,1	728	5,68	28	0,17	0,03	1,2	0,42	18,7	8,12	13
21/12/2012	0,84	0,05	4,8	>1,1	4640	9,15	23	0,12	<0,01	<1	0,38	27,9	8,2	6
28/12/2012	0,97	0,05	2,9	>1,1	1070	9,44	12	0,11	0,04	<1	0,36	26,6	8,15	2
04/01/2013	>1	<0,01	<1	0,53	5400	6,45	24	0,151	0,107	0,63	1,75	15	8,09	6
07/01/2013	3,67	3,4	1,4	4,55	3640	6,66	44	0,162	0,117	0,252	<2	16,1	7,85	10
11/01/2013	>1	0,03	<2	0,83	>1500	7,45	48	>1	0,02	<1	0,39	24,5	8,15	10
14/01/2013	0,52	0,137	<0,23	<2	1650	7,13	22	0,311	0,114	0,78	1,25	13	8	5
18/01/2013	0,48	<0,01	1	0,13	1200	10,23	24	0,163	<0,015	0,015	<1	59,2	8,13	4
21/01/2013	3,67	3,5	1,31	4,53	3540	6,76	44	0,162	0,107	0,232	<2	16	7,85	11
25/01/2013	0,79	0,02	4	>1,1	1280	8,15	52	0,114	<0,01	<1	0,42	29	7,38	14
28/01/2013	>1	0,03	2	0,91	>1500	7,6	20	0,07	<0,01	<1	0,37	32,4	8,1	9
01/02/2013	>1	0,05	2,7	>1,1	1330	6,83	34	0,193	0,02	1,36	0,46	24,5	8,15	14
04/02/2013	>1	<0,01	<1	0,16	2220	7,29	48	0,129	<0,015	<0,2	<2	22	7,98	10
08/02/2013	1,12	0,02	0,89	0,21	2080	7,26	52	0,11	<0,01	<1	<2	13,9	7,96	12
11/02/2013	1,03	0,047	2,2	>1,1	1028	5,78	29	0,17	0,03	1,2	0,42	18,7	8,12	14
15/02/2013	0,84	0,035	3,9	>1,1	3640	9,41	23	0,102	<0,01	<1	0,37	27,6	8,2	7
18/02/2013	0,13	0,01	0,1	0,87	2920	8,94	52	0,114	<0,01	<1	0,31	284	7,67	13
22/02/2013	0,48	<0,01	1,7	>1,1	6320	6,77	17	0,11	<0,01	<1	0,41	20,3	8,23	3
25/02/2013	0,098	0,04	0,97	0,24	2190	7,27	80	0,02	<0,015	<0,2	<2	26,9	7,96	21
01/03/2013	0,111	0,087	0,421	2,39	2745	6,87	45	0,11	<0,015	<0,23	<2	18,4	7,77	9

ANDAMENTO AZOTO

In entrata

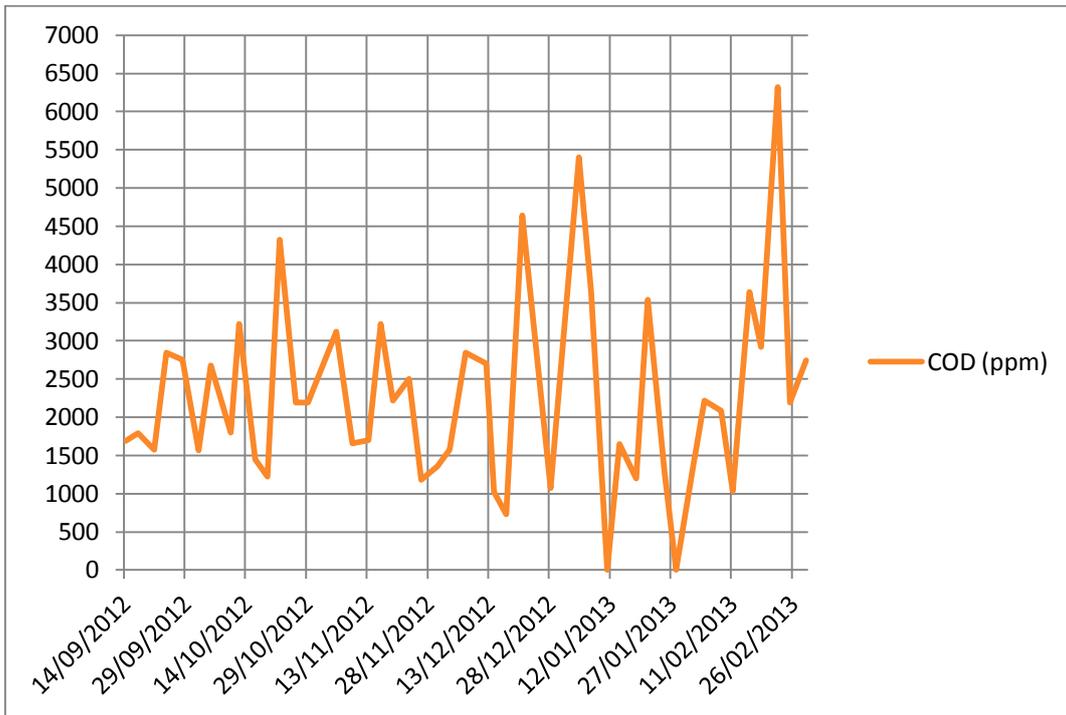


In uscita

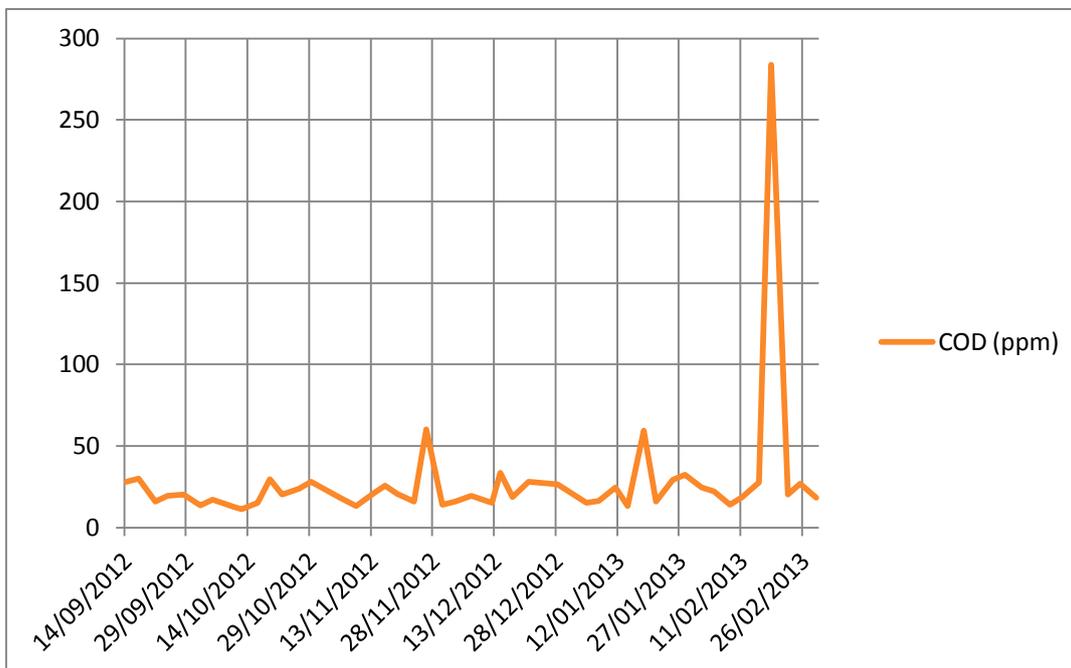


ANDAMENTO COD

In entrata

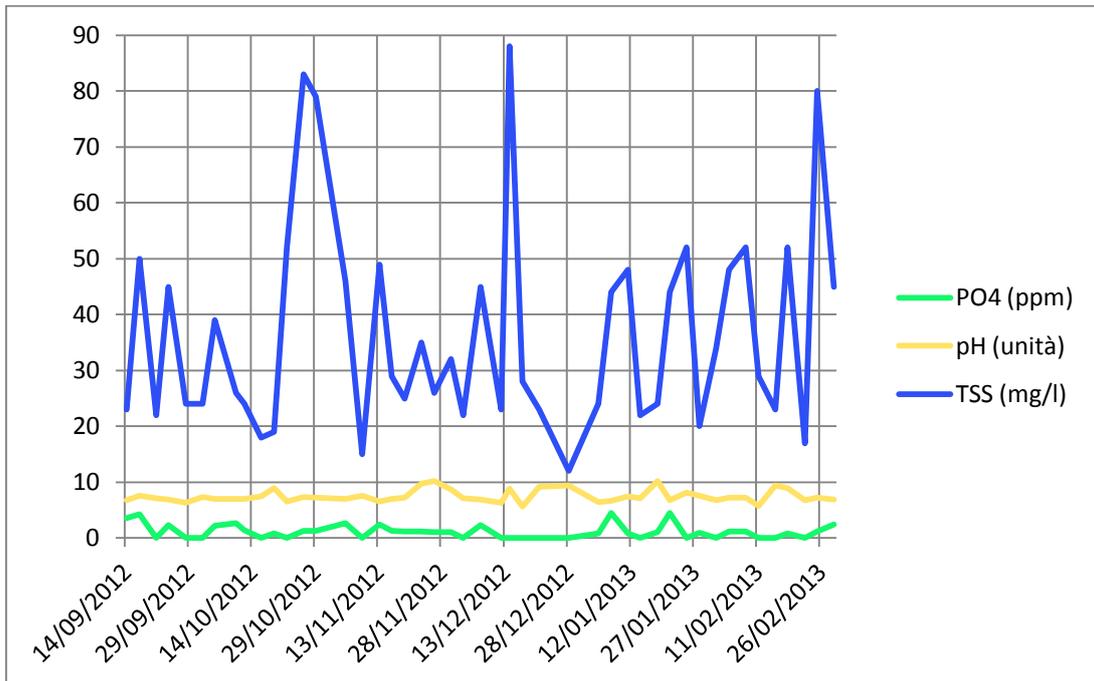


In uscita

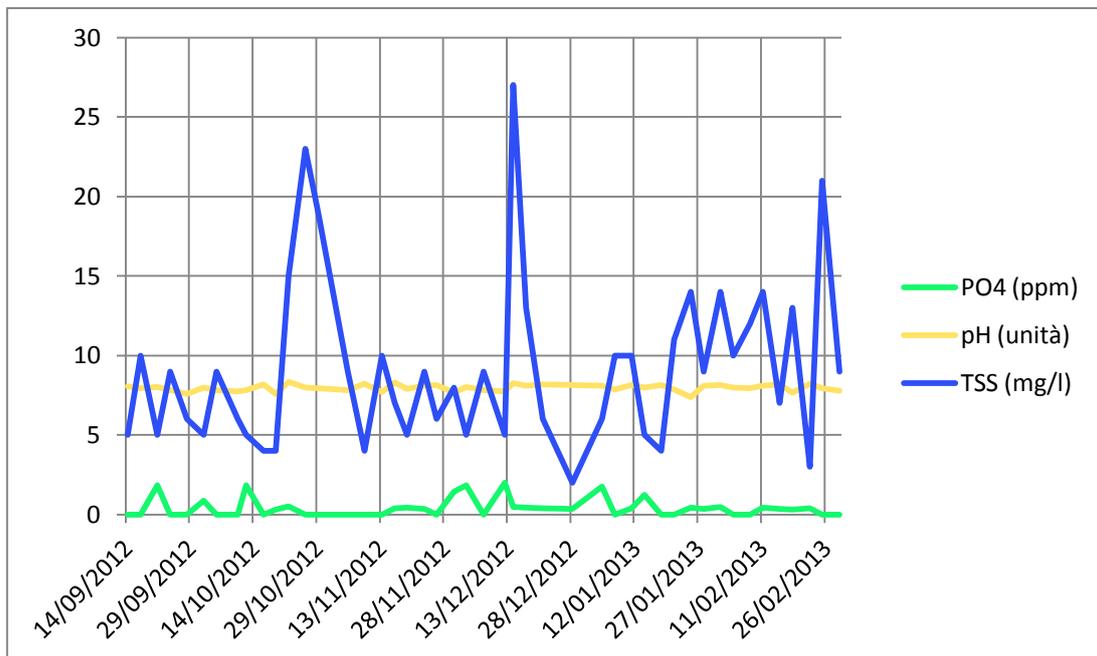


ANDAMENTO ALTRI PARAMETRI ANALIZZATI

In entrata



In uscita



8.3.2. Discussione sui risultati ottenuti

È da premettere, innanzitutto, che la Vinicola Serena srl, in quanto tale, ovvero trattando solo vini e non uve, è poco soggetta ai forti sbalzi stagionali dei valori analitici, molto presenti, invece, nelle cantine vitivinicole. Detto ciò, si può passare all'osservazione dei grafici ottenuti.

Il pH, che durante l'iter di depurazione subisce un abbassamento di circa 1,5 unità, risulta essere, a fine processo, all'interno del range ottimale, compreso tra 7 e 8,5.

L'azoto, che entra sottoforma di *urea*, viene ossigenato e digerito/assimilato dai microrganismi, presenti nell'iter di depurazione, in forma di *nitriti* e *nitriti*. L'azoto è stato rivelato, nelle sue diverse forme, con l'ausilio di reagenti in forma polverulenta o di pastiglia da disciogliere:

- NH_4 = 2 pastiglie: Ammonia n°1 e n°2;
- NO_2 = 1 pastiglia: Nitrite LR;
- NO_3 = polvere (in bustina) di Vario Nitrate Chromotropic.

Dall'andamento del grafico si può osservare una generale riduzione delle tre forme di azoto presenti alla fine del processo depurativo, il quale induce circa un dimezzamento dei valori registrati in entrata.

L'azoto ammoniacale, valutato come NH_4 (1,29 mg/l NH_4 = 1 mg/l N), risulta avere un limite massimo, imposto per l'immissione nella rete fognaria, di 30 mg/l; l'azoto nitroso, valutato come NO_2 (3,29 mg/l NO_2 = 1 mg/l N), risulta avere un limite massimo, imposto per l'immissione nella rete fognaria, di 0,6 mg/l; l'azoto nitrico, valutato come NO_3 (4,43 mg/l NO_3 = 1 mg/l N), risulta avere un limite massimo, imposto per l'immissione nella rete fognaria, di 30 mg/l: osservando l'andamento delle curve delle diverse forme di azoto in uscita, si può attestare che la media rispetta i limiti di legge; risulta, però, che in data 14/09/2013, a seguito di un malfunzionamento del sedimentatore, dovuto alla rottura di un'elettrovalvola, i valori sfioravano detti limiti. Bloccata celermente l'immissione dei reflui nella rete fognaria e risolto il guasto, il sedimentatore ha, poi, ripreso il normale funzionamento.

Il fosforo, valutato come PO_4 (3,07 mg/l PO_4 = 1 mg/l P), risulta aver subito, durante la depurazione, una riduzione che si attesta attorno alla metà. Il limite imposto per la presenza di fosforo nel liquido da immettere nella rete fognaria, prevede un valore massimo di 10 mg/l: facendo le debite proporzioni si può ricavare che il valore di fosforo (ppm di PO_4) raggiunto con la depurazione è di molto inferiore a detto limite. Se ne deduce che non si verificheranno fenomeni di eutrofizzazione.

La COD è stata determinata con l'ausilio di cuvette contenenti reagenti, i quali a contatto con il campione da analizzare, sprigionano calore. Le cuvette, subito un riscaldamento di 120 minuti a 150 °C, indotto dal termoreattore, sono state inserite nel fotometro per l'analisi. L'andamento rivela come l'impianto di depurazione porti ad un abbassamento di tale parametro, riducendo la richiesta di ossigeno di circa 20 volte.

Dall'osservazione dell'andamento dei solidi sospesi si può attestare come il depuratore abbatta in modo massiccio la quantità iniziale, riducendola di circa 1/3.

L'analisi dei solidi sospesi, eseguita al fotometro, è stata ulteriormente verificata, a cadenza periodica, con l'utilizzo di un Cono Imhoff. Questo strumento rivela lo stato di sedimentazione delle particelle solide all'interno di un liquido. Le osservazioni sono state eseguite su dell'acqua prelevata dalla seconda vasca di ossigenazione (vedi descrizione del depuratore). Risultati delle osservazioni: su 1000 ml totali d'acqua prelevata, si attesta una media che va da 800 a 900 ml di liquido interessata dalla presenza di solidi sospesi; solitamente, di questi 800-900 ml, i 100 ml più superficiali presentano carattere filamentoso, con una diversa disposizione delle particelle nello spazio, le quali risultano meno agglomerate, così da permettere alla luce di filtrare. Quest'indice, quando dovesse scostarsi di molto dall'optimum, può essere abbassato con un'intensificazione nell'uso del filtro dei fanghi.

9. Conclusioni

La tecnica della depurazione delle acque reflue, seguendo il filone dell'ecosostenibilità, che sempre più riscuote consensi da parte di produttori e consumatori, a breve potrebbe diventare obbligatoria. Bisogna, però, mettere in evidenza che le tecniche di depurazione finora conosciute, possono risultare proibitive per qualche cantina: non sono, infatti, da sottovalutare gli elevati costi di costruzione e gestione di un impianto di depurazione a regola d'arte. Non può, perciò, esistere una soluzione universale, ma ogni situazione richiede una valutazione singola, che più si avvicini alle esigenze della cantina.

Il riuso agronomico delle acque reflue di cantina per ammortizzare i costi, può risultare una soluzione gestionale di particolare interesse per le aziende, soprattutto se medio-piccole; in particolare, se il refluo viene impiegato come veicolo per i trattamenti fitoiatrici, si hanno indubbi vantaggi legati al risparmio idrico e alla semplicità di esercizio.

È bene, quindi, che tale pratica sia svolta con serietà e competenza, così da evitare nuovi ed inutili inquinamenti che deturperebbero ulteriormente il nostro pianeta.

Spero, con questo mio lavoro, di aver contribuito ad illustrare quello che è, a mio avviso, un importante e necessario aspetto dell'attività enologica, nell'ottica dell'ecosostenibilità.

Bibliografia

P. Berta, M. Minetti, R. Stecchi, *Il trattamento delle acque reflue in enologia*, Tecniche nuove, Milano, maggio 2003

Metcalf & Eddy, *Ingegneria delle acque reflue*, IV edizione, The McGraw-Hill Companies, Milano, 2006

F. Fanti, *Biologia, microbiologia e biotecnologie* *Technologie di controllo ambientale*, SCIENZE ZANICHELLI, Bologna, marzo 2013

Sito internet: it.wikipedia.org

Ringraziamenti

Ringrazio il signor Ghirardi Dario per l'approccio alla Vinicola Serena srl e la stessa per il periodo di tirocinio accordatomi, l'enotecnico Longo Massimo per il ruolo di tutor e di supporto, e il dottor Meneghetti Stefano per le informazioni circa la parte funzionale del depuratore e le analisi di laboratorio sui reflui di cantina, per la collaborazione nell'organizzazione dei testi e nella correzione delle bozze.

Ringrazio inoltre la Biblioteca della Scuola Enologica di Conegliano per il materiale fornitomi e per la dilazione dei termini di consegna concessami, i professori Antoniazzi Paolo, Santantonio Ornella e Galiazzo Giuseppe per la collaborazione; un ringraziamento particolare al professor Zanetti Nicola per la cortese disponibilità, sin dai primi abbozzi di elaborato, e per l'aiuto nella stesura e nella ricerca di testi e volumi sull'argomento.

Dalla terra tutto deriva e nella terra tutto finisce.

Senofane, Sulla natura, VI-V sec. a.c.



*Qualunque cosa capita alla terra, capita anche ai figli della terra.
Se gli uomini sputano sulla terra, sputano su sé stessi.*

Nativi americani