



REGIONE DEL VENETO

Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/003/636/DEC/22

Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta

Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Depurazione acque reflue: stato di fatto e nuovo progetto

di Seia Michele



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE

1.1 Storia del gruppo e dello stabilimento di Varone

2. ACQUE IN CARTIERA

2.1 Influenza delle materie prime e importanza di un ciclo controllato

2.2 Trattamento delle acque in ingresso

3. LEGISLAZIONE SULLE ACQUE REFLUE E TRATTAMENTI REFLUO AD ALTO CARICO INQUINANTE

3.1 Parametri di legge: definizione di BOD e COD

3.2 Reazione di Fenton

3.3 Trattamento biologico: tipi di trattamento pro e contro di ogni sistema

3.3.1 Fanghi attivi

3.3.2 MBR (Membrane Bioreactor)

3.3.3 MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)

3.4 Tipologie di carrier

4. PROGETTAZIONE

4.1 Stato di fatto: descrizione della situazione attuale

4.2 Problemi e soluzioni: rumore, odore, zona sensibile, spazio disponibile

4.3 Progetto

5. FASE AUTORIZZATIVA

5.1 Screening

5.2 VIA (Valutazione Impatto ambientale)

5.3 AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale)

6. FASE ESECUTIVA

6.1 Fasi durante lo switch

7. RISULTATI ATTESI

1. STORIA DEL GRUPPO E DELLO STABILIMENTO DI VARONE

Lo stabilimento è situato a Varone, frazione del comune di Riva del Garda (TN), e opera da oltre un secolo nella produzione di carta e materiali cellulosici. Nel 1938, la famiglia Fedrigoni, già attiva nel settore cartario dal 1888 con le Cartiere Fedrigoni di Verona, acquisì la Cartiera del Varone. Questa acquisizione rappresentò un passo importante nell'espansione dell'azienda, che mirava a consolidare la propria presenza nel settore della produzione di carta.

Lo stabilimento è articolato nelle seguenti aree operative:

- **Zona Preparazione Impasti:**
dotata di tre pulper, due dei quali dedicati alla lavorazione della materia prima (cellulosa) e uno destinato al recupero dei fogliacci. Il pulper a alta densità alimenta la macchina continua 1, mentre quelli a media densità sono destinati alla continua 2 e al recupero dei fogliacci.
- **Reparto Fabbricazione:**
 - Continua 1: formato utile di 230 cm, velocità fino a 630 m/min, un range di grammature che va da 55 g/m² fino a 350 g/m².
 - Continua 2: formato utile di 155 cm, velocità massima di 250 m/min. un range di grammature che va da 80 g/m² fino a 350 g/m². In questa macchina il rotolo viene avvolto direttamente su una “busta” di cartone.
- **Reparto Allestimento:**
 - 3 ribobinatrici (2 con cavaliere e 1 senza)
 - 2 taglierine: una in grado di caricare direttamente rotoli jumbo provenienti dalla continua (formato max 230 cm), l'altra adatta a bobine con anime in cartone (formato max 160 cm)
 - 1 accoppiatrice
 - 1 impaccatrice
 - 2 linee forno
 - 3 goffratrici

2. ACQUE IN CARTIERA

Le cartiere, come tutte le industrie produttive, devono affrontare quotidianamente diverse sfide ambientali. Queste sfide possono essere di natura amministrativa e legislativa, oppure volontarie, mirate alla sostenibilità ambientale per la salvaguardia del nostro futuro. Data la natura del processo di produzione della carta, le emissioni in atmosfera e l'inquinamento delle risorse idriche sono particolarmente cruciali per questo settore. L'acqua infatti riveste un ruolo centrale nel processo produttivo. Essa funge da veicolo per le fibre di cellulosa, che vengono disperse in una sospensione composta per il 94-95% da acqua. Durante la formazione della carta, questa viene progressivamente rimossa, inizialmente per gravità sulla tavola piana, successivamente mediante presse ed infine tramite calore nella fase di essiccazione, fino a raggiungere le percentuali di secco previste dagli standard produttivi.

2.1 INFLUENZA DELLE MATERIE PRIME E IMPORTANZA DI UN CICLO CONTROLLATO

Durante il processo di produzione, l'acqua rimossa contiene residui del processo produttivo, tra cui coloranti, fini, fibre non recuperate, cariche minerali. Per ottimizzare ed evitare che le materie prime vadano disperse nelle acque è importante tenere sotto controllo il ciclo delle prime acque. I principali parametri di controllo nelle acque di processo sono: PCD, pH, temperatura, torbidità e colore mediante l'utilizzo della scala platino cobalto. Sull'impasto invece viene solitamente misurato il potenziale Z.

- **PCD (Particle Charge Detector):** Misura la quantità di cariche positive necessarie per neutralizzare le cariche negative presenti in una soluzione. Particolarmente utile per analizzare soluzioni colloidali, dove le particelle sono finemente disperse e presentano cariche elettriche che influenzano la stabilità e le proprietà.
- **pH:** Logaritmo negativo in base 10 della concentrazione, espressa in mol/L, di ioni idronio (H_3O^+).
- **Temperatura:** Influisce sulla solubilità dei composti e sulla velocità delle reazioni chimiche.
- **Torbidità:** Indica la presenza di particelle sospese nell'acqua, che possono influenzare la qualità del prodotto finale.
- **Platino Cobalto (Scala Pt/Co):** Indica la presenza di particelle solide sospese nell'acqua.
- **Potenziale Z:** è una misura della carica elettrica superficiale delle particelle in sospensione in un liquido, come le fibre di cellulosa nell'impasto per la produzione della carta. Questo parametro è cruciale per garantire la stabilità delle sospensioni,

prevenendo la flocculazione e assicurando una distribuzione uniforme delle fibre, migliorando così la qualità del prodotto finale. Dalla corretta interpretazione del potenziale zeta si ottimizza l'uso di ritentivi e coagulanti, aumentando l'efficienza degli additivi chimici utilizzati nel processo di produzione.

La scelta delle materie prime è determinata dalle caratteristiche del prodotto finale che si desidera ottenere. Di conseguenza, le materie prime influenzano la qualità delle acque di scarico e l'efficienza del processo di depurazione. Alcuni esempi di materie prime sono i coloranti e la BCTMP (fibra ottenuta tramite processo chemi-termomeccanico) che hanno un impatto significativo sul carico inquinante COD delle acque reflue.

- **Coloranti:** I coloranti possono contenere composti organici (ad esempio acido acetico per i coloranti cationici) che aumentano il COD delle acque reflue. Questi composti richiedono ossigeno per essere decomposti dai microrganismi, aumentando così la domanda chimica di ossigeno.
- **BCTMP:** La fibra ottenuta tramite il processo chimico-termomeccanico rilascia sostanze organiche solubili, come lignina e acidi grassi, nelle acque reflue. Queste sostanze aumentano significativamente il COD, poiché richiedono una grande quantità di ossigeno per la loro ossidazione.

2.2 TRATTAMENTO DELLE ACQUE IN INGRESSO

Le acque utilizzate nello stabilimento di Varone provengono da fonti superficiali e, per questo motivo, subiscono un trattamento di filtrazione tramite filtri a sabbia all'ingresso. Questi filtri sono costituiti da vari strati di granulometria differenti: gli strati a granulometria inferiore sono posti in basso, mentre quelli di granulometria maggiore si trovano più in alto. Successivamente, viene impiegato un coadiuvante per la chiarificazione, che aiuta a separare dall'acqua i solidi sospesi, riducendo così la torbidità. Infine, le acque subiscono un trattamento con l'aggiunta di un biocida, utilizzato per prevenire la crescita di microrganismi dannosi e per controllare l'attività batterica e fungina. Questo trattamento contribuisce a mantenere pulite le condotte e le attrezzature, migliorando l'efficienza del processo produttivo.

3. LEGISLAZIONE SULLE ACQUE REFLUE E TRATTAMENTI REFLUO AD ALTO CARICO INQUINANTE

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (TUA - Testo Unico Ambientale) tratta le emissioni in acqua nella Parte Terza del documento. Questa sezione stabilisce i valori limite di emissione per diverse sostanze e parametri, come il pH, la temperatura, il colore, i solidi sospesi totali, il COD, il BOD, l'azoto totale e il fosforo totale i metalli pesanti, e molti altri. Le acque di scarico di una cartiera devono rispettare i parametri di legge per garantire la tutela dell'ambiente e la salute pubblica. Rispettare tali parametri è fondamentale non solo per evitare sanzioni legali, ma anche per promuovere pratiche industriali sostenibili e responsabili. Assicurare la conformità alle normative ambientali vigenti contribuisce a preservare le risorse idriche e a proteggere gli ecosistemi locali.

3.1 DEFINIZIONE DI BOD, BOD5 E COD E VALORI LIMITE PER LO SCARICO DELLE ACQUE

- **BOD:** La Domanda Biochimica di Ossigeno misura la quantità di ossigeno necessaria ai microrganismi per decomporre la materia organica presente in un campione di 1 L di acqua. È un indicatore della quantità di materia organica biodegradabile nell'acqua.
- **BOD5:** Il BOD5 si riferisce alla determinazione effettuata dopo 5 giorni ed è un indice indiretto ma affidabile della concentrazione di sostanza organica biodegradabile, poiché è stato verificato che rappresenta circa i 2/3 del totale presente nel campione.
- **COD:** La Domanda Chimica di Ossigeno rappresenta invece la quantità di ossigeno necessaria per ossidare chimicamente sia la materia organica che quella inorganica presente in un campione d'acqua. Questo parametro è misurato in milligrammi di ossigeno per litro (mgO_2/L) e fornisce un'indicazione della quantità totale di sostanze ossidabili.

Questi valori vengono attentamente monitorati poiché un aumento di COD e BOD riduce la disponibilità di ossigeno disciolto, essenziale per la vita acquatica, portando alla morte di pesci e altri organismi. Questo fenomeno può essere aggravato dall'effetto diga, che limita il flusso naturale dell'acqua, causando accumulo di inquinanti e sedimenti. Inoltre, l'eutrofizzazione, causata dall'eccesso di nutrienti come azoto e fosforo, porta alla proliferazione di alghe e piante acquatiche. Quando queste alghe muoiono, la loro

decomposizione consuma ulteriormente l'ossigeno, creando zone anossiche e peggiorando la qualità dell'acqua.

Alcuni effetti negativi dell'eutrofizzazione sono:

- **Diminuzione della biodiversità:** La mancanza di ossigeno può causare la morte di molte specie acquatiche, riducendo la diversità biologica.
- **Cattivo odore e torbidità:** La decomposizione delle alghe può causare cattivi odori e aumentare la torbidità dell'acqua.

PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	LIMITI DI LEGGE OUT (T.U.L.P.)	LIMITI DI LEGGE OUT (NAZIONALI)
Torbidità	fau	-	-
pH	pH	6-8.5	5.5-9.5
Materiali sosp. tot	mg/l	40	80
COD Tot.	mg/l O ₂	100	160
COD Sol.	mg/l O ₂	-	-
BOD	mg/l O ₂	40	40
Cloro tot.	mg/l Cl	0,1	0,2
Alluminio	mg/l Al	1	1
Ferro	mg/l Fe	2	2
Rame	mg/l Cu	0,1	0,1
Zinco	mg/l Zn	0,5	0,5
Piombo	mg/l Pb	0,1	0,2
Cromo 3	mg/l Cr	2	2
Cromo 6	mg/l Cr	0,1	0,2
Cadmio	mg/l Cd	0,01	0,02
Fosforo totale	mg/l P	0,5	10
Azoto ammoniacale	mg/l NH ₄	3	15
Azoto nitrico	mg/l NO ₃ ⁻	10	20
Azoto nitroso	mg/l NO ₂ ⁻	0,3	0,6
Solfati	mg/l SO ₄	1000	1000
Cloruri	mg/l Cl	1200	1200
Oli minerali	mg/l	5	5
Tensioattivi	mg/l	2	2

3.2 REAZIONE DI FENTON

Gli scarichi ad alto COD dello stabilimento di Varone, ovvero i gli scarichi derivanti dai trattamenti superficiali della size/film press, vengono trattati tramite la reazione di Fenton. Infatti, è presente una linea separata che porta dalla vasca di raccolta dei bagni di entrambe le macchine ad un vascone adibito a collettare questi scarichi.

La reazione di Fenton è un processo chimico utilizzato principalmente per la degradazione di contaminanti organici nelle acque reflue. Il reattivo di Fenton è costituito da una soluzione di perossido di idrogeno (H_2O_2) e ioni ferroso (Fe^{2+}) in ambiente acido. Il meccanismo della reazione di Fenton coinvolge la decomposizione del perossido di idrogeno catalizzata dagli ioni Fe^{2+} , che produce radicali idrossilici ($\text{OH}\cdot$) altamente reattivi. Questi radicali ossidano i contaminanti organici, trasformandoli in composti meno nocivi come acqua e anidride carbonica. L'ambiente acido è fondamentale per:

- **Stabilità degli ioni Fe^{2+} :** In ambiente acido, gli ioni ferrosi (Fe^{2+}) rimangono solubili e disponibili per catalizzare la decomposizione del perossido di idrogeno (H_2O_2). Se il pH è troppo alto, il ferro precipita come idrossido di ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), riducendo l'efficacia della reazione.
- **Efficienza della reazione:** Il pH ottimale per la reazione di Fenton è generalmente compreso tra 3 e 5. A questo intervallo di pH, la produzione di radicali $\text{OH}\cdot$ è massimizzata, migliorando l'efficienza del processo di ossidazione



La durata ottimale del processo Fenton dipende dal tipo di reflu da trattare e, ovviamente, dalla concentrazione dei vari reagenti. I tempi di reazione possono andare da una alle svariate ore. Osservando le variazioni di colore della miscela sottoposta a trattamento, si può valutare il progredire della reazione; infatti, se il processo avanza positivamente, il colore del reflu si chiarifica. Una volta terminata la reazione è importante basificare, solitamente tramite calce idrata, per diverse ragioni:

- **Neutralizzazione dell'Ambiente Acido:** La reazione di Fenton avviene in ambiente acido. Dopo la reazione, è necessario riportare il pH a livelli neutri per rendere l'acqua trattata sicura per ulteriori processi di depurazione e per il rilascio nell'ambiente.
- **Precipitazione del Ferro:** A pH neutro o basico, il ferro precipita come idrossido di ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Questo permette di rimuovere il ferro dall'acqua trattata e rimuoverlo tramite i fanghi di cartiera.

- **Stabilità dei Prodotti Finali:** La neutralizzazione del pH aiuta a stabilizzare i prodotti finali della reazione, prevenendo la formazione di sottoprodotti indesiderati

La reazione di Fenton offre numerosi vantaggi, rendendola una scelta popolare per il trattamento delle acque reflue e la bonifica ambientale. Ecco alcuni dei principali vantaggi:

- **Elevata Efficienza di Degradazione:** I radicali idrossilici generati nella reazione di Fenton sono estremamente reattivi e possono ossidare una vasta gamma di contaminanti organici.
- **Versatilità:** Può essere applicata a una varietà di matrici, tra cui acque di scarico, fanghi e terreni contaminati.
- **Rimozione di Colore e Odore:** È efficace nella rimozione di colore e odore dalle acque reflue, migliorando la qualità dell'acqua trattata.
- **Riduzione del BOD e COD:** La reazione di Fenton può ridurre il carico organico delle acque reflue, abbassando i livelli di domanda biochimica di ossigeno (BOD) e domanda chimica di ossigeno (COD)

Nonostante i suoi numerosi vantaggi, presenta alcune limitazioni che possono influenzarne l'efficacia e l'applicabilità. Le principali sono:

- **Sensibilità al pH:** La reazione di Fenton è più efficiente in un intervallo di pH acido (tra 3 e 5)
- **Formazione di Fanghi:** La precipitazione del ferro porta alla formazione di fanghi, che richiedono ulteriori trattamenti.
- **Consumo di Reagenti:** La reazione richiede perossido di idrogeno e ioni ferro, il che ha dei costi operativi.
- **Efficienza Variabile:** L'efficienza della reazione varia in base alla concentrazione dei contaminanti presenti.
- **Tempo e quantità acqua trattata:** l'esecuzione della reazione necessita di tempi di reazione e si può applicare su piccoli quantitativi d'acqua

Le principali problematiche riscontrate attualmente nello stabilimento riguardano il fatto che vengono trattati esclusivamente i reflui ad alto COD provenienti dagli scarichi della size/film press, mentre le acque di processo non sono sottoposte a trattamenti specifici per ridurre in maniera significativa il carico inquinante, in particolare in termini di COD.

3.3 TRATTAMENTO BIOLOGICO: TIPI DI TRATTAMENTO PRO E CONTRO DI OGNI SISTEMA

Negli anni è andato sempre più a diffondersi il processo biologico sul trattamento delle acque reflue. Questo processo è andato sempre più in miglioramento. Nel 1913, negli Stati Uniti, fu progettato il primo impianto di trattamento delle acque utilizzando un processo biologico, noto come "fanghi attivi". L'idea alla base del processo era quella di utilizzare microrganismi per degradare la materia organica presente nelle acque reflue. In questo sistema, le acque reflue venivano miscelate con fango attivo (contenente batteri e altri microrganismi), poi ossigenate per favorire la proliferazione dei microrganismi che digerivano i contaminanti. Il fango che non veniva trattenuto veniva separato tramite decantazione. Questo processo si rivelò efficace e divenne rapidamente il metodo di riferimento per il trattamento delle acque reflue in molte città del mondo. Negli anni successivi, i sistemi a fanghi attivi furono perfezionati e adattati per gestire diverse tipologie di acque reflue. Con il passare degli anni, la tecnologia si è evoluta e sono stati sviluppati nuovi metodi di trattamento biologico. Oggi, il trattamento biologico delle acque è molto avanzato e offre diverse opzioni in base alle specifiche esigenze. Ecco alcune delle principali tecnologie moderne:

FANGHI ATTIVI:

Funzionamento

Il processo biologico a fanghi attivi sfrutta l'azione metabolica di microrganismi per degradare la materia organica presente nelle acque reflue. Le acque reflue vengono introdotte in una vasca di aerazione, dove l'ossigeno viene insufflato per favorire la crescita dei microrganismi aerobici. I microrganismi metabolizzano le sostanze organiche, trasformandole in composti più semplici e meno nocivi. Durante questo processo, i microrganismi si aggregano formando fiocchi di fango attivo, che possono essere facilmente separati dall'acqua depurata. La miscela di acqua e fanghi attivi passa poi a una vasca di sedimentazione, dove i fiocchi di fango si depositano sul fondo e l'acqua depurata viene raccolta dalla superficie. Parte del fango attivo viene ricircolato nella vasca di aerazione per mantenere una concentrazione adeguata di microrganismi, mentre il fango in eccesso viene smaltito.

Pro:

- Elevata efficienza di depurazione: Produce effluenti di alta qualità, adatti per il rilascio in ambienti sensibili.
- Modularità: Gli impianti possono essere facilmente ampliati o modificati per adattarsi a diverse esigenze.

Contro:

- Sensibilità alle variazioni: La variazione del carico organico può influenzare l'efficienza del processo.
- Problemi di bulking: La crescita eccessiva di batteri filamentosi può causare problemi di sedimentazione e ridurre l'efficienza del trattamento.
- Richiesta di Spazio: Gli impianti possono richiedere spazi significativi per le vasche di aerazione e sedimentazione.

Conclusioni:

Il processo biologico a fanghi attivi è una tecnologia consolidata e versatile per il trattamento delle acque reflue, con numerosi vantaggi ma anche alcune limitazioni. La scelta di questo sistema dipende dalle specifiche esigenze di trattamento e dalle condizioni operative.

3.3.1 MBR (Membrane Bioreactor)

Principio di funzionamento: L'MBR combina il trattamento biologico, simile a quello dei fanghi attivi, con la filtrazione a membrana. Il processo biologico avviene in un bioreattore, dove i microrganismi decompongono i contaminanti organici, e le membrane (tipicamente microfiltrazione o ultrafiltrazione) separano i solidi sospesi, i batteri e altri contaminanti dall'acqua trattata. Le membrane permettono di ottenere acque depurate con solidi sospesi molto bassi o nulli.

Vantaggi:

- Ottima qualità dell'acqua trattata, con riduzione dei solidi sospesi e dei patogeni.
- Può trattare acque con carichi organici molto elevati.
- Non necessita di fasi separate di sedimentazione, poiché la membrana agisce come filtro.

Svantaggi:

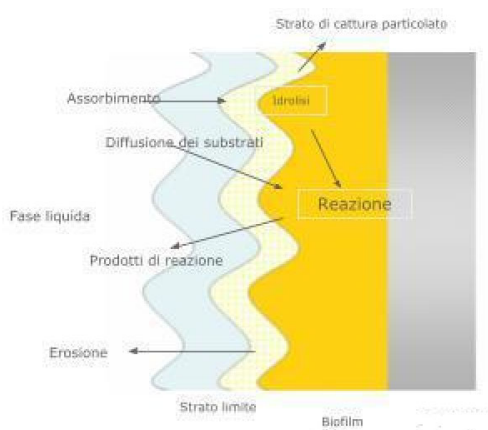
- Maggiore costo iniziale e operativo rispetto ad altre tecnologie.
- Le membrane possono ostruirsi nel tempo, richiedendo interventi di manutenzione e pulizia regolare.
- Maggiore consumo energetico a causa della necessità di pompaggio per attraversare le membrane.

Conclusioni:

MBR è più adatto per situazioni in cui è necessario ottenere acque molto depurate, come nel riuso delle acque o per acque reflue industriali ad alta concentrazione di inquinanti. Offre una qualità superiore grazie alla filtrazione a membrana, ma comporta costi più elevati e maggiore manutenzione.

3.3.2 MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)

Principio di funzionamento: In questo caso, a differenza dei metodi precedentemente citati, la biomassa attiva si sviluppa all'interno del reattore biologico sotto forma di un biofilm di spessore variabile, che aderisce alla superficie di supporti inerti di diversa forma, dimensione e materiale. La particolarità di tali processi, rispetto a quelli a biomassa sospesa, risiede nell'importanza dei fenomeni diffusivi nel movimento dei substrati (contaminanti organici, nutrienti, ossigeno, ecc.) e dei prodotti di reazione (anidride carbonica, azoto, nitrati, ecc.) all'interno dello strato limite tra liquame e pellicola biologica, nei due sensi opposti.



Vantaggi:

- La biomassa attiva non necessita di essere mantenuta nel sistema tramite dispositivi di ricircolo dei fanghi. Il fango rimane imprigionato nel sistema poiché aderisce al riempimento, e la sua "età", ovvero il tempo di residenza cellulare, è completamente disgiunto dal tempo di residenza idraulica del liquame.
- I processi a biomassa adesa sono autoregolanti, nel senso che la quantità di biomassa (cioè l'offerta di depurazione) presente nel sistema varia automaticamente in base alle caratteristiche del refluo in ingresso (domanda di depurazione). Questo assicura un'elevata stabilità di processo e una grande flessibilità di esercizio.
- La quantità di biomassa attiva presente nel reattore è indipendente dalle caratteristiche di sedimentabilità del fango, a differenza dei processi a biomassa sospesa, per i quali il peggioramento di questo parametro è il principale motivo di deterioramento delle prestazioni del sistema.

Le principali caratteristiche dei reattori a letto mobile possono essere riassunte nei seguenti aspetti:

- Operano in continuo, con una configurazione molto simile ai fanghi attivi convenzionali.
- Non richiedono controllavaggi, poiché non sono soggetti ad intasamento.
- Non inducono la formazione di percorsi preferenziali tra i supporti, grazie al fatto che il letto è mobile.

Svantaggi:

- Costo iniziale elevato: i supporti (carrier) per la crescita del biofilm e il sistema di aerazione richiedono investimenti significativi.
- Usura e sostituzione dei carrier: i supporti mobili possono usurarsi nel tempo
- Rischio di perdita di carrier: in caso di guasti ai sistemi di contenimento (griglie, reti), i supporti possono essere trascinati via con l'effluente.
- Efficienza legata a un buon controllo dell'aerazione: una cattiva gestione dell'ossigenazione può compromettere l'efficienza del trattamento.
- Difficoltà di espansione o modifica dell'impianto: una volta progettato il volume e la quantità di carrier, modificare l'impianto per aumentare la capacità può risultare complesso.
- Richiede vasche di buona geometria: le vasche devono essere progettate per garantire una buona miscelazione e una distribuzione omogenea dei carrier.

Come progetto per il miglioramento del trattamento delle acque reflue della cartiera di Varone la scelta è ricaduta sul sistema MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) data la sua versatilità. La progettazione dell'impianto mira a garantire sempre la depurazione del refluo, anche in modo parziale, per evitare l'interruzione della produzione. Il progettato prevede opportuni by-pass che assicurano una depurazione completa anche a portate ridotte, garantendo così la continuità del processo di depurazione. Il sistema MBR (Membrane Bioreactor) per la variabilità del refluo da trattare del sito di Varone presenta un punto critico nelle membrane, che potrebbero intasarsi e fermare l'impianto, lasciando come unica soluzione il by-pass del trattamento biologico. Il sistema a fanghi attivi classico invece avrebbe richiesto troppo spazio, non disponibile data la collocazione della zona di depurazione.

3.4 TIPOLOGIE DI CARRIER

Essendo l'MBBR un processo basato sul biofilm, il cuore del processo è il carrier (o supporto), sul quale tale biofilm si deve sviluppare. I supporti sono realizzati in polietilene ad alta densità, molto vicina a quella dell'acqua. La capacità di adesione e colonizzazione dei microrganismi sulle superfici solide sommerse è sufficientemente diffusa da consentire l'utilizzo dei più disparati materiali di supporto per l'attecchimento e lo sviluppo di pellicole biologiche. Tra i parametri più importanti di un supporto si fa riferimento a:

- Struttura e forma
- Superficie specifica
- Tasso di riempimento
- Densità



La struttura e la forma dei supporti biologici sono estremamente variabili, poiché esiste una serie di supporti specializzati per diversi processi biologici (denitrificazione, rimozione BOD5 ad alto carico, rimozione BOD5 a basso carico, nitrificazione, ecc.). Non tutta la superficie dell'elemento consente l'adesione del biofilm: quella esterna soffre della continua collisione reciproca del materiale causata dalla sua movimentazione, con conseguente abrasione della pellicola biologica che tenta di svilupparsi in quelle aree.

La superficie specifica protetta è il rapporto tra la superficie del mezzo di supporto effettivamente disponibile per l'attecchimento e lo sviluppo della pellicola biologica e il volume in mucchio del riempimento stesso. È pertanto un indice della disponibilità di spazi di adesione superficiale del mezzo di supporto, direttamente colonizzabili dalle colonie batteriche e, di conseguenza, della concentrazione di biomassa adesa che è possibile mantenere nel reattore biologico.

La caratteristica principale dei supporti è quindi quella di avere una superficie specifica protetta particolarmente elevata, quanto maggiore possibile, in modo da concentrare al massimo la biomassa all'interno del reattore biologico. Infatti, quanto più alto è questo parametro, tanto minore sarà il quantitativo (in m³) del materiale richiesto e quindi tanto più piccolo sarà il reattore biologico rispetto a un convenzionale processo a fanghi attivi. In generale, più alta è la superficie protetta, più alti sono i carichi volumetrici applicabili e più compatti sono i reattori.

Il tasso di riempimento (espresso in m³ di materiale/m³ di vasca o in percentuale) è il rapporto tra il volume apparente (pieni + vuoti) occupato dal mezzo di supporto in vasca vuota e il volume della vasca stessa. Rappresenta, in altre parole, la concentrazione degli elementi presenti all'interno del reattore. I valori tipici del tasso di riempimento variano comunque dal 25 al 50%, mentre per alcune tipologie di carrier è possibile arrivare fino a un massimo del 67%. L'aspetto fondamentale che limita questo fattore è la capacità di miscelazione, che a sua volta dipende essenzialmente dal peso specifico del materiale adottato. La densità del mezzo di supporto ha particolare interesse applicativo per i letti mobili perché i mezzi di supporto che hanno densità leggermente inferiori o leggermente superiori a quelle dell'acqua risultano particolarmente efficaci a causa della loro facilità di movimentazione. In particolare, quelli con densità maggiore sono più facilmente movimentabili e consentono tassi di riempimento maggiori.

Un'altra limitazione per lo sviluppo delle pellicole biologiche sugli elementi mobili è data dall'intensità delle forze di taglio, dall'abrasione e dalla forma stessa degli elementi. Per questo, la forma dei supporti sviluppati per i reattori a letto mobile è caratterizzata dalla presenza di cavità interne in grado di proteggere il biofilm dall'abrasione. A questo scopo si prestano bene strutture tubolari, delle quali si colonizza la parte interna, o strutture reticolari.

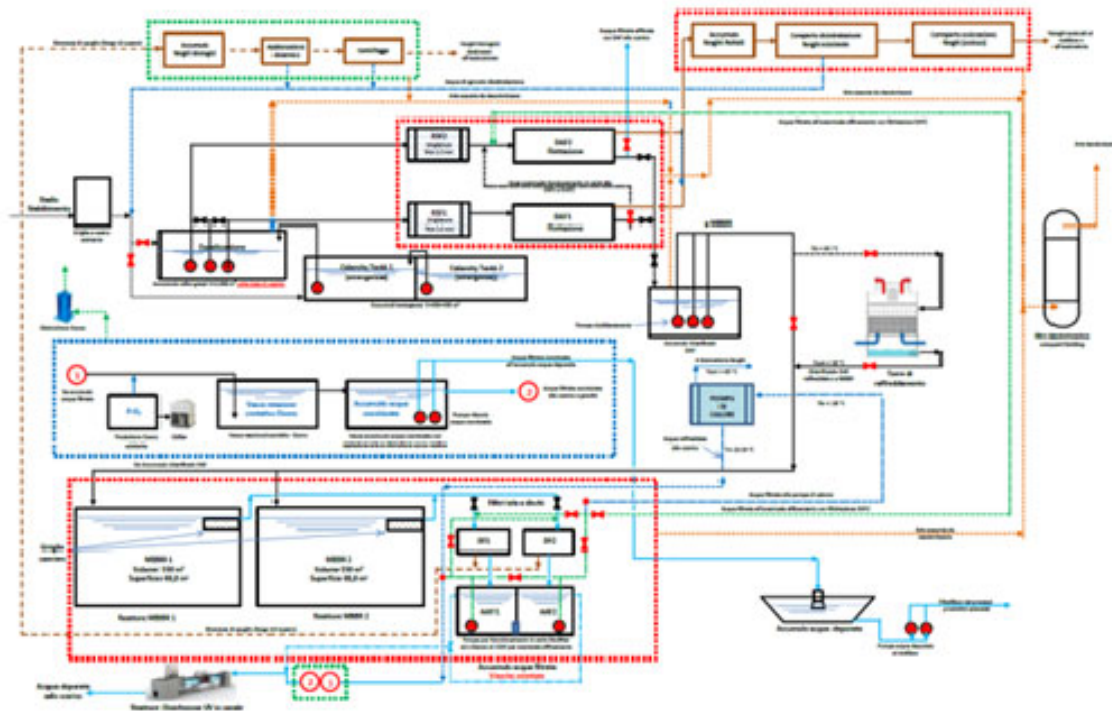
Il materiale utilizzato per la realizzazione degli elementi presenta anche elevata stabilità chimica (resistenza all'aggressione da parte di soluzioni acide o alcaline, agenti ossidanti, oli, grassi, alcoli) e biologica (non biodegradabilità). Gli elementi devono infine possedere buone caratteristiche meccaniche, specie di resistenza all'usura, in modo da garantire un periodo di vita di molti anni, giustificando pertanto nel tempo il costo di investimento.

Nei reattori, la movimentazione è assicurata dall'insufflazione d'aria mediante diffusori posizionati sul fondo della vasca. Grazie all'effetto "air-lift" dovuto alla spinta dell'aria, si induce la circolazione dei supporti all'interno del reattore.

Una delle caratteristiche fondamentali della biomassa adesa è la sua altissima specializzazione, che spiega da un lato il motivo per cui sono stati studiati differenti tipi di supporto, ciascuno ad hoc per un particolare processo, dall'altro lato il motivo per cui gli impianti MBBR sono costituiti da una serie di reattori in sequenza. Solo con questa configurazione è, infatti, possibile ottimizzare, sia dal punto di vista ingegneristico, sia da quello biologico, lo svolgimento dei vari processi depurativi (nitrificazione, denitrificazione, rimozione del carbonio).

I supporti sono trattenuti all'interno dei vari reattori grazie alla presenza di griglie di separazione, che consentono il passaggio del solo liquame. Le griglie possono avere

diverse forme e caratteristiche a seconda della forma e delle dimensioni del carrier e del reattore. In particolare si distinguono le griglie piane da quelle cilindriche e ciascuno dei due tipi può essere realizzato a barre oppure a fori di forme diverse.



4. PROGETTAZIONE

Negli ultimi due anni ha preso sempre più forma la progettazione di un completo rifacimento del sistema di trattamento delle acque reflue prima dello scarico, con l'obiettivo di incrementare i volumi trattabili e integrare un trattamento biologico. Attualmente, infatti, tra le principali criticità dell'impianto si evidenziano la capacità limitata della vasca di equalizzazione e l'assenza di un sistema in grado di ridurre in modo significativo il carico inquinante. Per una cartiera come quella di Varone, in continua evoluzione e orientata al miglioramento, non è sostenibile dover limitare l'utilizzo di determinate materie prime, come BCTMP e coloranti cationici, per contenere i carichi inquinanti allo scarico.

4.1 STATO DI FATTO:

Al momento i principali elementi dell'impianto sono:

- **Grigliatura:** Solitamente è il primo trattamento che si applica ad un impianto di depurazione, viene utilizzato per l'eliminazione di solidi quali carta, plastiche, pezzi di legno ecc. La grigliatura si ottiene facendo passare l'acqua attraverso una parte fissa composta da una serie di sbarre che ostacolano il passaggio a questi materiali, solitamente la pulizia di questa griglia avviene in maniera automatizzata mediante l'utilizzo di un rastrello dentato che va ad eliminare questi materiali. Gli scarti di grigliatura vengono così raccolti per essere sminuzzati o comunque smaltiti.
- **Vasca di equalizzazione e vasca di emergenza:** Le acque da depurare vengono raccolte e convogliate verso un sistema di by-pass, il quale regola l'ingresso alle due vasche, V1 e V2. La vasca V1, normalmente vuota, è destinata a ricevere e trattare i reflui che non rispettano i consueti standard qualitativi, nonché lo scarico derivante dal processo Fenton. In questa vasca, l'acqua viene isolata e sottoposta a trattamento; successivamente, tramite una pompa dedicata, è possibile reinserirla nel ciclo ordinario, dosando con precisione la quantità di refluo da trasferire alla vasca V2. La vasca V2 funge da bacino di equalizzazione e omogeneizzazione ed è direttamente collegata al circuito principale di trattamento delle acque reflue. In questa vasca viene dosato il PAC (policloruro di alluminio) come coagulante. Entrambe le vasche hanno una capacità di circa 450 m³ ciascuna.
- **Decantatore:** Il processo ha inizio con la creazione di una fase di quiete, durante la quale avviene la sedimentazione delle particelle più dense presenti nell'acqua, che precipitano sul fondo. Lo ione alluminio, rilasciato dal PAC agisce come

coagulante, neutralizzando le cariche elettriche delle particelle colloidali e favorendone l'aggregazione iniziale. Successivamente, all'ingresso del decantatore, viene dosato un polimero anionico che svolge la funzione di flocculante. Questo lega tra loro i microflocchi già formati, dando origine a fiocchi più grandi e pesanti, che sedimentano più facilmente, migliorando l'efficienza del processo di chiarificazione. Il sedimentatore, anche detto vasca chimico-fisica, è di forma circolare ha volume di circa 1200 m³. L'acqua in ingresso viene immessa al centro della vasca, mentre quella chiarificata esce lungo il perimetro per stramazzo. I fanghi si accumulano sul fondo della vasca, che è inclinato a forma di cono, e vengono convogliati verso il centro tramite lame raschia fanghi. Queste operano a bassa velocità per evitare turbolenze, così da non rimettere in sospensione i fanghi già depositati.



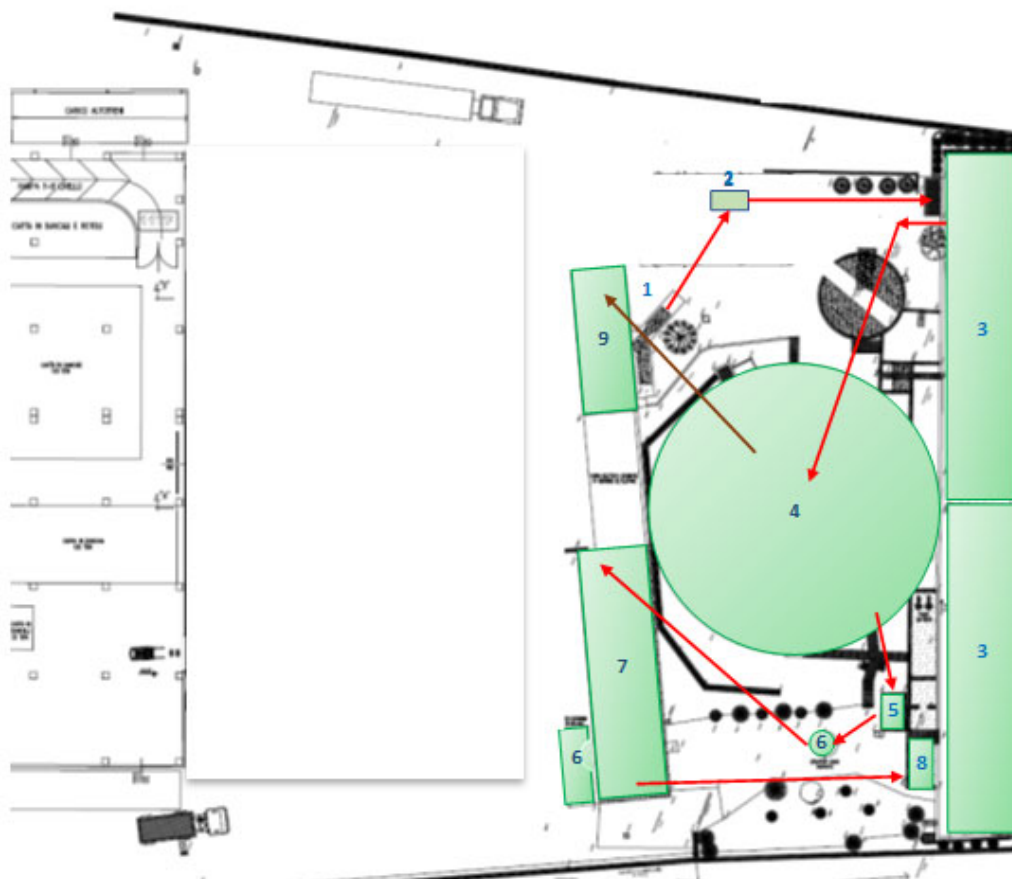
- **Ozono:** L'ozono viene prodotto sempre sul posto da un generatore di ozono poiché in forma gassosa non è conservabile. L'ozono (O₃) viene generato artificialmente attraverso un processo chiamato scarica a corona, in cui una scarica elettrica ad alta tensione viene applicata a un flusso di ossigeno (O₂). Questo provoca la scissione delle molecole di ossigeno in atomi singoli, i quali si ricombinano successivamente per formare molecole triatomiche di ozono:



L'ozono così prodotto viene immediatamente utilizzato nel trattamento delle acque reflue, in particolare per la rimozione dei coloranti e di altri composti organici persistenti. Grazie al suo elevato potere ossidante, l'ozono attacca le molecole colorate, rompendo i doppi legami coniugati presenti nei cromofori, responsabili della colorazione visibile. Questo porta alla decolorazione dell'acqua e alla parziale ossidazione dei contaminanti organici. Oltre all'effetto decolorante, l'ozono contribuisce a: migliorare la biodegradabilità del refluo; ridurre la domanda chimica di ossigeno (COD).

- **Filtri a sabbia:** L'acqua in uscita da questi trattamenti può anche contenere al suo interno una discreta quantità di solidi fini che non sono stati separati a causa delle loro piccole dimensioni; la rimozione di questi può essere ottenuta per filtrazione, ottenuta attraverso dei filtri a letto di sabbia.
- **Lampade UV:** l'acqua prima di essere scaricata a fiume viene disinfettata mediante lampade UV.
- **Pressa fanghi:** Il sistema è costituito da due componenti principali: un addensatore a dischi, che consente di separare una significativa quantità d'acqua dal fango, e una vite disidratatrice, nella quale il fango viene ulteriormente trattato fino a raggiungere un grado di secco di circa 55%.





NUMERO IDENTIFICATIVO	COMPARTO
1	Grigliatura automatica esistente
2	Pozzetto ripartizione portata reflui grezzi
3	Accumulo sollevamento attuale
4	Chiariflocculatore chimico-fisico attuale
5	Risollevamento refluo al comparto di ozonizzazione
6	Comparto di produzione e reazione/contatto ozono
7	Filtrazione finale a sabbia
8	Pozzetto scarico acqua depurata
9	Disidratazione fanghi Kufferath

4.2 PROBLEMI E SOLUZIONI

Lo stabilimento è situato all'interno dell'abitato di Varone, in prossimità di edifici residenziali. Non sono presenti altre zone produttive nelle vicinanze. Il trattamento dei reflui derivanti dal processo produttivo avviene in un'area a sud dello stabilimento. Data la vicinanza alle abitazioni, è fondamentale prestare particolare attenzione al controllo del rumore e degli odori.



- **Odore:** In seguito alle modifiche previste all'impianto di depurazione, essendo racchiuso tutto il processo in un edificio, le uniche sorgenti emmissive dal punto di vista odorigeno sono i camini di espulsione degli scrubber. Tali scrubber sono appositamente dimensionati per il controllo degli odori dei successivi comparti dell'edificio adibito alla depurazione dei reflui prodotti dalla cartiera. Il trattamento degli odori al piano superiore dove ci potranno essere potenziali emissioni dalle vasche di reazione verrà effettuato utilizzando uno scrubber a secco contenente una miscela di carbone attivo e allumina attivata. I granuli di allumina impregnata svolgono un abbattimento chimico-fisico a secco delle molecole indesiderate. Questi prodotti sono in grado di abbattere in maniera irreversibile un'ampia gamma di composti gassosi maleodoranti, portandoli al di sotto della soglia di percezione dell'odore. Immediatamente dopo l'assorbimento fisico, si attivano le reazioni chimiche responsabili dell'eliminazione dei composti indesiderati. Tali reazioni variano a seconda del composto da eliminare e della sostanza chimica impregnata sull'allumina. Grazie a questo processo combinato di adsorbimento fisico e trasformazione chimica, i composti gassosi vengono intrappolati nei pori come prodotti di reazione solidi, inodori e inerti, garantendo un abbattimento irreversibile degli odori. I prodotti di reazione solidi rimangono intrappolati nei pori dei granuli, scongiurando ogni possibilità di rilascio. Al piano inferiore, l'aspirazione e il trattamento dell'aria del locale fanghi disidratati sarà

garantita da uno scrubber orizzontale a doppio stadio. Nel primo stadio, l'aria entra nello scrubber e viene spruzzata con acqua, catturando e trattenendo le particelle di polvere presenti nell'aria. Prima di passare al secondo stadio, l'aria attraversa un separatore di gocce, che rimuove le gocce di soluzione trascinate dall'aria, prevenendo la dispersione di acqua nell'ambiente e garantendo che solo aria pulita venga trasferita al secondo stadio. Questo primo stadio è essenziale per ridurre la quantità di polveri e particelle presenti nell'aria, migliorando la qualità dell'aria emessa e preparando l'aria per il trattamento successivo. Nel secondo stadio, l'aria passa attraverso una sezione dove viene spruzzata con una soluzione di acqua e acido solforico, scelta per la sua capacità di neutralizzare i composti odorosi presenti nell'aria. L'acido solforico reagisce con i composti organici volatili (COV), trasformandoli in sostanze meno volatili e meno odorose, riducendo significativamente l'odore emesso. Prima che l'aria trattata venga espulsa, passa attraverso un ulteriore separatore di gocce, che rimuove le gocce di soluzione trascinate dall'aria, prevenendo la dispersione di acido solforico nell'ambiente e garantendo che solo aria pulita venga rilasciata. L'uso di acido solforico nel secondo stadio permette di abbattere efficacemente una vasta gamma di composti odorosi, migliorando la qualità dell'aria emessa. Questa azione garantirà di non avere emissioni diffuse.

- **Rumore:** Oltre alla cartiera, il clima acustico della zona è influenzato dal traffico veicolare e dal torrente Varone, che scorre lungo il lato ovest del capannone. Per le nuove installazioni previste all'esterno del nuovo impianto di depurazione, in base alla valutazione previsionale di impatto acustico, si conclude che le sorgenti previste all'esterno della nuova struttura (torre di raffreddamento, pompa di calore, aspirazione linea odori) saranno dotate di sistemi di contenimento delle emissioni acustiche

5. FASE AUTORIZZATIVA

Le cartiere che operano secondo il regolamento europeo sono soggette alle normative IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), il che implica l'obbligo di ottenere l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per poter esercitare le loro attività. Questo provvedimento garantisce la conformità ai requisiti di prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento, come stabilito dal Decreto Legislativo 152/2006.

Quando una cartiera decide di modificare il proprio impianto di depurazione, e tale modifica supera la soglia di 2.000 abitanti equivalenti (come nel caso in oggetto), è necessario richiedere l'assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), oltre alla modifica dell'AIA già esistente.

Nel caso specifico il sito produttivo rientra nella provincia autonoma di Trento, e l'opera rientra tra quelle elencate nel D.Lgs. n. 152/06, Allegato IV – Progetti sottoposti alla verifica di assoggettabilità di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e di Bolzano. In particolare, al comma 8, lettera t), si fa riferimento a modifiche o estensioni di progetti già autorizzati, realizzati o in fase di realizzazione, che possono avere notevoli ripercussioni negative sull'ambiente, ma che non sono incluse nell'Allegato III.

Queste fasi autorizzative obbligatorie, necessarie prima della realizzazione del progetto, non devono essere sottovalutate. Esse richiedono tempi tecnici significativi e potrebbero comportare modifiche al progetto iniziale, in base alle richieste degli enti competenti.

5.1 SCREENING (Verifica di Assoggettabilità):

Lo screening ha lo scopo di determinare se un progetto debba essere assoggettato a Valutazione di Impatto Ambientale. Si basa su una valutazione preliminare del progetto, in cui si analizzano i potenziali effetti ambientali. In caso l'analisi delinei impatti ambientali peggiorativi significativi, il progetto è sottoposto a VIA. I tempi massimi della pratica sono 60 giorni di attesa dal giorno successivo alla presentazione della domanda (salvo richiesta integrazioni).

5.2 VIA (Valutazione di Impatto Ambientale):

La Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) è una procedura tecnica e amministrativa che serve a identificare, descrivere e valutare gli effetti negativi

significativi sull'ambiente di un progetto, prima che venga autorizzato. L'obiettivo principale è garantire che i possibili impatti ambientali vengano considerati durante il processo decisionale. I tempi massimi della pratica sono 210 giorni di attesa dal giorno successivo alla presentazione della domanda (salvo richiesta integrazioni).

5.3 AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale):

È un'autorizzazione che riguarda impatti ambientali di medio-alta entità, come quelli legati a impianti industriali. La sua funzione è quella di integrare tutte le normative ambientali, comprese quelle relative alle emissioni in aria, acqua e suolo, ai rifiuti e alle misure di protezione dell'ambiente.

L'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) va modificata quando avvengono cambiamenti che possono influire sulle emissioni, sui processi, sull'impatto ambientale o sulla gestione dell'impianto. La legge distingue modifiche sostanziali e non sostanziali.

La modifica non sostanziale va solo comunicata e si ha quando: i cambiamenti non incidono in modo significativo sugli impatti ambientali e si migliorano impianti o processi senza aumentare le emissioni o i rischi. La modifica sostanziale invece richiede una nuova autorizzazione o un aggiornamento formale e si ha quando: cambia la capacità produttiva in modo rilevante, vengono installate nuove linee o tecnologie che alterano le emissioni, si modificano in modo significativo le emissioni in aria, acqua o suolo e si modifica il layout o l'organizzazione del sito industriale. Tempi massimi previsti per legge, salvo sospensioni per integrazione 150 giorni.

6. FASE ESECUTIVA

Durante la costruzione, la cartiera continuerà a operare senza interruzioni, dovrà essere garantita la continuità del processo di depurazione. È prevista una fase di transizione durante la quale si passerà dal vecchio impianto di depurazione al nuovo. Nel nuovo ciclo di depurazione verranno integrati i trattamenti già esistenti, e per questo motivo alcune parti dell'impianto, come la pressa fanghi, saranno spostate.

6.1 FASI DURANTE LO SWITCH

Durante questa fase, l'impianto esistente continuerà a funzionare completamente, mentre il nuovo impianto di depurazione verrà progressivamente avviato fino a raggiungere le portate, i carichi di progetto e i limiti autorizzati previsti per lo scarico. Entrambi gli impianti saranno operativi fino a quando il nuovo impianto raggiungerà la portata a regime, senza interruzioni previste. Il periodo necessario per la corretta colonizzazione dei carrier è stimato tra 60 e 90 giorni. Per ovviare al problema citato prima riguardo la pressa fanghi, durante le operazioni di riposizionamento nella sua posizione definitiva, è previsto il noleggio di un sistema di disidratazione mobile per un periodo di circa 20-30 giorni, così da garantire la completa operatività dell'impianto di depurazione.

Successivamente il nuovo impianto di depurazione sarà completamente operativo, con tutti i comparti in funzione per trattare le portate e i carichi di progetto entro i limiti autorizzati previsti per lo scarico. Le opere non più necessarie verranno demolite. L'impianto di depurazione funzionerà in modo continuo, senza fermate. Durante le operazioni di riposizionamento del comparto di disidratazione Kufferath nella sua posizione definitiva, è previsto il noleggio di un sistema di disidratazione mobile per un periodo di circa 20-30 giorni, garantendo la completa operatività dell'impianto di depurazione. Le operazioni di spostamento del gruppo di generazione ozono nella posizione definitiva del comparto prevedono che la fase di ozonizzazione non potrà essere eseguita per circa 10-15 giorni. Pertanto, durante questo periodo, non verrà programmata la produzione di carte colorate.

7. RISULTATI ATTESI

Il nuovo progetto incrementerà sia la qualità del refluo scaricato sia la capacità di trattamento giornaliera. Questo permetterà alla cartiera di ampliare la produzione di carte precedentemente limitata a causa dei limiti di scarico del COD. L'avvio del nuovo impianto, che modificherà l'intero ciclo di depurazione delle acque, richiederà una fase iniziale di assestamento. Lo stabile che ospiterà la nuova depurazione ha volutamente mantenuto degli spazi vuoti idonei per un possibile investimento per impianti di microfiltrazione e osmosi inversa atti al riutilizzo fino ad un massimo dell'80% di acqua depurata.