

Progettazione PUA

Studio Ingegneria Guidetti-Serri
Via Pier Carlo Cadoppi, 14
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 439734
Mail: info@studiocgs.it
Web: www.guidettiserri.it
C.F. e P.I. 01934740356

Concept progettazione architettonica

GEZA - Gri e Zucchi Architettura
Via Feletto, 102/2
33100 Udine
Tel. +39 0432 512990
Mail: geza@geza.it
Web: www.geza.it
C.F. e P.I. 02913940306

Consulenze Ambientali

Studio ALFA S.p.A.
Viale B. Ramazzini, 39/D
42124 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 550905
Mail: info@studioalfa.it
Web: www.studioalfa.it
C.F. 01425830351 - P.I. 02863660359

Consulenza per Accordo di Programma

Avvocato PAOLO COLI
Via Vittorio Veneto, 5
42121 Reggio Emilia
Tel. +39 0522 433253
Mail: paolo.coli@scrib.it
C.F. CLOPLA59R18H223N
P.I. 01128640354

COMMITTENTE



Silk-FAW Automotive Group Italy Srl
Piazza Luigi Di Savoia, 22 CAP 20124 Milano (MI) Italy
P.I./C.F. IT11513520962

CONSULENZE AMBIENTALI
ing. Roberto Barra

FASE DI PROGETTO
URBANISTICA
APPROVAZIONE PUA

PROGETTO

INSERIMENTO IN POC del PUA "ASP1 - ex Ap8-21 - ASP-N2" PER INSEDIAMENTO INDUSTRIALE AUTOMOTIVE in località Gavassa, Comune di REGGIO EMILIA

SCALA

-

ELABORATO

Relazione generale
gestione idrica

PRATICA

P45/2021

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
G				
F				
E				
D				
C				
B				
A	20/09/21	Emissione - Sost. elab. SCR7	Barra R.	Barra R.

FILE X:\Settore Ingegneria\Archivio\S\SILK-FAW\2021-05 (SCR)\20. Cartigli\cartigli studio alfa.dwg

TAVOLA

SCR9

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO E DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



NOTA TECNICA

Ns. n. commessa: 21SF01

Comunicazione n. 21SF01- 005

del: 17 settembre 2021

COMMITTENTE		
STABILIMENTO	<i>SILK-FAW Reggio Emilia</i>	
OGGETTO ATTIVITA'	<i>Consulenza per progettazione ciclo idrico integrato</i>	
RIF.ORDINE		
Destinatario della presente:		Francesco De Santis Aldo Faccio
Oggetto:	Gestione idrica dello stabilimento e caratterizzazione degli effluenti finali scaricati	
Luogo e data:	svolto presso uffici Oroblu S.r.l.	

Testo comunicazione

Sommario

1	Scopo e contenuti della nota tecnica	3
2	Fabbisogni di acqua industriale e scarichi generati	4
3	Il ciclo idrico del nuovo stabilimento	5
4	Recupero acque meteoriche	9
4.1	Deduzione volume di accumulo	9
4.1.1	Caratterizzazione del bacino scolante	9
4.1.2	Elaborazione dei dati di piovosità	10
4.1.3	Calcolo del volume di accumulo	11
4.2	Dimensionamento del bacino di fitodepurazione	14
4.3	Calcolo perdite per evaporazione ed evapotraspirazione	14
4.3.1	Perdite per evapotraspirazione da bacino di fitodepurazione	14
4.3.2	Perdite per evaporazione da bacini di accumulo aperti	15
4.3.3	Bilancio idrico dei bacini	17
4.4	Descrizione degli impianti per il recupero delle acque meteoriche	18
4.4.1	Struttura e disposizione planimetrica	18
4.4.2	Principi di funzionamento	19
5	Caratterizzazione degli scarichi idrici da pre-trattamento e verniciatura scocche	21
5.1	L'impiego dell'acqua nel trattamento delle carrozzerie	21
5.2	Inquadramento dei processi che saranno adottati nello stabilimento di Gavassa ...	23
5.2.1	Schemi di processo considerati	23
5.3	Deduzione delle caratteristiche compositive degli scarichi	32
5.3.1	Scarichi discontinui	32
5.3.2	Scarichi continui	33
5.4	Quantità degli scarichi continui e discontinui.	36
5.4.1	Scarichi discontinui	36
5.4.2	Scarichi continui	38
6	Descrizione preliminare impianti di trattamento	40



6.1	Trattamento per il recupero.....	40
6.2	Trattamento per lo scarico	43
6.3	Caratterizzazione degli effluenti scaricati a depuratore esterno	46



1 Scopo e contenuti della nota tecnica

La presente nota costituisce un aggiornamento ed un'integrazione delle nostre precedenti:

- 002 del 27/06/21 “Dimensionamento preliminare bacini per recupero acque meteoriche”;
- 003 del 14/07/21 “Valutazione preliminare caratteristiche scarichi di pre-trattamento e cataforesi”;
- 004 del 26/07/21 “Valutazione preliminare processo di trattamento scarichi”.

I contenuti delle note citate (la 3 e la 4 oggetto della relazione SCR7 presentata da SILK FAW) sono stati riuniti, rielaborati ed aggiornati secondo le indicazioni emerse nella Conferenza dei Servizi del 10/09/21.

In particolare sono state effettuate le seguenti modifiche / integrazioni:

- riferimento al livello produttivo di circa 4.400 vetture /anno;
- esplicitazione del fabbisogno idrico industriale complessivo dello stabilimento;
- quantificazione delle coperture di fabbisogno attese dal recupero delle acque di pioggia e dal ricircolo parziale degli effluenti;
- ridefinizione del dimensionamento del sistema di recupero delle acque di pioggia per tenere conto dell'aggiornamento della superficie impermeabile dello stabilimento e per calibrarlo in funzione dell'obiettivo di azzeramento dell'impronta idrica (annullamento del prelievo di acqua di pozzo);
- esplicitazione della composizione degli scarichi inviati a depuratore consortile esterno.



2 Fabbisogni di acqua industriale e scarichi generati

Il fabbisogno idrico complessivo di acqua industriale dello stabilimento è stato quantificato preliminarmente in relazione ad un livello produttivo di 4.400 vetture /anno.

Tale livello deriva da una capacità delle linee di 1,3 scocche/ora per un tempo di produzione di circa 15 ore/giorno per 225 giorni/anno. Il fattore specifico di fabbisogno, adottato sulla base di verifiche parametriche riferite ai dati divulgati da produttori paragonabili, è stato inizialmente assunto pari a 19 m³/vettura. Pertanto il fabbisogno complessivo di acqua per impieghi tecnologici risulterebbe pari a:

$$19 \text{ m}^3/\text{vettura} * 4400 \text{ vetture / anno} = \text{circa } 84.000 \text{ m}^3/\text{anno}$$

Considerate le incertezze ancora esistenti sull'assetto finale di alcuni processi tecnologici (in particolare verniciatura) e di servizio si è ritenuto comunque opportuno – ai soli fini del dimensionamento preliminare dei sistemi di approvvigionamento delle acque e di trattamento degli scarichi – far riferimento ad un fabbisogno cautelativo di 123.000 m³/anno, corrispondente ad un fattore specifico di 123.000 / 4400 = circa 28 m³/vettura.

La ripartizione indicativa dei fabbisogni di acqua per uso industriale e la generazione dei relativi scarichi è stata stimata come riportato in Tabella 1:

DATI ESPRESSI IN m ³ /anno		FABBISOGNO	SCARICHI TECNOLOGICI	SCARICHI CIVILI	PERDITE
Usi civili non potabili		1.110	-	1.110	-
Generazione acqua osmotizzata	concentrato	11.300	11.300	-	-
Impieghi nei cicli produttivi	verniciatura	68.130	68.130	-	-
	altri reparti	3.360	3.360	-	-
Impieghi nei cicli ausiliari	reintegro torri evaporative	37.420	16.840	-	20.580
	centrale termica	1.680	1.680	-	-
TOTALI		123.000	101.310	1.110	20.580

Tabella 1 – Stima delle attribuzioni di fabbisogni e scarichi da impieghi di acqua industriale

Per una migliore comprensione dei dati riportati in Tabella 1 si consideri quanto segue:

- i cicli di verniciatura ed i sistemi di raffreddamento presentano un consistente fabbisogno di acqua a bassa salinità, per soddisfare il quale è prevista la generazione e la distribuzione di acqua osmotizzata. Il trattamento di osmosi genera un flusso “concentrato” che deve essere scaricato;
- per ovvie ragioni cautelative rispetto al dimensionamento dei sistemi di trattamento, sono state in questa fase trascurate le perdite che si determinano nei cicli produttivi e che derivano essenzialmente da evaporazioni dai bagni di pretrattamento e nei forni di cottura;
- le perdite evidenziate alla voce “reintegro torri evaporative” si riferiscono alla quantità di acqua che evapora e si perde in atmosfera nel processo di raffreddamento. Gli scarichi si riferiscono allo spurgo che viene effettuato per tenere sotto controllo la crescita del contenuto salino nell’acqua di raffreddamento in circolazione.



3 Il ciclo idrico del nuovo stabilimento

Il ciclo idrico dello stabilimento di Gavassa è concepito per realizzare un elevato risparmio di risorsa idrica primaria (acqua di pozzo) attraverso:

- il riciclo di una parte degli scarichi;
- il recupero delle acque meteoriche.

Il riciclo degli scarichi rappresenta una pratica che trova vari e significativi esempi nell'industria automobilistica. Si tenga presente che l'entità del riciclo delle acque reflue è di fatto limitata dall'esigenza di smaltire i sali non precipitabili (ad esempio i cloruri) ad una concentrazione massima compatibile con i limiti previsti dalla normativa (salvo nel caso di scarichi a mare, ad esempio, il limite di concentrazione per i cloruri allo scarico è pari a 1200 mg/l sia per recapito in acque superficiali che in fognatura). Nei cicli di produzione tipici della carrozzeria si generano, dalle diverse operazioni tecnologiche, effluenti con livelli molto diversi di salinità. L'approccio che ha dato i migliori risultati è quello basato sulla "raccolta selettiva" a piè di reparto delle acque reflue maggiormente suscettibili di recupero per il loro basso contenuto salino. Restano destinati allo scarico – ovviamente previo adeguato trattamento depurativo – i reflui con maggiore salinità.

La messa in atto di questo principio alla gestione dell'acqua comporta un approccio fortemente integrato fra la depurazione degli scarichi e la distribuzione dei vettori idrici alle utenze. La descrizione dei processi depurativi previsti è riportata al paragrafo 6 ed è preceduta da un esame dei cicli produttivi a maggiore impatto (verniciatura) per la deduzione delle caratteristiche qualitative e quantitative delle acque reflue prodotte (paragrafo 5).

Il recupero delle acque meteoriche si presenta come la migliore soluzione in una prospettiva di azzeramento dell'"impronta idrica" ("water footprint") dello stabilimento, una volta conseguito il massimo riciclo degli scarichi compatibile con i vincoli sopra illustrati circa la salinità degli scarichi. L'approccio adottato per lo stabilimento di Gavassa – già sperimentato con successo in contesti industriali analoghi – prevede l'utilizzo di sistemi di trattamento naturali (fitodepurazione) e si associa, quindi, alla realizzazione di aree naturalistiche di elevato pregio anche sotto il profilo paesaggistico e ricreativo. La definizione dei volumi di acque meteoriche recuperabili, con un dimensionamento preliminare delle opere necessarie, è illustrato al paragrafo 4.

Uno schema del ciclo idrico generale dello stabilimento, basato sui principi sopra enunciati, è illustrato in Figura 1. I flussi indicati sono tutti quantificati con valori numerici corrispondenti a tonn/anno (per i vettori idrici coincidono con m³/anno).

Per la giustificazione dei quantitativi di acque meteoriche riportati nello schema si rimanda alla trattazione sviluppata nel paragrafo 4.1.

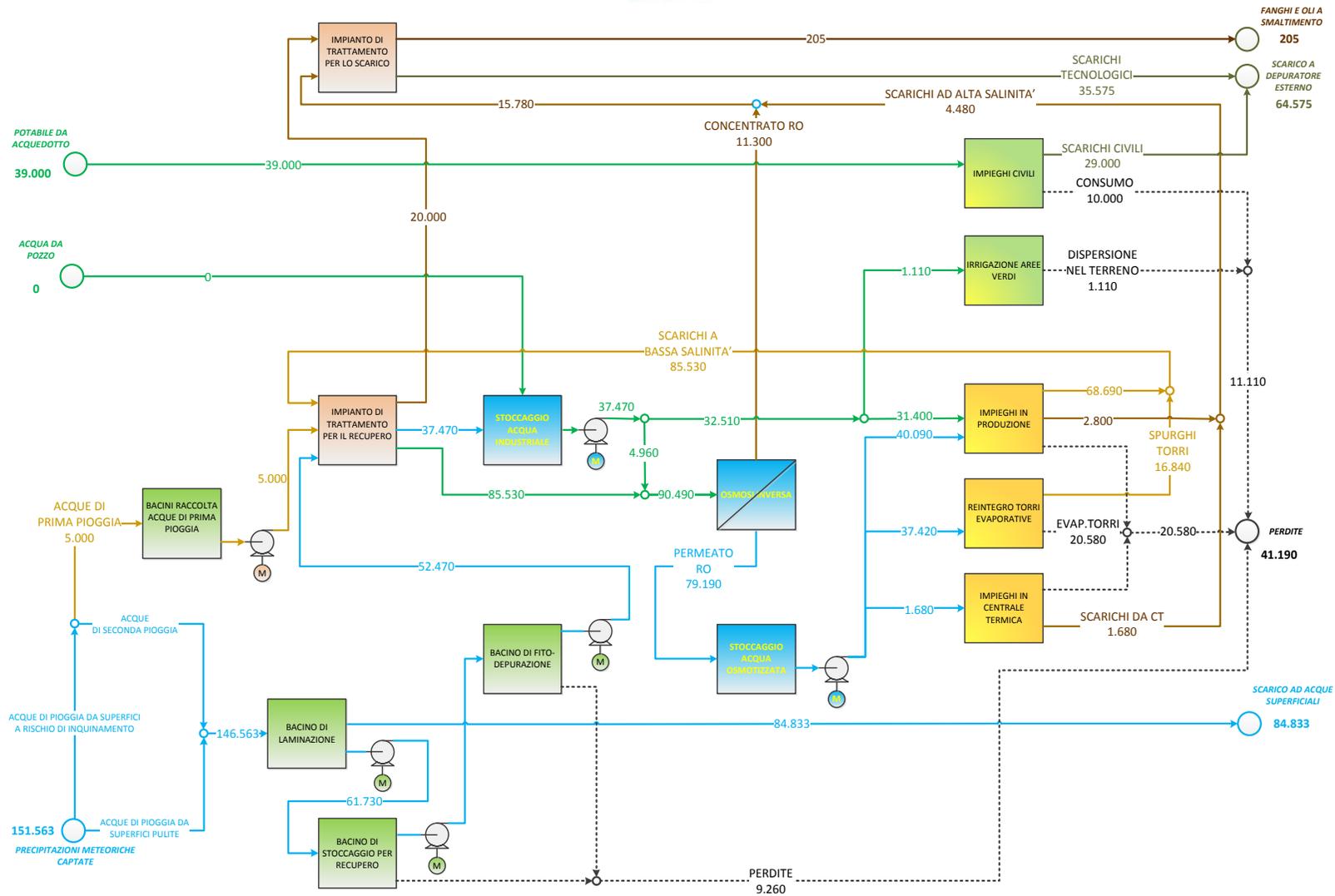


Figura 1 – Schema a blocchi del ciclo idrico proposto per il nuovo stabilimento completo di dati di bilancio



Le acque influenti allo stabilimento dall'esterno sono le seguenti:

- **acqua da acquedotto** => destinata all'alimentazione diretta delle sole utenze civili. Il fabbisogno è stato stimato - con metodo parametrico rispetto ai consumi di stabilimenti simili - in circa 39.000 m³/anno;
- **acqua da pozzo** => destinata al solo reintegro della riserva di acqua industriale per usi tecnologici. Come si nota dal bilancio, gli interventi relativi al recupero dell'acqua di pioggia sono stati calibrati in modo da annullare la previsione di prelievo (condizione di azzeramento dell'impronta idrica dello stabilimento). Ovviamente la disponibilità di acqua di pozzo deve essere comunque sempre garantita per sopperire a casi di prolungata siccità e/o in situazioni di fuori servizio dei sistemi di recupero;
- **acqua meteorica** => destinata al recupero per quanto necessario all'azzeramento del prelievo da pozzo e, per la parte eccedente, allo scarico in corpo idrico superficiale attraverso il bacino di laminazione. In base all'esame delle precipitazioni medie ricadute annualmente nell'area fra il 2010 ed il 2020 (746,8 mm) ed alle superfici impermeabilizzate previste (225.500 m²), assumendo un coefficiente di afflusso medio pari a 0,9, si è ricavata una stima di acqua meteorica captabile pari a circa 151.563 m³/anno (paragrafo 4).

I vettori idrici distribuiti sono 3:

- **acqua potabile** => esclusivamente per usi civili. Il suo consumo corrisponde al prelievo stimato da acquedotto, ossia circa 39.000 m³/anno;
- **acqua industriale** => per integrazione all'alimentazione impianto di desalinizzazione ad osmosi inversa, per usi industriali generici e per irrigazione aree verdi; prelevata da apposito stoccaggio ("Stoccaggio acqua industriale") con una portata di circa 37.500 m³/anno. Il serbatoio di stoccaggio è alimentato con acqua meteorica, opportunamente purificata, in misura tale da soddisfare l'intero fabbisogno, ferma restando la garanzia di reintegro occasionale con acqua di pozzo;
- **acqua osmotizzata** => per usi in produzione di elevata qualità (ad esempio risciacqui in pre-trattamento e cataforesi) e per impieghi di servizio che richiedono acqua a bassa salinità (reintegro torri evaporative e usi in centrale termica); prelevata da apposito stoccaggio ("Stoccaggio acqua osmotizzata") alimentato con il permeato dell'impianto ad osmosi inversa in ragione di circa 79.200 m³/anno. L'alimento dell'impianto di osmosi inversa è costituito, a sua volta, dalle acque di recupero (non meteoriche) generate dall'impianto di trattamento per il recupero (in ragione di circa 85.500 m³/anno) con integrazione di acqua industriale (per circa 5.000 m³/anno).

La gestione interna degli scarichi si articola come segue:

- **acque di prima pioggia** => le acque di prima pioggia ricadenti su aree a rischio di inquinamento vengono segregate mediante appositi bacini interrati. Da qui sono riprese e pompate all'impianto di "Trattamento per il recupero";
- **acque di seconda pioggia** => le acque di seconda pioggia e la totalità di quelle ricadenti su aree non soggette ad inquinamento (ad esempio aree coperte) pervengono al bacino di laminazione. Tale bacino è dotato di un sistema di sollevamento che alimenta il bacino di stoccaggio per il recupero (o "vasca di accumulo"). La portata eccedente il fabbisogno di recupero viene scaricata al corpo idrico ricettore. Le acque stoccate nella vasca di accumulo sono sollevate ed alimentate a portata costante al "Bacino di fitodepurazione" ed al successivo



“Affinamento mediante filtrazione”, in comune con le acque a bassa salinità in uscita dall’impianto di “Trattamento per il recupero”;

- **scarichi a bassa salinità** => sono raccolti separatamente ai punti di origine (in produzione segnaliamo in particolare i risciacqui di pretrattamento e cataforesi, oggetto di specifica caratterizzazione al successivo paragrafo 5) ed avviati all’impianto di “Trattamento per il recupero”;
- **scarichi ad alta salinità** => sono raccolti separatamente ai punti di origine (in produzione segnaliamo in particolare i rifacimenti bagni di pretrattamento e cataforesi, oggetto di specifica caratterizzazione al successivo paragrafo 5) ed avviati all’impianto di “Trattamento per lo scarico”.

Gli scarichi finali destinati all’esterno dello stabilimento sono:

- **scarichi civili** => derivanti dagli impieghi civili di acqua potabile ed, eventualmente, industriale; destinati a scarico tal quali in fognatura pubblica;
- **scarichi tecnologici** => corrispondenti agli effluenti dell’impianto di “Trattamento per lo scarico”; **destinati a fognatura pubblica con caratteristiche qualitative migliori rispetto ai limiti fissati dalla normativa vigente;**
- **scarichi meteorici** => corrispondenti alle acque di seconda pioggia, per la parte eccedente il recupero interno; destinati a scarico a portata controllata, dal bacino di laminazione al corpo idrico ricettore.



4 *Recupero acque meteoriche*

Il recupero delle acque meteoriche prevede la realizzazione di un bacino di accumulo di opportune dimensioni e di un processo depurativo finalizzato alla rimozione delle sostanze inquinanti veicolate (ferma restando la segregazione delle acque di prima pioggia nelle aree impermeabilizzate suscettibili di inquinamento). In base all'esperienza maturata in contesti analoghi, si propone la realizzazione di un sistema di fitodepurazione a flusso superficiale.

I calcoli di dimensionamento illustrati nel seguito sono finalizzati a definire in via preliminare le dimensioni di massima dei bacini di accumulo e di fitodepurazione necessarie per assicurare un recupero tale da annullare il prelievo di acqua da pozzo.

A questo scopo sono stati esaminati i dati pluviometrici dedotti dagli annali idrologici dell'ARPAE per il periodo 2010 – 2020.

Per la conversione in volume di acqua meteorica captabile si è fatto riferimento ad una valutazione preliminare delle superfici impermeabilizzate dello stabilimento nella condizione corrispondente al livello produttivo di regime di 4.400 vetture/giorno.

I volumi di accumulo sono stati calcolati simulando le dinamiche reali degli eventi piovosi per tutto il periodo esaminato con il vincolo di conseguire il recupero desiderato al netto delle perdite che si possono determinare nei bacini di accumulo e di fitodepurazione. Queste ultime dipendono da eventuali infiltrazioni nel terreno e dai fenomeni di evaporazione da bacini aperti e da evapotraspirazione da superfici piantumate.

Una stima delle perdite per evaporazione ed evapotraspirazione è stata effettuata utilizzando metodi di calcolo semplificati ed ha fornito valori del tutto trascurabili. Si è comunque considerata cautelativamente una perdita fisiologica del 15% da attribuire per la maggior parte, quindi, ad infiltrazioni nel terreno.

4.1 *Deduzione volume di accumulo*

4.1.1 *Caratterizzazione del bacino scolante*

La quantificazione delle superfici impermeabilizzate è stata effettuata sulla base delle informazioni riportate in Tabella 2.

	Superfici coperte	Superfici scoperte impermeabili	Superfici impermeabili totali	
Edifici fabbrica	70.000		70.000	m ²
Edifici direzione / innovation center	30.500		30.500	m ²
Piazzali, strade, parcheggi, pista		125.000	125.000	m ²
TOTALE	100.500	125.000	225.500	m²

Tabella 2 – Quantificazione delle superfici impermeabilizzate dello stabilimento

4.1.2 Elaborazione dei dati di piovosità

Per la valutazione delle altezze giornaliere di pioggia si è fatto riferimento agli annali idrologici dell'ARPAE relativi alla stazione di Correggio. Qualora mancanti, i dati sono stati integrati con quelli registrati nella stazione di Reggio Emilia e, in subordine, in quella di Rolo.

La posizione delle stazioni meteorologiche in rapporto all'area su cui sorgerà lo stabilimento è evidenziata in Figura 2.

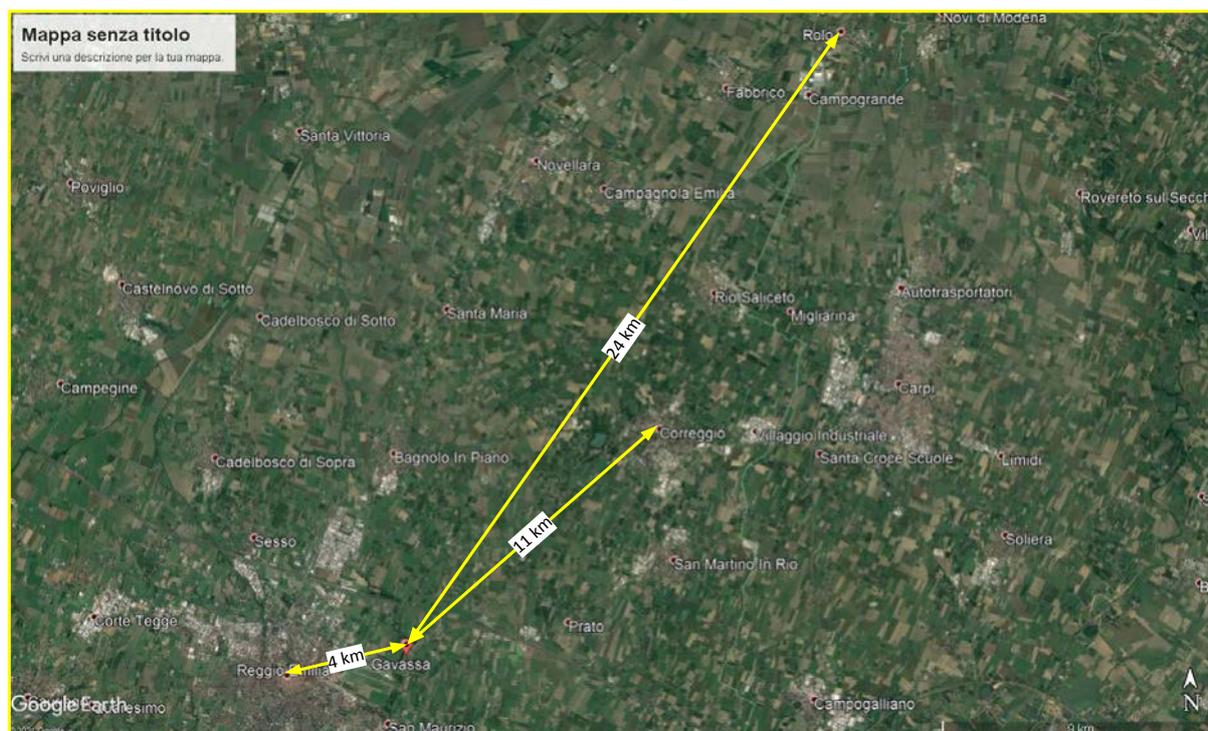


Figura 2 – Localizzazione stazioni meteorologiche in relazione al sito di Gavassa

La stazione di Correggio, per quanto più distante, è stata preferita a quella di Reggio Emilia. Quest'ultima infatti si riferisce ad un'area fortemente urbanizzata, con caratteristiche, quindi, diverse da quelle riscontrabili nell'area di Gavassa.

I risultati relativi al periodo esaminato (2010-2020) - sintetizzati per valori di precipitazione cumulata mensile - sono riportati in Tabella 3.

ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
2010	61,2	73,6	88,2	65,8	95,2	19,4	6,4	67,8	40,4	97,8	128,8	65,4	810
2011	40	62,8	69,8	25,6	29,4	123,6	20,4	0	76,6	102,6	25,2	22,8	598,8
2012	6,4	55,4	4	73,2	58,8	26,4	15,6	1,8	91,2	98,8	105,6	31,2	568,4
2013	110,4	107,8	175,6	90,8	72,6	22,8	29,6	67,4	42,6	125,4	87,2	12	944,2
2014	130,2	89,6	57,8	102,8	46	30,2	202	64,8	73,2	12,8	137,2	67	1013,6
2015	26,8	155,6	72,4	34,8	57,8	60,4	0	37,6	41,2	80,4	44,8	4,8	616,6
2016	23,6	100,6	83	30,4	118,2	50,4	49,2	50,8	11	95,4	59	18,2	689,8
2017	1,4	73,8	8,4	26,2	67,4	65,8	7	0,2	116,4	9	146	19	540,6
2018	20,6	126	81,2	18	124,2	82	45,8	19	9,6	43,2	74,2	25	668,8
2019	33	28,4	10	72,2	220,2	15,4	115,8	24,6	94	84,2	215	80,6	993,4
2020	24,4	1,6	35,4	36,4	22,6	80,8	86,4	141,2	36,2	87,8	21	196,8	770,6
MEDIA	43,5	79,6	62,3	52,4	82,9	52,5	52,6	43,2	57,5	76,1	94,9	49,3	746,8

Tabella 3 – Precipitazioni mensili e totali annue per gli anni dal 2010 al 2020



Per la trasformazione da precipitazione ad acqua captata nella rete fognaria è stato assunto un coefficiente di afflusso pari a 0,9 per tutte le superfici impermeabilizzate.

4.1.3 Calcolo del volume di accumulo

La simulazione è stata condotta per diversi valori del volume di accumulo e della portata emunta giornalmente e destinata al recupero, ricavando i volumi giornalieri stoccati per l'intero periodo esaminato.

Il calcolo si basa sull'assunzione di un prelievo giornaliero costante della risorsa. Qualora l'afflusso sia superiore all'emungimento il livello nel bacino sale fino ad arrestare le pompe di sollevamento. L'esubero di acqua meteorica sfiorerà, quindi, dal bacino di laminazione allo scarico in acque superficiali.

A parità di volume di accumulo un aumento della portata estratta giornalmente comporta un aumento del volume complessivo recuperato su base annua, ma determina una minore "disponibilità" della risorsa. Per "disponibilità" si è definito il numero di giorni all'anno in cui è possibile prelevare un volume di recupero pari ad almeno l'80% del valore di estrazione imposto.

In sintesi, fissati i due fattori seguenti che caratterizzano il recupero, vale a dire:

- **il rapporto di recupero** => ossia il rapporto fra il volume recuperato ed il disponibile (acque meteoriche captate) valutato su base annua per la media degli anni considerati;
- **il rapporto di disponibilità** => ossia il rapporto fra il numero di giorni in cui è possibile prelevare un volume di recupero pari ad almeno l'80% del valore di estrazione imposto ed i giorni complessivi annui.

esiste una sola coppia di valori del volume di accumulo e dell'estrazione giornaliera di acqua da destinare al recupero. Tali valori permettono di dimensionare l'intero sistema di recupero.

I risultati delle simulazioni sono stati riportati nel seguito in forma grafica (Figura 3).

Le condizioni di riferimento per il calcolo (riproposte nella tabella a fianco del diagramma) sono le seguenti:

- una superficie impermeabilizzata collegata pari a 225.500 m²;
- un volume di acqua meteorica captabile di 151.563 m³/anno (in relazione ad una precipitazione media annua di 746,9 mm – come riportato in Tabella 3 – risultano $225.500 * 0,9 * 746,9 / 1000 = 151.563$);
- un recupero netto richiesto per raggiungere la condizione di annullamento del prelievo da pozzi pari a 52.470 m³/anno, come deducibile dallo schema a blocchi riportato in Figura 1;
- un recupero lordo, calcolato tenendo conto delle perdite (in via cautelativa assunte pari al 15%, ed ascritte, in base alle verifiche effettuate al paragrafo 4.3, quasi esclusivamente ad infiltrazioni nel terreno) pari a 61.730 m³/anno, come deducibile dallo schema a blocchi riportato in Figura 1;

Il calcolo del volume viene svolto imponendo:

- **un rapporto di disponibilità** dell'85% (significa che per 310 giorni/anno è disponibile almeno l'80% della portata di estrazione giornaliera adottata);



- **un rapporto di recupero** del 41%, dato dal rapporto percentuale fra il recupero lordo richiesto ed il volume captabile, ossia $61.730 / 151.563 = 41\%$.

I vincoli stabiliti dalla scelta dei due rapporti sono rappresentati graficamente da due rette orizzontali tracciate rispettivamente nei due quadranti del grafico. Ciascuna retta interseca tutte le curve rappresentative delle portate giornaliere estratte, ma esiste solo un valore della portata giornaliera estratta per il quale i punti di intersezione nei due quadranti si trovano sulla stessa verticale. Tale verticale intercetta l'ascissa centrale in corrispondenza del volume di accumulo netto che deve essere predisposto per ottenere le condizioni di recupero desiderate.

Nel nostro caso la portata giornaliera da estrarre risulta pari a $200 \text{ m}^3/\text{d}$ ed il volume di accumulo netto necessario ammonta a 3.800 m^3 .

Il diagramma riporta anche – a puro titolo di esempio - il calcolo della quantità di acqua recuperabile qualora il volume di accumulo fosse raddoppiato (ipotesi di due bacini da 3.800 m^3). In questo caso si ottiene – sempre tenendo fisso il rapporto di disponibilità dell'85% - un rapporto di recupero del 60%, corrispondente a $90.638 \text{ m}^3/\text{anno}$. La portata di estrazione giornaliera ovviamente sale, portandosi a circa $290 \text{ m}^3/\text{d}$.



Superficie impermeabilizzata =	225.500	m ²
Precipitazioni captate =	151.563	m ³ /anno
Recupero netto richiesto =	52.470	m ³ /anno
Perdite per evapotraspirazione =	15%	
Recupero lordo richiesto =	61.730	m ³ /anno
Rapporto di recupero richiesto =	41%	

	Rapporto di recupero		
Volume accumulo 3.800 m ³ =>	41%	61.730	m ³ /anno
Volume accumulo 7.600 m ³ =>	60%	90.938	m ³ /anno

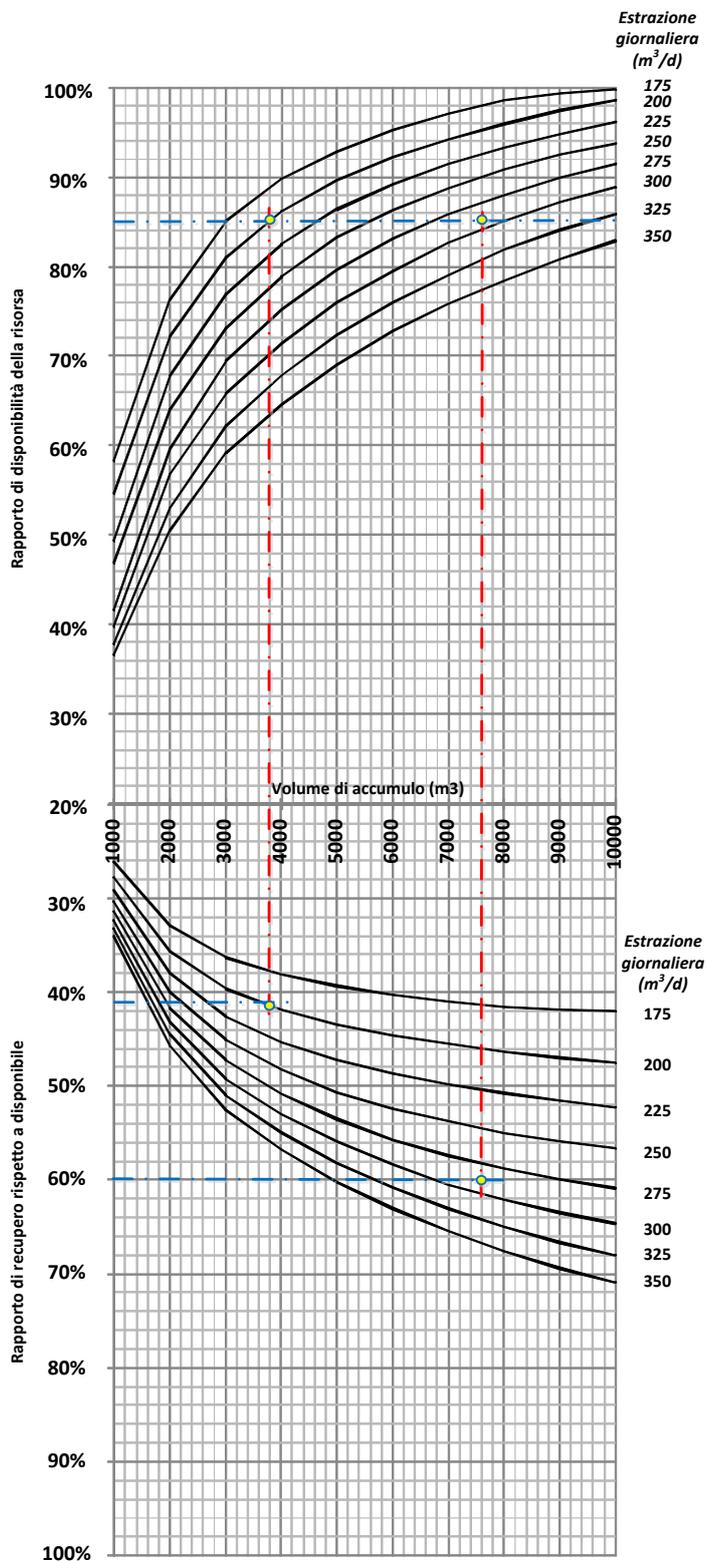


Figura 3 – Diagramma per il calcolo del volume di accumulo



4.2 Dimensionamento del bacino di fitodepurazione

I tipi di fitodepurazione applicabili sono molteplici. Nel quadro di una valorizzazione del sito anche in chiave paesaggistica e ricreativa, è preferibile la realizzazione di un processo a flusso superficiale.

Le lagune di fitodepurazione si caratterizzano per la presenza di aree di vegetazione affiorante con livello idrico di circa 30 cm, alternate a zone più profonde (1 metro di acqua) libere da vegetazione. Oltre ad assicurare l'affinamento della qualità delle acque meteoriche con rimozione mediante processi naturali di sostanze solubili ed insolubili, le lagune costituiscono un habitat ideale per specie ittiche ed avicole contribuendo in modo determinante alla riqualificazione ambientale dell'area.

Per una valutazione di massima delle dimensioni dei bacini si è fatto riferimento a parametri cautelativi, desunti dalle nostre esperienze pregresse.

E' stato adottato il seguente parametro:

- Carico idraulico (HLR: hydraulic loading rate) = 6 cm/d

In riferimento al massimo volume giornaliero di recupero previsto, ossia $Q_r = 200 \text{ m}^3/\text{d}$, risulta:

- Superficie = $Q_r / (\text{HLR}/100) = 200 \text{ m}^3/\text{d} / 0,06 \text{ m/d} = 3.333 \text{ m}^2$

Si assumerà pertanto una superficie di 3.500 m^2 .

4.3 Calcolo perdite per evaporazione ed evapotraspirazione

Nel calcolo del volume di accumulo necessario si è fatto riferimento al fabbisogno netto di acque meteoriche da alimentare all'impianto per il recupero, ossia all'effluente del bacino di fitodepurazione. Per dedurre il quantitativo di acqua da addurre al bacino di accumulo si è poi assunto un fattore cautelativo di maggiorazione per tenere conto delle perdite che si verificano per evaporazione e per evapotraspirazione rispettivamente nei bacini di accumulo e di fitodepurazione.

Nel seguito tali perdite sono stimate al meglio e confrontate con le piogge ricadenti sui bacini stessi.

4.3.1 Perdite per evapotraspirazione da bacino di fitodepurazione

Per il calcolo è stato utilizzato il metodo di Thornthwaite.

La Formula empirica di Thornthwaite (1948) è basata sulla relazione esponenziale esistente tra l' ET_0 e la temperatura media mensile:

$$ET_0 (\text{mm mese}^{-1}) = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^a \times l$$

dove:

ET_0 = evapotraspirazione mensile (cm) calcolata in un mese di 30 giorni ed insolazione 12 ore su 24;
T = temperatura media mensile in °C;

l = fattore di correzione il cui valore dipende dalla latitudine e dal periodo dell'anno. Questo fattore tiene conto del numero dei giorni del mese e del numero reale di ore di insolazione nei giorni dello stesso mese secondo la formula:

$$l = N/12 \times d/30$$



I = Indice Annuo di Calore, ottenuto dalla somma di 12 indici (i) mensili correlati alla temperatura media del mese considerato secondo la formula:

$$i = (T/5)^{1,514}$$

in cui:

a = parametro relativo al clima del luogo, correlato all'Indice Termico Annuale I attraverso il polinomio:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,493$$

Per il calcolo si è fatto riferimento alle temperature medie mensili registrate nella città di Reggio Emilia nel periodo 1999-2019.

I risultati sono riportati in Tabella 4.

	T	i	I	a	N	d	l	ET ₀
	(°C)				(h/d)	(d/mese)		(mm)
Gen	3,4	0,563	59,2	1,42	6,1	31	0,525278	3,8
Feb	4,3	0,792	59,2	1,42	6,8	28	0,528889	5,3
Mar	8,3	2,163	59,2	1,42	9,6	31	0,826667	21,5
Apr	12,2	3,875	59,2	1,42	10,9	30	0,908333	40,8
Mag	16,6	6,177	59,2	1,42	12,6	31	1,085	75,6
Giu	21,3	8,973	59,2	1,42	13,5	30	1,125	111,4
Lug	24,0	10,728	59,2	1,42	13,2	31	1,136667	133,2
Ago	23,5	10,445	59,2	1,42	12,5	31	1,076389	123,0
Set	19,0	7,547	59,2	1,42	10,7	30	0,891667	75,0
Ott	14,2	4,853	59,2	1,42	7,9	31	0,680278	37,8
Nov	8,8	2,340	59,2	1,42	5,7	30	0,475	13,3
Dic	4,2	0,766	59,2	1,42	5,4	31	0,465	4,6
TOTALE ANNUO								645,3

Tabella 4 – Calcolo evapotraspirazione mensile da bacino di fitodepurazione

4.3.2 Perdite per evaporazione da bacini di accumulo aperti

Per il calcolo delle perdite per evaporazione da bacini aperti è stato utilizzato il metodo sviluppato da Dragoni e Valigi (1994) per la stima dell'evaporazione da un evaporimetro di classe A.

Per ottenere l'evaporazione da superfici liquide occorre moltiplicare l'evaporazione da evaporimetro per un fattore di riduzione generalmente compreso tra 0.6 e 0.8, ma che per laghi poco profondi può assumere valori maggiori di 0.8.

Il metodo tiene conto della temperatura media mensile e degli indici di insolazione mensili di Thornthwaite (dipendenti dalla latitudine e dal mese dell'anno).

L'espressione ha la forma seguente:

$$E_n = b * i_m^{a1} * t_n^{a2}$$

in cui:

En=evaporazione mensile da evaporimetro del mese n (mm/mese);

n=indice relativo ai mesi in cui è stata stimata En;



m=indice relativo al mese, da 1 al 12;

a_1 , a_2 e b = coefficienti empirici;

i_m = indice di insolazione mensile di Thornthwaite dipendente dalla latitudine e dal mese m (Tabella 5);

t_n = temperatura media mensile del mese n (°C).

Latitudine (gradi)	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99
10	1	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98
15	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95
20	0,95	0,9	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1	0,93
25	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91
26	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,9
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,9
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,9
30	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89
31	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89
32	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88
33	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,2	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,2	1,2	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86
36	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86
37	0,86	0,84	1,03	1,1	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85
38	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,2	1,04	0,95	0,81
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,3	1,2	1,04	0,95	0,8
45	0,8	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79
47	0,77	0,8	1,02	1,14	1,3	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78
48	0,76	0,8	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76

Tabella 5 - Indici di insolazione mensili di Thornthwaite.

Sono stati utilizzati i seguenti valori dei coefficienti empirici (ricavati per Italia Centrale):

a1=	3,063
a2=	0,486
b=	19,007

I risultati del calcolo sono riportati in Tabella 6.



n	Mesi	i_m	t_n (°C)	E_n (mm/mese)
1	gen	0,81	3,4	18,1
2	feb	0,82	4,3	21,0
3	mar	1,02	8,3	56,6
4	apr	1,13	12,2	93,3
5	mag	1,27	16,6	155,0
6	giu	1,29	21,3	183,3
7	lug	1,3	24,0	198,8
8	ago	1,2	23,5	154,2
9	set	1,04	19,0	89,7
10	ott	0,95	14,2	59,0
11	nov	0,8	8,8	27,6
12	dic	0,8	4,2	19,3

Tabella 6 – Risultati del calcolo dell’evaporazione da bacini aperti

Ai dati di evaporazione calcolati in Tabella 6 è stato applicato un fattore di riduzione pari a 0,9.

4.3.3 Bilancio idrico dei bacini

I dati di evapotraspirazione e di evaporazione così calcolati sono stati ragguagliati alle rispettive superfici e messi a confronto con i dati relativi alle precipitazioni medie mensili calcolate sull’arco degli anni 2010-2020 (Tabella 3) ottenendo il diagramma di Figura 8.

La superficie della fitodepurazione, sulla base del calcolo di cui al paragrafo 4.2, è stata considerata pari a 3.500 m².

Per la valutazione della superficie del bacino di accumulo si è fatto riferimento al volume di 3.800 m³ e ad una profondità utile di 2 m. Si è inoltre considerato un bacino con sponde in terra impermeabilizzate a bassa pendenza (circa 15°), ottenendo una superficie di 2.300 m² al massimo riempimento e di 1.300 al minimo. La superficie media esposta è quindi pari a circa 1.800 m².

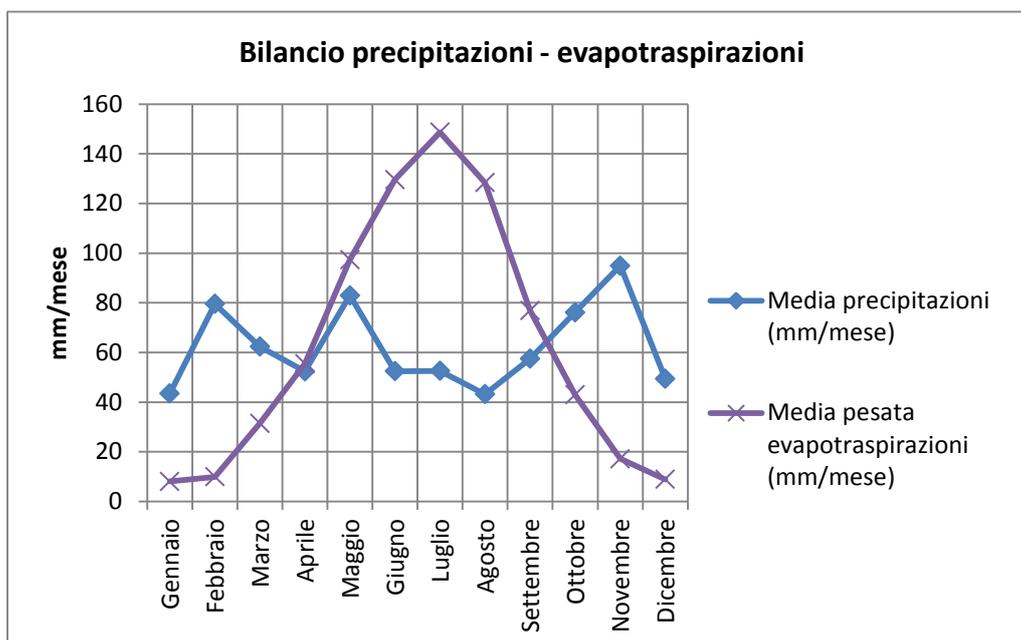


Figura 4 – Bilancio precipitazioni – perdite per evaporazione ed evapotraspirazione

Le altezze annue medie di precipitazione ammontano a 747 mm, mentre le perdite raggiungono 750 mm. Quindi su base annua la perdita di acqua per evaporazione ed evapotraspirazione sostanzialmente pareggia l'acqua meteorica caduta direttamente sulla superficie dei bacini, configurando una perdita media nulla.

Il divario massimo tra perdita ed apporto meteorico diretto si verifica nel mese di luglio ed ammonta a 96,1 mm.

Applicando il deficit sopra dedotto alla superficie esposta complessiva dei bacini ($1.800 + 3.500 = 5.300 \text{ m}^2$), si ottiene un volume di acqua persa pari a $96,1 \times 5.300 / 1000 = 509,3 \text{ m}^3/\text{mese}$. Nello stesso periodo, affluirà ai bacini l'acqua di pioggia apportata dalle fognature meteoriche dello stabilimento. L'altezza di pioggia media per i mesi in questione ammonta a circa 45 mm. In riferimento alla superficie impermeabilizzata di 225.500 m^2 (che, tenendo conto del coefficiente di afflusso si riduce a 202.950 m^2), risulta una portata affluente di $9.132,8 \text{ m}^3/\text{mese}$. Pertanto anche nel mese di luglio si verifica un bilancio positivo fra afflussi e perdite, pari a $9132,8 - 509,3 = 8623,5 \text{ m}^3/\text{mese}$. Pertanto non sussiste il pericolo che il livello nei bacini scenda al di sotto di un valore minimo vitale. Ciononostante occorrerà prevedere cautelativamente di poter alimentare i bacini con acqua industriale per far fronte ad eventuali periodi di siccità di eccezionale durata.

4.4 Descrizione degli impianti per il recupero delle acque meteoriche

4.4.1 Struttura e disposizione planimetrica

Il sistema di recupero è costituito da un **bacino di accumulo** (dotato di una sezione preliminare di sedimentazione / flottazione a livello fisso), **da un bacino di fitodepurazione** (costituito a sua volta da due sezioni percorribili in serie o operabili separatamente) e da tre stazioni per la gestione idraulica del sistema:

- **stazione A** => preposta alla grigliatura ed al sollevamento delle acque di pioggia influenti (estratte dal bacino di laminazione):



- **stazione B** => preposta al sollevamento delle acque a portata controllata dal bacino di accumulo per l'alimentazione del bacino di fitodepurazione, previa grigliatura fine. La stazione integra anche tutti i dispositivi idraulici necessari per l'impostazione del flusso nelle due sezioni del bacino di fitodepurazione e raccoglie l'acqua trattata da questi ultimi rilanciandola all'impianto per il recupero. Anche sull'acqua trattata, prima delle pompe di rilancio, è prevista una grigliatura fine che ha lo scopo di separare residui vegetali e piccoli animali trascinati dai bacini di fitodepurazione;
- **stazione C** => posta all'estremità opposta del bacino di fitodepurazione, rispetto al bacino di accumulo. Ha lo scopo di gestire il collegamento o la divisione delle due sezioni delle fitodepurazione. Nel caso in cui il collegamento venga chiuso, si creano due vasche di fitodepurazione indipendenti, le quali possono essere percorse in parallelo oppure una può essere messa fuori servizio per effettuare operazioni di manutenzione straordinaria, mentre l'altra resta in esercizio. In queste circostanze si attivano apposite pompe di sollevamento che – tramite tubazioni interrate in PE - riportano le acque trattate alla stazione B per la grigliatura fine ed il rilancio finale all'impianto di recupero.

Il sistema è collocato nella parte nord dello stabilimento, lungo la strada perimetrale ed immediatamente a sud della pista di prova. Partendo da ovest (quindi in prossimità del bacino di laminazione) si incontra la stazione A ed il bacino di accumulo. Sull'estremità est di quest'ultimo è collocata la stazione B, la quale è direttamente collegata al bacino di fitodepurazione.

Quest'ultimo si sviluppa in direzione est con forma irregolare a "riempire" lo spazio delimitato a sud dalla strada perimetrale nord dello stabilimento ed a nord dalla pista di prova.

La stazione C è collocata all'estremità est del bacino di fitodepurazione.

4.4.2 Principi di funzionamento

Il sistema di recupero delle acque meteoriche attinge dal bacino di laminazione attraverso una condotta interrata del $\phi 600$. Questa tubazione si sviluppa da un pozzetto ricavato al punto di origine della condotta predisposta per lo svuotamento controllato della vasca di laminazione al corpo idrico ricettore ed è posizionata ad una quota inferiore a quest'ultima.

L'acqua meteorica captata nel bacino di laminazione sfocia quindi prioritariamente al bacino di sollevamento della stazione A. Quest'ultima è dotata di griglie a barre e di pompe centrifughe sommergibili per l'invio delle acque al bacino di accumulo.

Il sollevamento è realizzato mediante 3 pompe per una capacità massima complessiva di circa 3000 m³/h tale da assicurare, con un certo margine, la ripresa della portata massima prevista in uscita dal bacino di laminazione (750 l/s, corrispondenti a 2.700 m³/h). Le pompe saranno dotate di inverter e si attiveranno in sequenza in funzione del livello raggiunto dall'acqua nel bacino in cui sono installate e del livello idrico nel bacino di accumulo. Ovviamente le acque di pioggia non sollevate sfioreranno al ricettore attraverso il bacino di laminazione.

La mandata delle pompe alimenta una prima sezione del bacino di accumulo realizzata con pareti in calcestruzzo e conformata a canale di limitata profondità (1,2 m utili). Il canale sfocia nel bacino di accumulo vero e proprio (realizzato con sponde in terra impermeabilizzate ed avente una profondità totale di 3 m di cui 2 utili, corrispondenti al volume di 3.800 m³ calcolato al paragrafo 4.1.3) attraverso una diga con bocche a stramazzo protette da deflettori. In questo modo il canale opera a livello costante e svolge un'importante funzione di prima purificazione dell'acqua, favorendo la sedimentazione dei materiali grossolani e la flottazione dei leggeri (oli, plastiche ecc.). Grazie ai deflettori i materiali galleggianti restano intrappolati nel canale e vengono prelevati mediante dispositivi del tipo a tubo galleggiante. I materiali sedimentati sono invece estratti nel corso degli



interventi di pulizia tecnica del canale, che normalmente vengono svolti con frequenza biennale o triennale.

Durante i periodi secchi, le acque stoccate all'interno del bacino di accumulo sono mantenute in circolazione attraverso un opportuno dispositivo di sollevamento del tipo "air lift" che, collocato sul fondo della sezione di accumulo e nelle adiacenze della sezione di ingresso del canale di sedimentazione, recapita le acque stoccate a quest'ultimo. In questo modo si determina un progressivo miglioramento della qualità delle acque stoccate favorito anche dalla riaerazione causata dal dispositivo di sollevamento.

All'estremità est del bacino di accumulo è presente una darsena in calcestruzzo per la captazione delle acque ed il loro recapito alla stazione B.

Prima dell'ingresso nel pozzetto di sollevamento predisposto per l'alimentazione del bacino di fitodepurazione, le acque sono sottoposte a grigliatura.

Le pompe di sollevamento funzionano a portata costante e controllata. Opportuni dispositivi idraulici (stramazzi e paratoie a comando manuale) permettono di indirizzare le acque ad una delle due sezioni entro cui si articola il bacino di fitodepurazione. Normalmente le due sezioni sono collegate in serie attraverso l'apertura della paratoia di collegamento predisposta nella stazione C; pertanto, se le acque sono dirette alla sezione sud della fitodepurazione, ritorneranno alla stazione B attraverso la sezione nord e viceversa. Tale accorgimento permette di invertire il senso di percorrenza dell'acqua nel bacino, pratica che, applicata periodicamente, favorisce il mantenimento di livelli depurativi ottimali.

Le acque di ritorno dalla fitodepurazione sono sottoposte a grigliatura fine ed inviate, tramite pompe sommergibili con controllo automatico della portata, all'impianto di trattamento per il recupero. Qualora il fabbisogno di acqua di recupero sia inferiore alla portata scaricata dal bacino di fitodepurazione, la portata in eccesso sfiora direttamente al limitrofo bacino di accumulo.

Il bacino di fitodepurazione opera a livello costante. Attraverso la stazione C, come già sopra descritto, è possibile modificare il normale assetto in serie delle due sezioni chiudendo la paratoia di collegamento. In questo modo si interrompe il moto circolare e le acque trattate devono essere rinviate alla stazione B azionando le pompe di sollevamento di cui la stazione C è dotata.



5 *Caratterizzazione degli scarichi idrici da pre-trattamento e verniciatura scocche*

Il contributo più rilevante all'inquinamento determinato dal ciclo di produzione automobilistico di carrozzeria si concentra nelle operazioni di trattamento superficiale delle scocche, costituite da:

- pre-trattamento di preparazione alla verniciatura
- applicazione di vernice elettroforetica (cataforesi)
- applicazione smalti

Nel seguito effettuiamo una disamina di tali lavorazioni finalizzata a definirne l'impatto sul comparto idrico, sulla base delle scelte tecnologiche specifiche effettuate da SILK-FAW.

I dati ricavati saranno utilizzati per l'impostazione dei processi di trattamento per il recupero e per lo scarico.

5.1 *L'impiego dell'acqua nel trattamento delle carrozzerie*

La protezione delle superfici metalliche delle carrozzerie auto (scocche) comporta l'adozione di processi chimico-fisici complessi e delicati.

Dopo lastratura le scocche sono sottoposte al processo di "pre-trattamento" che ha lo scopo di preparare la superficie metallica alla successiva applicazione delle vernici.

Il pre-trattamento comporta varie fasi sequenziali. Nella prima – lo sgrassaggio – vengono eliminate le sostanze oleose presenti sulla lamiera (oli protettivi ed oli di stampaggio), le quali pregiudicherebbero, ovviamente, l'adesione degli strati protettivi.

Lo stadio seguente (fosfatazione) determina la formazione di uno strato cristallino di fosfati metallici che costituisce una barriera chimica alla corrosione della lamiera e rappresenta un ottimo substrato per l'adesione delle vernici. La formazione dello strato è favorita dall'"attivazione" della superficie, ottenuta attraverso l'immersione della scocca in uno specifico bagno posto a monte del trattamento fosfatante vero e proprio. La struttura microcristallina fosfatica viene infine omogeneizzata attraverso il processo di "passivazione", il quale costituisce l'ultimo stadio del pre-trattamento.

Le scocche pretrattate sono quindi inviate al processo di cataforesi.

La vernice cataforetica (in soluzione acquosa) è applicata in un bagno entro cui la scocca viene completamente immersa. L'applicazione di opportune differenze di potenziale determina la migrazione della vernice e la sua adesione sulla superficie della scocca (principio elettroforetico). In tal modo si ha la garanzia di una copertura totale, estesa anche ai particolari meno accessibili della carrozzeria.

Dopo la cottura in forno della vernice cataforetica, le scocche sono pronte per l'applicazione delle vernici a spruzzo. Tipicamente il ciclo comporta l'applicazione di un fondo e di uno smalto che è costituito dalla sovrapposizione di uno strato di "base" ed uno di "trasparente".

Nei processi di pre-trattamento e di cataforesi sopra descritti è coinvolto l'impiego della risorsa idrica, sia sotto forma di acqua industriale che a bassa salinità.

I fabbisogni idrici si determinano principalmente per:

- risciacquo delle scocche in uscita dai bagni di trattamento;
- ripristino periodico dei bagni di trattamento a seguito degli interventi di pulizia tecnica.
- reintegro continuo delle perdite per evaporazione dai bagni di trattamento;



I consumi idrici più significativi si determinano nelle fasi di risciacquo che seguono ciascuno degli stadi di pretrattamento e l'applicazione della cataforesi.

Nel pretrattamento i risciacqui hanno lo scopo di prevenire, o quanto meno ridurre al minimo, il trascinamento di prodotti chimici da uno stadio di processo all'altro. Nella cataforesi il risciacquo è fondamentale per evitare la permanenza di residui sulla superficie della scocca che potrebbero pregiudicare la perfetta adesione degli strati di vernice applicati successivamente.

In tutti i casi ciò che causa il fabbisogno di acqua di risciacquo è il fenomeno del "trascinamento" che si determina nel passaggio della scocca da uno stadio di trattamento all'altro. Tale trascinamento (comunemente indicato con il termine inglese "drag", seguito da "out" o "in" a seconda che si faccia riferimento al bagno di origine o a quello di destinazione) dipende dall'adesione delle soluzioni di processo alla superficie della scocca (per effetto delle tensioni superficiali) e dalla forma di quest'ultima per la presenza di volumetrie non drenanti o a lento drenaggio, le quali, intrappolando fisicamente residui di soluzione, la trasferiscono da uno stadio all'altro del processo.

Le linee di pretrattamento e di cataforesi fanno fronte al problema del trascinamento con vari accorgimenti che si sono affinati nel tempo.

Una prima intuitiva strategia per ridurre il "drag out" consiste nel garantire opportuni tempi di "sgocciolamento" della scocca fra uno stadio e l'altro. Per contenere le dimensioni delle linee, si ricorre anche a sistemi di "basculamento" della scocca, i quali comportano complicazioni non indifferenti nei sistemi di trasporto.

L'altro approccio – complementare al precedente – punta sul miglioramento dell'efficacia del risciacquo. Sotto questo profilo le variabili su cui agire sono numerose: numero e disposizione delle rampe di risciacquo, tipologia degli ugelli di spruzzatura, ricorso a più stadi di risciacquo posti in serie (ad immersione e/o a spruzzo). L'adozione di sistemi a più stadi in controcorrente assicura i migliori risultati tecnologici con consumi contenuti della risorsa idrica impiegata.

Risulta pertanto evidente che il fabbisogno idrico nei processi di pretrattamento e di cataforesi è strettamente legato al fattore di "drag out" caratteristico (risultante della forma delle scocche trattate e dell'efficacia dei dispositivi di "sgocciolamento" adottati nella linea) ed all'efficienza dei sistemi di risciacquo applicati, ossia principalmente a variabili riconducibili alla struttura fisica degli impianti in rapporto alla tipologia delle scocche lavorate.

Ovviamente il contenimento del "drag out" rappresenta il fattore principale per limitare il contenuto di sostanze inquinanti nei reflui di risciacquo e renderli più facilmente recuperabili.

La successiva fase di verniciatura determina consumi idrici più contenuti. I principali impieghi riguardano il controllo dell'umidità dell'aria in cabina, la diluizione di vernici all'acqua ed il mantenimento di un velo d'acqua sul fondo della cabina per la rimozione dell'overspray (ossia la vernice spruzzata che non aderisce sulla scocca). Quest'ultimo impiego determina la necessità di dotare le cabine di vasche di ricircolo. Da tali vasche pescano pompe ad elevata portata che creano il velo d'acqua. Le vasche sono dotate di sistemi per la rimozione in continuo delle vernici. Periodicamente i bagni vengono scaricati per effettuare le necessarie pulizie tecniche.

Recentemente sono state messe a punto cabine di verniciatura in cui l'overspray viene separato a secco mediante filtri sull'aria. Pertanto i consumi idrici si limitano all'umidificazione dell'aria ed alla diluizione delle vernici all'acqua e non generano scarichi idrici.

In generale i processi di trattamento superficiale generano scarichi idrici nelle fasi di:

- risciacquo delle scocche;



- scarico periodico dei bagni di trattamento esausti

Il risciacquo delle scocche genera effluenti continui a basso tenore salino. Lo scarico periodico dei bagni di trattamento genera effluenti discontinui più concentrati e ad elevato tenore salino.

La gestione di queste due tipologie di scarichi ne prevede la rigorosa separazione a monte, con stoccaggio in bacini dedicati.

Le acque reflue di risciacquo (nel seguito indicate come “scarichi continui”) sono suscettibili di parziale recupero nelle linee produttive, in quanto caratterizzate da bassi tenori di sostanze inquinanti e bassa salinità (in origine la maggior parte dei risciacqui è eseguita con acqua osmotizzata o demineralizzata). Le acque reflue da scarico periodico dei bagni (nel seguito indicate come “scarichi discontinui”) si caratterizzano per un’elevata salinità, per cui non sono adatte al recupero: dopo opportuni trattamenti per l’abbattimento dei carichi inquinanti sono destinate allo scarico (in acque superficiali o a depuratori consortili esterni).

5.2 *Inquadramento dei processi che saranno adottati nello stabilimento di Gavassa*

Sebbene ancora in fase di sviluppo progettuale preliminare, i processi di trattamento superficiale previsti presso il nuovo stabilimento di Gavassa comprendono una sezione di pre-trattamento e di applicazione della vernice cataforetica dotati di sistemi di risciacquo multistadio caratterizzati da elevata efficienza.

Le cabine di verniciatura sono dotate di sistemi di separazione dell’overspray a secco e non causano, quindi, alcuna generazione di reflui liquidi.

Il livello produttivo utilizzato nelle valutazioni che seguono è quello relativo alla capacità produttiva di 4400 scocche/anno, corrispondenti ad una produzione giornaliera di circa 20 scocche/d (base 225 giorni lavorativi /anno) corrispondenti a circa 1,3 scocche/ora (su circa 15 ore/d).

Le scocche trattate hanno una superficie complessiva (interno / esterno) di circa 55 m².

Nel seguito viene quindi esaminata nel dettaglio la struttura delle linee di pre-trattamento e di cataforesi previste per dedurne le caratteristiche rilevanti sotto il profilo della quantità e della qualità degli scarichi generati. Poiché diverse variabili sono ancora in fase di studio, i risultati di questo esame sono suscettibili di variazioni.

Laddove sussistono ancora incertezze sulla configurazione dei processi si è ritenuto opportuno adottare un criterio cautelativo e fare riferimento all’ipotesi più gravosa. E’ il caso del pre-trattamento delle scocche per il quale si è fatto riferimento ad una configurazione “tradizionale” comprendente, dopo lo sgrassaggio, gli stadi di fosfatazione e passivazione, malgrado sia possibile l’adozione di uno stadio unico di “conversione” nel quale potrebbe essere utilizzato un prodotto unico a minore contenuto di metalli pesanti (zinco, manganese e nickel).

5.2.1 *Schemi di processo considerati*

Nel complesso il processo di trattamento superficiale delle scocche considerato per la valutazione preliminare delle caratteristiche degli scarichi comprende in sequenza le sezioni di:

- SGRASSAGGIO
- FOSFATAZIONE (comprendente lo stadio preliminare di ATTIVAZIONE)
- PASSIVAZIONE
- CATAFORESI



Ciascuna sezione si articola in una sequenza di bagni di trattamento e di risciacqui, come illustrato schematicamente nel seguito.

5.2.1.1 Sezione di sgrassaggio

La struttura della sezione di sgrassaggio è riportata in Figura 5. Essa comprende gli stadi riassunti in Tabella 7.

		Volume vasca (m³)	Temperatura (°C)
STADIO 1	Lavaggio a spruzzo	15	55
STADIO 2	Sgrassaggio a spruzzo	15	60
STADIO 3	Sgrassaggio a immersione	68	60
STADIO 4	1° risciacquo a immersione	68	ambiente
STADIO 5	2° risciacquo a immersione	68	ambiente

Tabella 7 – Composizione sezione di sgrassaggio

I primi tre stadi utilizzano prodotti sgrassanti di tipo alcalino ed operano a caldo. La soluzione sgrassante è applicata per spruzzatura e per immersione. I bagni ad immersione sono anch'essi dotati di rampe di spruzzatura in ingresso ed in uscita.

I risciacqui sono effettuati con acqua industriale e prevedono due stadi ad immersione. In uscita dall'ultimo stadio è presente una serie di rampe di spruzzatura alimentate direttamente con acqua industriale. L'acqua industriale pulita, erogata attraverso le rampe di uscita, alimenta la seconda vasca ad immersione. Tale vasca non presenta scarichi in quanto a sua volta scarica nella prima vasca ad immersione. Da qui finalmente l'acqua è avviata allo scarico. Di fatto si crea un sistema di lavaggio in "controcorrente", in quanto la scocca incontra per prima l'acqua, più sporca, presente nel primo bagno di risciacquo, poi quella, più pulita, presente nel secondo bagno di risciacquo e infine acqua industriale nelle rampe di spruzzatura finali.

Lo schema di risciacquo può essere assimilato, includendo la pergola finale, a quello noto come "3 in 2".

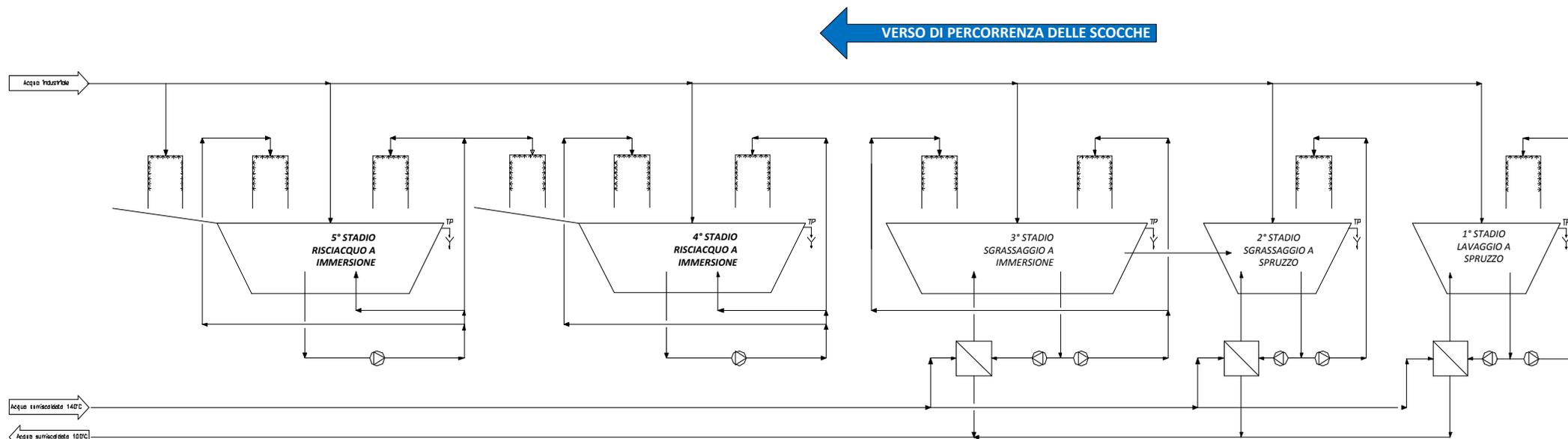


Figura 5 – Schema processo di pre-trattamento – Sezione di sgrassaggio



5.2.1.2 Sezione di fosfatazione

La struttura della sezione di fosfatazione è riportata in Figura 6. Essa comprende gli stadi riassunti in Tabella 8.

		Volume vasca (m³)	Temperatura (°C)
STADIO 6	Attivazione a immersione	68	Ambiente
STADIO 7	Fosfatazione a immersione	68	50
STADIO 8	Risciacquo a immersione	68	Ambiente

Tabella 8 – Composizione sezione di fosfatazione

Il risciacquo è effettuato con sistema noto come “2 in 1”. In uscita dalla vasca ad immersione è presente una serie di rampe di spruzzatura alimentate direttamente con acqua di riciclo dal risciacquo di passivazione. L’acqua, erogata attraverso le rampe di uscita, alimenta la vasca ad immersione. Da qui l’acqua viene scaricata per troppo pieno.

← VERSO DI PERCORRENZA DELLE SCOCHE

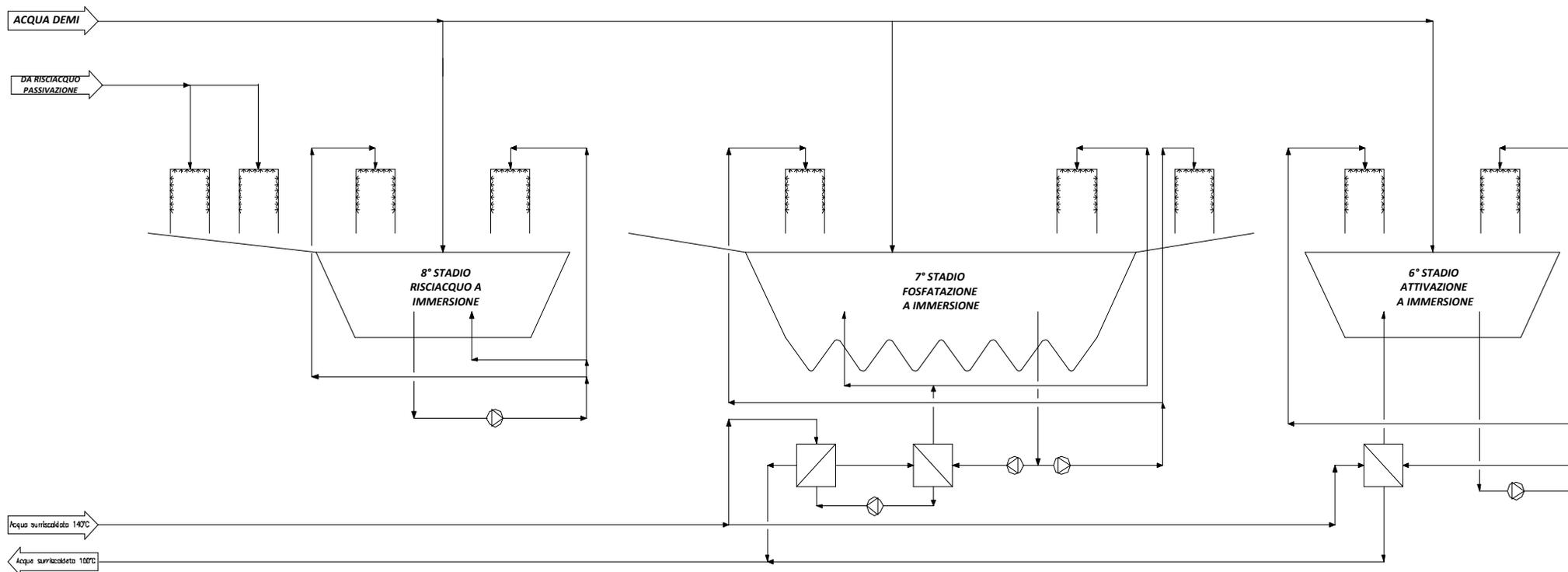


Figura 6 – Schema processo di pre-trattamento – Sezione di fosfatazione



5.2.1.3 Sezione di passivazione

La struttura della sezione di passivazione è riportata in Figura 7. Essa comprende gli stadi riassunti in Tabella 9.

		Volume vasca (m³)	Temperatura (°C)
STADIO 9	Passivazione a immersione	68	Ambiente
STADIO 10	Risciacquo a immersione	68	Ambiente

Tabella 9 – Composizione sezione di passivazione

Il risciacquo è effettuato con sistema “2 in 1”. In uscita dalla vasca ad immersione è presente una serie di rampe di spruzzatura alimentate direttamente con acqua demineralizzata. L’acqua, erogata attraverso le rampe di uscita, alimenta la vasca ad immersione. Da qui l’acqua viene ripresa ed alimentata al risciacquo dopo fosfatazione (stadio 8).

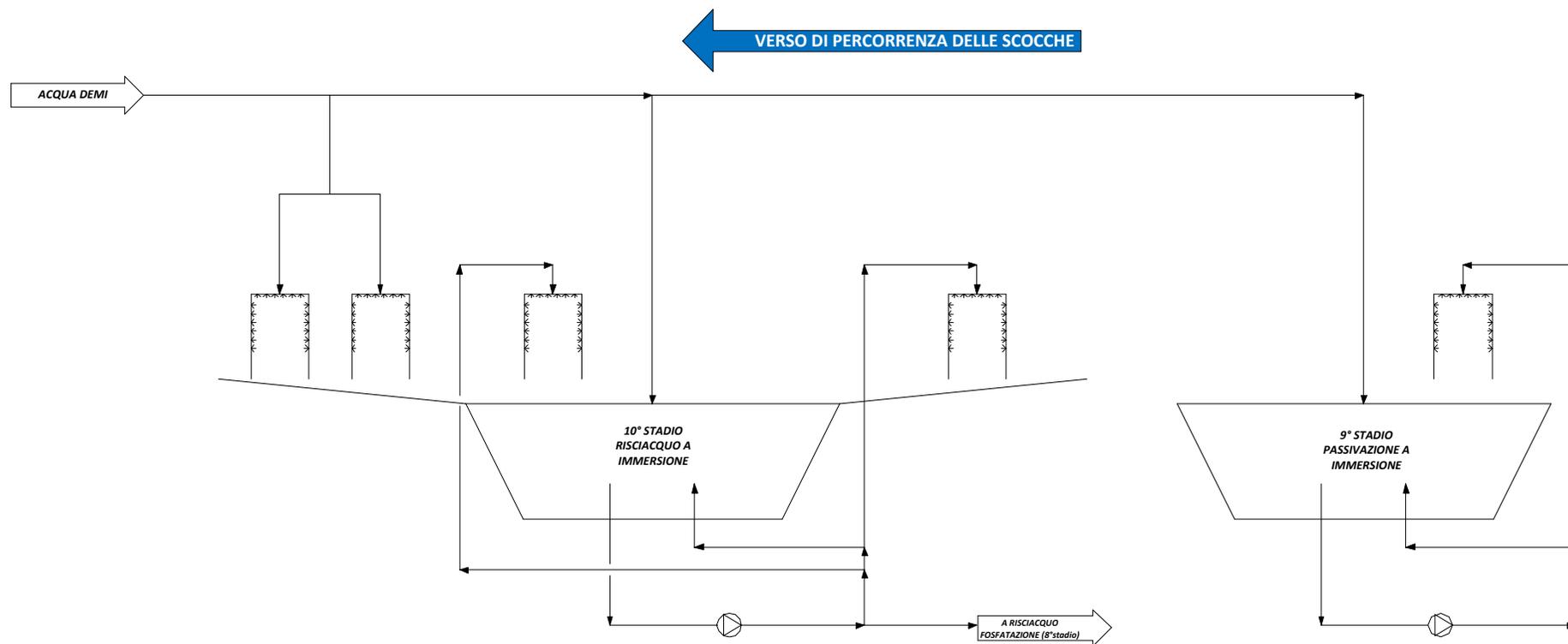


Figura 7 – Schema processo di pre-trattamento – Sezione di passivazione



5.2.1.4 Sezione di cataforesi

La struttura della sezione di cataforesi è riportata in Figura 8. Essa comprende gli stadi riassunti in Tabella 10.

		Volume vasca (m ³)	Temperatura (°C)
STADIO 11	Applicazione vernice a immersione	75	30°C
STADIO 12	Risciacquo a spruzzo con ultrafiltrato	15	Ambiente
STADIO 13	Risciacquo a immersione con ultrafiltrato	68	Ambiente
STADIO 14	Risciacquo a immersione con acqua demi	68	Ambiente

Tabella 10 – Composizione sezione di cataforesi

Il processo di cataforesi presenta una certa complessità.

Il bagno elettroforetico deve essere rigorosamente mantenuto entro ristretti intervalli di composizione e di temperatura. Esso è sottoposto ad una continua estrazione di vernice (che aderisce alla scocca) e ad un riscaldamento dovuto all'effetto Joule.

Sostanzialmente il bagno di cataforesi presenta un fabbisogno di acqua demineralizzata corrispondente a:

- reintegro del livello (per sopperire alle perdite dovute ad evaporazioni e drag out);
- reintegro del circuito di elettrodialisi (per sopperire allo spurgo dell'anolita, il quale si attua in automatico quando la conducibilità raggiunge un livello massimo prestabilito).

Per mantenere costante la temperatura, il bagno deve essere opportunamente raffreddato. Per questo scopo sono generalmente utilizzati gruppi frigoriferi.

Il risciacquo delle scocche prevede:

- una prima fase in cui il vettore lavante è costituito dal permeato di ultrafiltrazione della sospensione cataforetica (denominato comunemente "ultra filtrato");
- una seconda fase in cui il vettore lavante è costituito da acqua demineralizzata.

La generazione del vettore "ultrafiltrato" è affidata ad un impianto di ultrafiltrazione il quale viene alimentato in continuo da un'aliquota di sospensione prelevata dal bagno di cataforesi. Il concentrato viene rinviato in vasca ed il permeato (ossia l'"ultrafiltrato") viene utilizzato per la prima fase di risciacquo delle scocche. Con tale accorgimento si tende a recuperare la maggior parte della vernice trascinata per drag out dalle scocche, senza variare la composizione chimica del bagno di cataforesi.

Il risciacquo finale con acqua demineralizzata è del tipo "2 in 1".

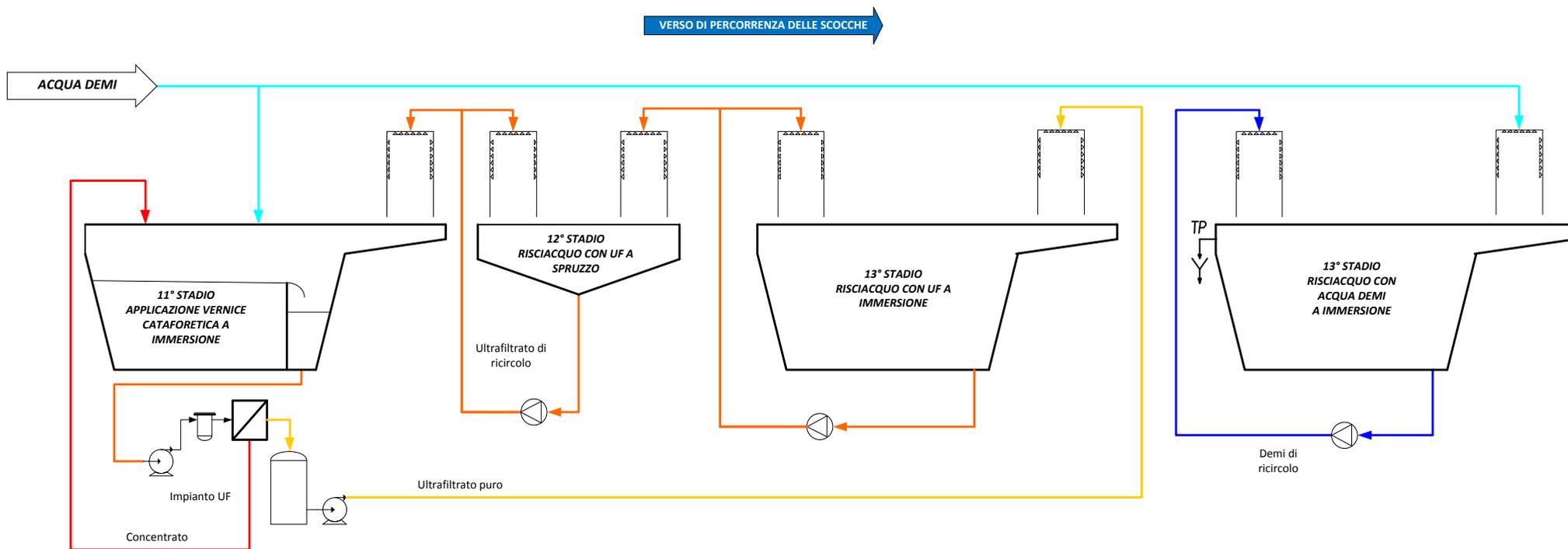


Figura 8 – Schema di processo sezione di cataforesi



5.3 Deduzione delle caratteristiche compositive degli scarichi

5.3.1 Scarichi discontinui

Gli scarichi discontinui derivano dalle operazioni di pulizia tecnica periodica degli impianti e coinvolgono lo scarico dei contenuti delle vasche (di trattamento e di risciacquo) e di adeguate quantità di acqua utilizzate per i lavaggi.

La frequenza delle operazioni di pulizia varia da uno stadio all'altro ed è soggetta a variazioni dovute alla necessità di interventi non programmati.

La composizione dei bagni a fine vita dipende non solo dai prodotti chimici utilizzati nella formulazione del bagno stesso, ma anche – come ovvio – dalle sostanze apportate dalle scocche trattate. Pertanto nei bagni di sgrassaggio esausti si troveranno oli e polverino metallico, oltre ad eventuali metalli passati in soluzione dalle scocche (ad esempio zinco) e così via.

Una valutazione preliminare delle composizioni è stata effettuata in riferimento ai dati analitici ricavati da impianti analoghi. Valutazioni di maggiore dettaglio potranno essere effettuate quando siano noti le formulazioni dei bagni e le composizioni dei prodotti chimici impiegati. Si tratta di dati che saranno sicuramente soggetti a revisione con l'avanzare del progetto delle linee di produzione.

I valori utilizzati per la linea di pretrattamento sono riportati in Tabella 11.

PARAMETRO	U.M.	Sgrassaggio a spruzzo	Sgrassaggio a immersione	Attivazione a immersione	Fosfatazione a immersione	Passivazione a immersione
pH		11	11	9	3	5
Conducibilità	microS/cm	12000	12000	800	4500	250
COD totale	mg/l	7500	4000	100	1700	70
COD solubile	mg/l	6000	3500	80	1500	55
Tensioattivi non ionici	mg/l	250	150	5	60	5
Zinco	mg/l	5	5	70	2500	70
Nickel	mg/l	2	2	1	700	15
Manganese	mg/l	5	5	1	1500	25
Fosforo	mgP/l	1000	1000	100	5000	50

Tabella 11 – Composizioni dei bagni della linea di pre-trattamento

Per quanto riguarda la linea di cataforesi, occorre considerare che il bagno di applicazione della vernice elettroforetica non viene mai scaricato. Gli scarichi discontinui della linea corrispondono essenzialmente allo spurgo di ultrafiltrato, realizzato sia in via diretta che a seguito del lavaggio periodico delle membrane di ultrafiltrazione. Esiste poi uno scarico semi-continuo rappresentato dallo spurgo dell'anolita.

Le caratteristiche di questi due scarichi sono riportate in Tabella 12.



PARAMETRO	U.M.	Spurgo ultrafiltrato	Spurgo anolita			
pH		5	5			
Conducibilità	microS/cm	600	200			
COD totale	mg/l	30000	2000			
COD solubile	mg/l	16500	2000			
Tensioattivi non ionici	mg/l	700	0			
Zinco	mg/l	25	0			
Nickel	mg/l	25	0			
Manganese	mg/l	25	0			
Fosforo	mgP/l	75	0			

Tabella 12 – Composizioni degli scarichi discontinui della linea di cataforesi

5.3.2 Scarichi continui

La composizione degli scarichi continui è simile, qualitativamente, a quella dei bagni di trattamento cui sono associati. Infatti la contaminazione deriva dal volume di bagno trascinato da ciascuna scocca nel passaggio dalla sezione di trattamento a quella di risciacquo. Tale volume è definito “trascinamento” (o “drag out”: D) ed è normalmente espresso in unità di portata. Ovviamente il trascinamento è legato sia alle caratteristiche morfologiche della scocca, sia ai dispositivi adottati per la sua movimentazione nella linea. Normalmente si definisce un “fattore di drag out” (d) riferito alla superficie della scocca (s). Pertanto:

$$(1) D = d*s$$

Le concentrazioni raggiunte dai contaminanti nello scarico finale del risciacquo (effluente del primo stadio di risciacquo) sono direttamente correlate al rapporto fra la portata dell’acqua di risciacquo adottata dall’esterno (Q, espressa in m³/h) e la portata di trascinamento D.

Se si rapporta la portata di risciacquo alla superficie delle scocche si può definire un risciacquo specifico:

$$(2) q = Q/s$$

espresso in l/m² di scocca.

Pertanto il rapporto di diluizione fra le concentrazioni di sostanze inquinanti presenti nel bagno di trattamento e quelle riscontrabili nell’effluente finale dei risciacqui seguenti tali bagni, può essere espresso dal rapporto:

$$(3) \delta = q/d$$

La portata di risciacquo “Q”, e di conseguenza il risciacquo specifico “q”, dipendono, oltre che dal trascinamento “D”, dal grado di lavaggio che si vuole ottenere sulla scocca e dal tipo di sequenza di risciacquo adottata.

Il grado di lavaggio è espresso dal “fattore di risciacquo Rd”, il quale rappresenta il rapporto fra la concentrazione del tracciante nel bagno di trattamento e quella misurata nell’ultimo stadio di risciacquo.



La relazione generale che lega la portata di risciacquo adottata (Q) al trascinamento (D) ed al fattore di risciacquo (Rd), è la seguente, in cui “n” equivale al numero di stadi di risciacquo in serie:

$$(4) Q = D * Rd^{1/n}$$

A parità di apporto di “drag out” dalle scocche, quanto maggiore è l’efficienza del sistema di risciacquo (individuata da un valore di “n” più alto), tanto minore sarà la portata di risciacquo necessaria.

Le caratteristiche compositive degli effluenti continui cambiano ovviamente in modo inverso: a parità di “drag out” le concentrazioni degli inquinanti nello scarico finale dei risciacqui saranno tanto maggiori quanto minore è la portata “Q”, ossia quanto migliore è l’efficienza dello stadio di risciacquo.

Le prime stime relative all’apporto di acqua di risciacquo per unità di superficie delle scocche trattate (fattore “q” sopra definito) danno valori massimi di circa 25 l/ m² per la cataforesi e circa 40 l/ m² per l’insieme dei risciacqui di pretrattamento (sgrassaggio e fosfatazione / passivazione). Tenendo conto della maggiore efficienza della linea di risciacquo prevista per la sezione di sgrassaggio, si considera preliminarmente che l’apporto in sgrassaggio sia di 10 l/m² e quello in fosfatazione / passivazione ammonti a 30 l/m².

In via cautelativa è stato assunto un fattore di drag out d = 0,2 l/m².

Con queste premesse i rapporti di diluizione per il calcolo delle composizioni dei risciacqui risultano:

Sgrassaggio => $\delta = 10 / 0,2 = 50$
 Fosfatazione / Passivazione => $\delta = 30 / 0,2 = 150$
 Cataforesi => $\delta = 25 / 0,2 = 125$

Le caratteristiche compositive degli scarichi generati dai risciacqui della linea di pre-trattamento sono riportate in Tabella 13. Per entrambi i processi (sgrassaggio e fosfatazione) si è fatto riferimento ad un vettore di risciacquo costituito da acqua demineralizzata. Nel caso di impiego di acqua industriale (di salinità non trascurabile) i valori di conducibilità indicati rappresenteranno solo un fattore incrementale rispetto al valore caratteristico del vettore utilizzato.

PARAMETRO	U.M.	Risciacquo sgrassaggio	Risciacquo fosfatazione			
Fattore δ adottato		50	150			
Conducibilità	microS/cm	240	30,0			
COD totale	mg/l	80	11,3			
COD solubile	mg/l	70	10,0			
Tensioattivi non ionici	mg/l	3	0,4			
Zinco	mg/l	0,1	16,7			
Nickel	mg/l	0,04	4,7			
Manganese	mg/l	0,1	10,0			
Fosforo	mgP/l	20	33,3			

Tabella 13 – Composizioni degli scarichi di risciacquo della linea di pre-trattamento



Per la cataforesi si è fatto riferimento alla composizione dell'ultrafiltrato, in quanto le scocche in ingresso alla sezione di risciacquo con acqua demineralizzata provengono dallo stadio di risciacquo effettuato con ultrafiltrato. I risultati della valutazione sono riportati in Tabella 14.

PARAMETRO	U.M.	Risciacquo cataforesi	
Fattore δ adottato		125	
Conducibilità	microS/cm	4,8	
COD totale	mg/l	240	
COD solubile	mg/l	132	
Tensioattivi non ionici	mg/l	5,6	
Zinco	mg/l	0,2	
Nickel	mg/l	0,2	
Manganese	mg/l	0,2	
Fosforo	mgP/l	0,6	

Tabella 14 – Composizioni degli scarichi di risciacquo della linea di cataforesi



5.4 *Quantità degli scarichi continui e discontinui.*

5.4.1 *Scarichi discontinui*

Per una valutazione delle quantità in volume e – di conseguenza – dei carichi inquinanti generati dalle linee di pre-trattamento, è necessario conoscere le frequenze di scarico dei bagni. Questo dato non è al momento ancora disponibile, per cui sono stati utilizzati valori ragionevoli e cautelativi. Le composizioni dei bagni sono quelle già illustrate in Tabella 11.

Per la valutazione degli scarichi di cataforesi si è fatto riferimento a fattori specifici per unità di superficie di scocca trattata (anche questi da verificare nello sviluppo della progettazione delle linee di produzione). In particolare:

- Spurgo ultrafiltrato = $0,1 \text{ l/m}^2$
- Spurgo anolita = $0,5 \text{ l/m}^2$

Il riferimento è alla superficie trattata giornalmente, pari a:

- $20 \text{ scocche/giorno} * 55 \text{ m}^2/\text{scocca} = 1100 \text{ m}^2/\text{giorno}.$

I risultati sono riportati in Tabella 15.

I volumi di scarico sono forniti al netto del contributo delle acque di lavaggio utilizzate nelle operazioni di pulizia tecnica. Tale contributo sarà considerato in una fase più avanzata del progetto, ma non incide in modo significativo sui carichi inquinanti calcolati.



STADIO	Volume (m3)	Frequenza rinnovo (1/mesi)	Scarico giornaliero equalizzato (m3/d)	Conducibilità (microS/cm)	COD totale (mg/l)	COD solubile (mg/l)	Tensioattivi non ionici (mg/l)	Zinco (mg/l)	Nickel (mg/l)	Manganese (mg/l)	Fosforo (mg/l)
1	15	1	0,75	12000	7500	6000	250	5	2	5	1000
2	15	0,5	0,375	12000	7500	6000	250	5	2	5	1000
3	68	0,25	0,85	12000	4000	3500	150	5	2	5	1000
4	68	0,25	0,85	240	80	70	3	0,1	0,04	0,1	20
5	68	0,5	1,7	120	40	35	1,5	0,05	0,02	0,05	10
6	68	0,5	1,7	800	100	80	5	70	1	1	100
7	68	0	0	4500	1700	1500	60	2500	700	1500	5000
8	68	0,5	1,7	30	11,3	10	0,4	16,7	4,7	10	33,3
9	68	0,5	1,7	250	70	55	5	70	15	25	50
10	68	0,5	1,7	1,67	0,47	0,37	0,03	0,47	0,10	0,17	0,33
11			0,11	600	30000	16500	700	25	25	25	75
12			0,55	200	2000	2000	0	0	0	0	0
TOTALE			11,99	2180	1392	1085	42	23	3,5	6,2	194

Tabella 15 – Calcolo quantità e composizione scarichi discontinui



5.4.2 Scarichi continui

Per il calcolo dei quantitativi degli scarichi continui si è fatto riferimento ai valori del fattore “q” dedotti al paragrafo 5.3.2 e si è considerata una superficie trattata giornaliera pari a:

$$S = 20 \text{ scocche/giorno} * 55 \text{ m}^2/\text{scocca} = 1100 \text{ m}^2/\text{giorno}$$

Tale valore, moltiplicato per il risciacquo specifico “q” fornisce la portata giornaliera di acqua consumata nei risciacqui.

Le composizioni dei reflui sono quelle già illustrate in Tabella 13.

I risultati sono riportati in Tabella 16.



STADIO	Fattore "q"	Scarico giornaliero (m3/d)	Conducibilità (microS/cm)	COD totale (mg/l)	COD solubile (mg/l)	Tensioattivi non ionici (mg/l)	Zinco (mg/l)	Nickel (mg/l)	Manganese (mg/l)	Fosforo (mg/l)
4	10	11,0	240	80	70	3	0,1	0,04	0,1	20
8	30	33,0	30,0	11,3	10	0,4	16,7	4,7	10	33,3
14	25	27,5	4,8	240	132	5,6	0,2	0,2	0,2	0,6
TOTALE		71,5	53	110	66	3	8	2	5	19

Tabella 16 – Calcolo quantità e composizione scarichi continui



6 Descrizione preliminare impianti di trattamento

6.1 Trattamento per il recupero

Il trattamento per il recupero è basato sull'applicazione di processi che modifichino il meno possibile la salinità dei reflui. **Lo scopo dell'impianto consiste nella generazione di acqua da reimmettere nelle reti di distribuzione idrica dello stabilimento. Esso non genera alcun effluente destinato a recapito esterno.**

I reflui influenti sono i seguenti:

- **acque di prima pioggia** => corrispondenti ai primi 5 mm di precipitazione raccolti su aree soggette a rischio di inquinamento;
- **effluenti fitodepurazione** => corrispondenti alle acque meteoriche trattate (seconde piogge e acque raccolte su superfici non soggette a contaminazione);
- **scarichi a bassa salinità** => generati nei processi produttivi e costituiti, in particolare, dai risciacqui dei processi di pre-trattamento e di cataforesi. A questi si associano gli spurghi delle torri evaporative ed altri scarichi tecnologici ritenuti idonei per il contenuto salino compatibile con il recupero (prove idriche, lavaggio vetture ecc.).

Di fatto si tratta di reflui che presentano basse concentrazioni di sostanze inquinanti. Alcuni scarichi, che possono presentare olii e solidi sospesi, sono sottoposti ad un pre-trattamento specifico.

Gli inquinanti organici di natura solubile (COD e tensioattivi) devono essere praticamente eliminati per consentire il recupero delle acque. Le concentrazioni di tali inquinanti sono generalmente troppo basse per sostenere un processo di rimozione di tipo biologico. Si è quindi optato per un trattamento di ossidazione chimica. Per non incrementare il contenuto salino delle acque e non generare fanghi, il processo ossidativo può essere convenientemente svolto applicando uno dei seguenti processi di ossidazione radicalica:

- ossidazione con UV e acqua ossigenata;
- ossidazione con ozono.

In questa sede viene descritto il processo di ossidazione mediante ozono, il quale si integra bene con l'utilizzo dell'ossigeno nel processo di trattamento per lo scarico (paragrafo 6.2). Tuttavia l'adozione del processo UV+H₂O₂ non è da escludere e potrebbe essere ripresa nelle successive fasi di progettazione quando sarà possibile effettuare un'analisi di ottimizzazione tecnico-economica più dettagliata.

Uno schema a blocchi del trattamento è riportato in Figura 9.

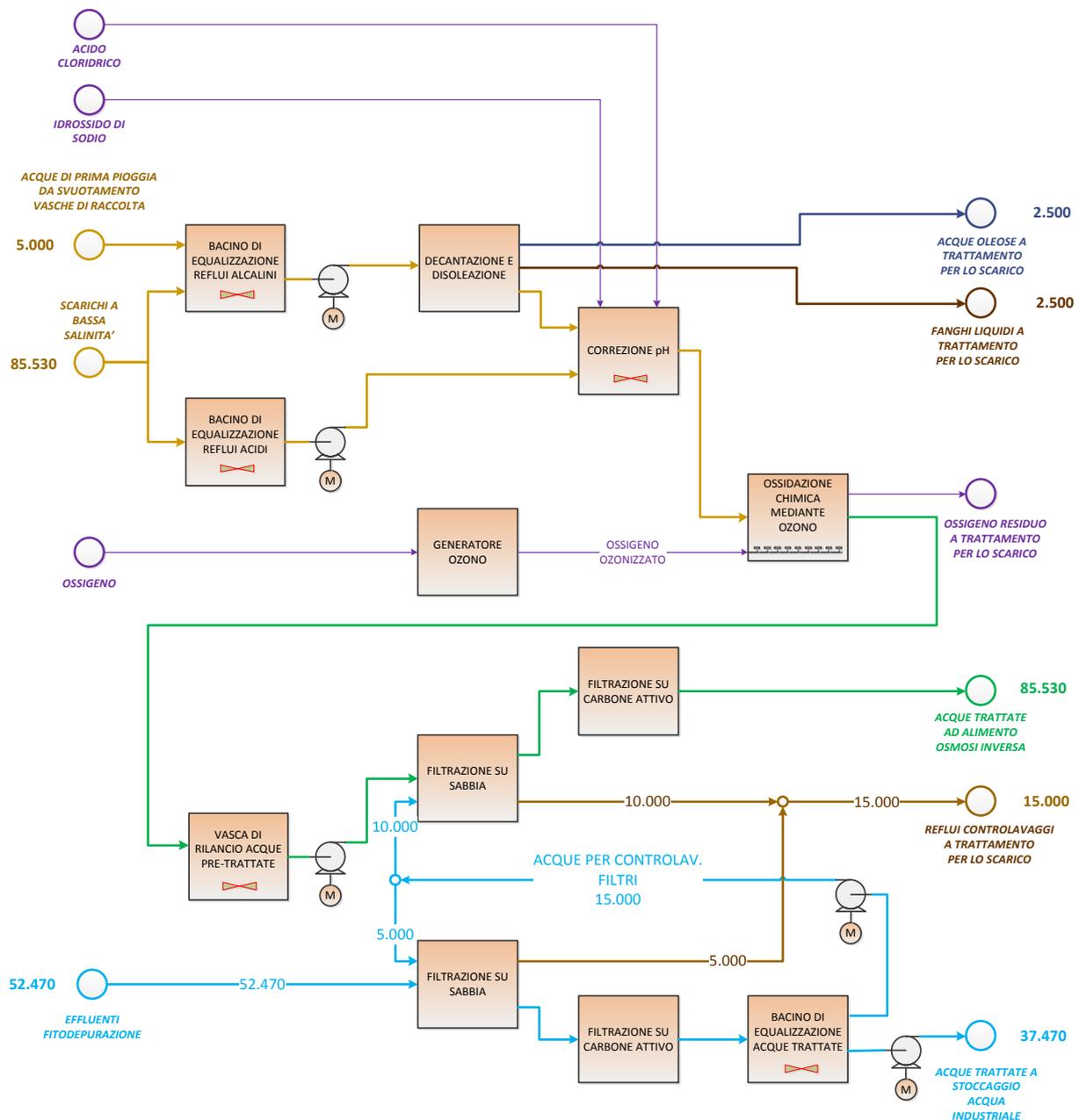


Figura 9 – Schema a blocchi trattamento per recupero

Gli scarichi tecnologici influenti sono raccolti in appositi bacini di equalizzazione dotati di sistemi di miscelazione (agitatori ad asse verticale o mixer sommersi).

In particolare:

- ***bacino di equalizzazione reflui alcalini*** => dedicato agli scarichi (a pH alcalino) potenzialmente inquinati da oli minerali. Si tratta principalmente delle acque di prima pioggia sollevate dai bacini di raccolta posizionati nelle aree critiche dello stabilimento, degli scarichi di risciacquo della prima sezione della linea di pre-trattamento (sgrassaggi) e di altri reflui che possono contenere oli e solidi sospesi (linee di car-wash ecc.);



- ***bacino di equalizzazione reflui acidi*** => dedicato agli altri scarichi a bassa salinità dei processi produttivi e di servizio. Si tratta principalmente degli scarichi di risciacquo delle sezioni di fosfatazione, passivazione e cataforesi e di altri reflui non contenenti olii (ad esempio spurgo torri di raffreddamento, prove idriche ecc.);

Da ciascuno dei due bacini di equalizzazione le acque sono sollevate a portata controllata e costante e sono inviati alle rispettive linee di trattamento.

Le acque sollevate dal bacino di equalizzazione dei reflui alcalini subiscono un trattamento di ***disoleazione e decantazione***, destinato alla separazione degli oli interi e dei solidi sedimentabili eventualmente presenti. Il trattamento è di tipo fisico e comprenderà un decantatore-disoleatore del tipo a pacchi lamellari seguito da un dispositivo di separazione fine degli oli del tipo a coalescenza. Non è previsto il dosaggio di reattivi chimici.

A valle di tale pre-trattamento è prevista l'unificazione degli scarichi sollevati dai due bacini di equalizzazione con contestuale ***correzione del pH*** in vasca dotata di agitatore ad asse verticale. Il dosaggio dei reattivi (idrossido di sodio o acido cloridrico, a seconda della correzione da effettuare) è automatico ed avviene su controllo da sonda di misura in continuo del pH immersa nella vasca.

I reflui confluiscono, quindi, al ***reattore di ozonizzazione***.

Il trattamento con ozono ha lo scopo principale di rimuovere totalmente i tensioattivi (principalmente non ionici) ed abbattere il COD. Inoltre esso determina l'ossidazione di metalli come il Manganese ed il Ferro, favorendone la precipitazione.

L'ozono viene generato trattando opportunamente un flusso di ossigeno puro. L'effluente del generatore è un gas che contiene una percentuale ridotta di ozono (fra il 10 ed il 12%). Il metodo di generazione sfrutta l'effetto corona e consuma energia elettrica generando calore che deve essere smaltito. Il generatore di ozono deve quindi essere dotato di un adeguato sistema di raffreddamento (allo scopo si potrà utilizzare un gruppo frigorifero con condensatore ad aria).

La reazione avviene entro un reattore in cui si favorisce il trasferimento dell'ozono dal gas di trasporto (ossigeno o aria). Tipicamente il reattore sarà costituito da una vasca con ingresso ed uscita protetti da guardie idrauliche e dotata, sul fondo, di un tappeto di diffusori a bolle fini. Il reattore è chiuso per permettere la captazione del gas esausto, il quale contiene sempre un residuo di ozono non trasferito. L'ossigeno captato viene recuperato nella sezione biologica del trattamento per lo scarico (paragrafo 6.2). E' comunque prevista l'installazione di un dispositivo di tipo catalitico per la distruzione dell'ozono residuo nel caso in cui il recupero totale del gas nel trattamento biologico non sia possibile.

L'effluente del reattore di ozonizzazione viene scaricato alla "vasca di rilancio acque pre-trattate" per essere sollevato ed alimentato alla sezione di affinamento finale su filtri a sabbia ed a carbone attivo. La filtrazione su sabbia ha lo scopo di rimuovere i solidi sospesi presenti. Quella su carbone attivo permette di rimuovere i residui di COD e di ozono, rendendo il refluo perfettamente compatibile con l'alimentazione all'impianto di osmosi inversa per la generazione di acqua osmotizzata. Quest'ultima, fornendo un permeato sostanzialmente privo di sali, costituisce una barriera insormontabile per le eventuali sostanze organiche ancora presenti ed i metalli e non metalli residui in soluzione (nickel, manganese, zinco, fosfati ecc.). Tali sostanze sono infatti trattenute integralmente nel concentrato il quale è indirizzato all'impianto di trattamento per lo scarico dove avviene l'abbattimento definitivo per precipitazione chimica (paragrafo 6.2).

Gli effluenti della fitodepurazione (acque meteoriche recuperate) subiscono anch'essi un processo di affinamento comprendente la filtrazione su sabbia e su carbone attivo. Le acque in uscita dalla sezione



di affinamento sono scaricate da una vasca di raccolta che ha lo scopo di rendere disponibile un volume utile per le operazioni di controlavaggio di tutti i filtri a sabbia e di permettere il rilancio al serbatoio di accumulo dell'acqua industriale.

Gli scarichi delle operazioni di controlavaggio sono inviati ad una vasca di raccolta facente parte della sezione di "trattamento per lo scarico" (paragrafo 6.2).

6.2 *Trattamento per lo scarico*

Il trattamento per lo scarico interessa i reflui di tipo discontinuo caratterizzati da elevata salinità e, pertanto, meno adatti al recupero. **Il trattamento è finalizzato al conseguimento di un livello qualitativo degli scarichi migliore di quanto previsto dalle normative vigenti per lo scarico in fognatura.**

I reflui influenti presentano elevate concentrazioni di inquinanti organici (COD e tensioattivi) ed inorganici (fosfati, zinco, manganese, nickel). Il loro adeguato trattamento richiede, quindi, l'adozione di vari processi depurativi in serie.

I reflui influenti sono i seguenti:

- **scarichi ad alta salinità** => generati nei processi produttivi e costituiti, in particolare, dai bagni esausti dei processi di pre-trattamento e di cataforesi. A questi possono essere abbinati eluati di rigenerazione resine ed altri scarichi poco adatti al recupero per l'elevato contenuto salino. La caratteristica principale è rappresentata dall'elevato contenuto in COD e tensioattivi (Tabella 15). Per la loro elevata concentrazione, i reflui discontinui di cataforesi (ultrafiltrato, lavaggio membrane...) sono gestiti separatamente ed equalizzati in serbatoio dedicato prima di essere immessi al trattamento depurativo;
- **concentrato osmosi inversa** => questo flusso si genera nell'impianto di osmosi, il quale è finalizzato all'ottenimento di acqua a bassa salinità (permeato) da distribuire ai cicli produttivi più delicati. La maggior parte dell'acqua utilizzata per alimentare l'impianto di osmosi inversa è costituita dal recupero degli scarichi a bassa salinità, i quali si caratterizzano per un contenuto modesto di metalli in soluzione. Tali metalli si ritrovano totalmente nel flusso di concentrato e vengono quindi addotti all'impianto di trattamento dove sono rimossi per precipitazione chimica (stadio di basificazione e flocculazione);
- **acque oleose** => generate nel trattamento per il recupero attraverso il processo di disoleazione applicato agli scarichi alcalini (paragrafo 6.1);
- **reflui controlavaggio** => generati nel trattamento per il recupero a seguito delle operazioni di lavaggio dei filtri a sabbia (paragrafo 6.1). Contengono solidi sospesi;
- **fanghi liquidi** => generati nel trattamento per il recupero attraverso il processo di decantazione applicato agli scarichi alcalini (paragrafo 6.1).

Uno schema a blocchi del trattamento è riportato in Figura 10.

L'impianto prevede anzitutto un processo di addensamento degli oli contenuti nelle acque oleose generate nel trattamento per il recupero. Tale processo comprende un addensatore del tipo "fiorentini" ed un serbatoio di stoccaggio degli oli con sistema di drenaggio per la separazione dell'acqua a gravità. Da questo serbatoio gli oli vengono periodicamente estratti ed avviati a smaltimento esterno.

Sono previsti tre bacini di raccolta delle acque reflue influenti:



- ***bacino di equalizzazione reflui ad alta salinità*** => riceve gli scarichi discontinui da rifacimento bagni della linea di pre-trattamento, oltre ad altri reflui tecnologici ad alta salinità (fra cui in particolare il concentrato di osmosi inversa). Il bacino è dotato di agitatori del tipo ad asse verticale o sommersi e di un dispositivo di separazione degli oli del tipo a tubo galleggiante. A tale bacino sono indirizzate anche le acque derivanti dalle operazioni di addensamento degli oli minerali condotte sulle acque oleose generate nel trattamento per il recupero;
- ***bacino di equalizzazione ultrafiltrato di cataforesi*** => riceve gli scarichi discontinui della linea di cataforesi, ed in particolare lo spurgo di ultrafiltrato, i lavaggi delle membrane di ultrafiltrazione e lo scarico periodico delle vasche di risciacquo con ultrafiltrato. Si tratta di reflui caratterizzati da piccoli volumi, ma elevate concentrazioni di COD e tensioattivi. E' quindi opportuno curarne il dosaggio bilanciato con gli altri effluenti, in modo da garantire una qualità il più possibile costante delle acque reflue avviate la processo di trattamento per lo scarico. Il bacino è dotato di agitatori del tipo ad asse verticale;
- ***bacino di equalizzazione reflui controlavaggio*** => dedicato alle acque reflue generate nel lavaggio dei filtri del trattamento per il recupero. Poiché le operazioni di controlavaggio sono discontinue, è necessario predisporre un accumulo di volume sufficiente a renderne possibile il trattamento a bassa portata in modalità continua. Allo stesso bacino sono anche indirizzati i fanghi liquidi generati nel processo di decantazione della linea per il recupero. Il bacino è dotato di agitatori del tipo ad asse verticale o sommersi.

Da ciascuno dei tre bacini di equalizzazione le acque sono sollevate a portata controllata e costante e sono inviati alle rispettive linee di trattamento.

Le acque sollevate dal bacino di equalizzazione degli scarichi ad alta salinità, unitamente a quelle riprese dal bacino di accumulo dell'ultrafiltrato di cataforesi, subiscono un processo di ossidazione radicalica tipo FENTON. Tale processo consente di ottenere rimozioni consistenti dei tensioattivi (60-70%) e del COD (30-50%). L'ossidazione delle sostanze organiche è promossa dai radicali OH che si generano a seguito della reazione fra acqua ossigenata e cloruro ferroso. Tale reazione è condotta in ambiente acido (pH = 3-4) entro due vasche dotate di agitatore ad asse verticale connesse in serie. Nella prima vasca si dosa il cloruro ferroso e si corregge il pH al valore desiderato mediante dosaggio automatico di acido cloridrico (in base a sonda per la misura del pH). Nella seconda si dosa l'acqua ossigenata secondo un rapporto pre-determinato rispetto al cloruro ferroso e con correzione automatica da sonda di misura del potenziale di ossido-riduzione. La reazione determina l'ossidazione del ferro bivalente a trivalente, il quale esplica una efficace azione di coagulazione dei colloidi presenti e determina la precipitazione dei fosfati sotto forma di fosfato di ferro (FePO₄).

L'effluente del trattamento di ossidazione radicalica, ancora acido, perviene al successivo trattamento di basificazione e flocculazione. Anche questa linea è costituita da due vasche dotate di agitatore ad asse verticale e disposte in serie. Nella prima si effettua la correzione del pH in campo basico mediante dosaggio di una sospensione acquosa di idrossido di calcio ("latte di calce"). Il dosaggio è automatico, su controllo da sonda per la misura del pH immersa in vasca. La basificazione con calce determina la precipitazione dei metalli sotto forma di idrossidi e l'ulteriore precipitazione dei fosfati come fosfato di calcio. A tale vasca pervengono anche i fanghi biologici di supero. Nella seconda vasca viene dosata una soluzione acquosa di polielettrolita anionico, il quale ha la funzione di agglomerare i coaguli in fiocchi di elevate dimensioni, in modo da facilitarne la separazione nella successiva fase di sedimentazione primaria.

Il sedimentatore primario è del tipo a pacchi lamellari. Esso genera un refluo chiarificato che perviene al successivo trattamento biologico. I fanghi separati sul fondo, di tipo misto chimico-biologico, sono estratti ed inviati alla linea di ispessimento e disidratazione.

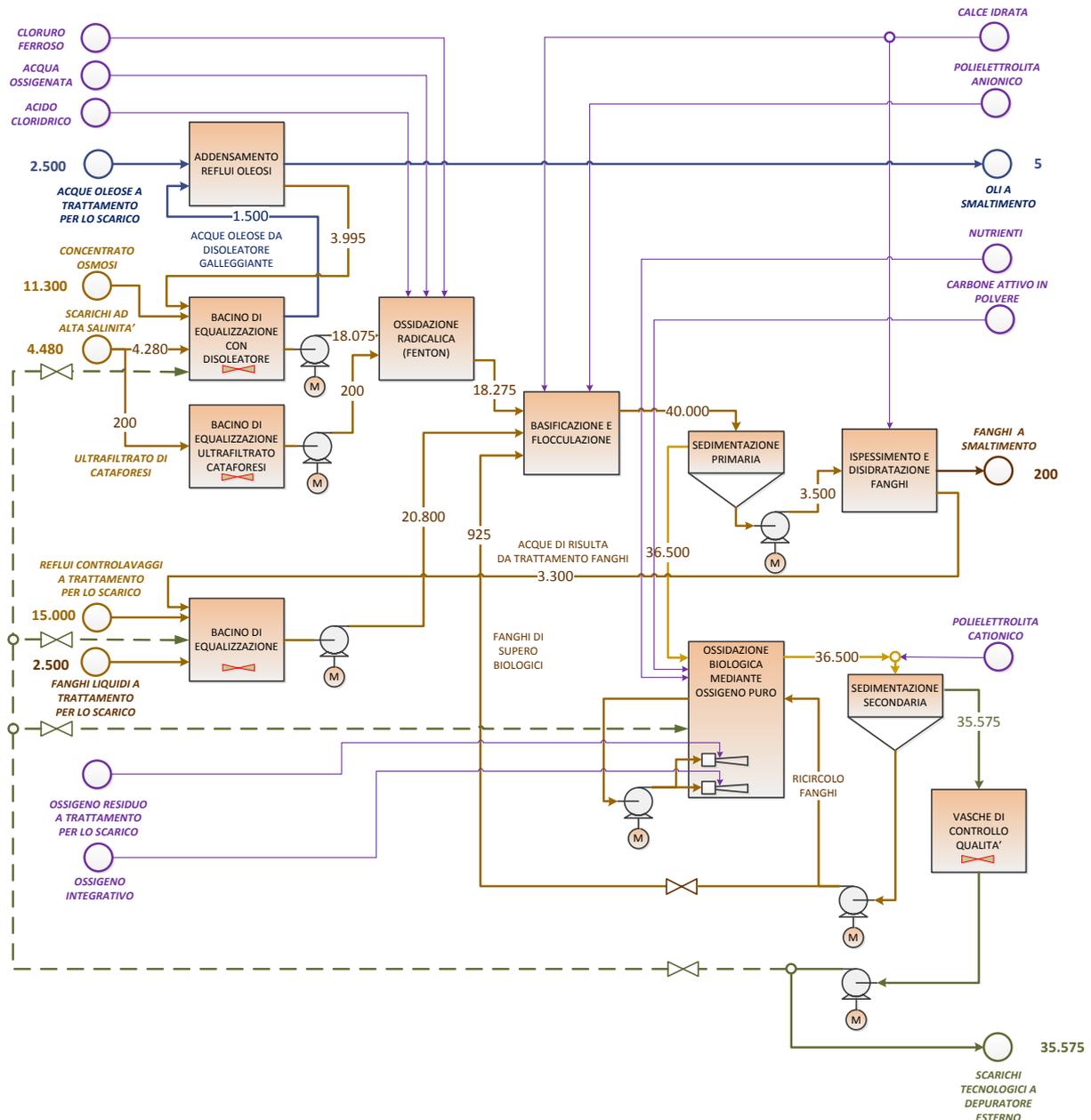


Figura 10 – Schema a blocchi trattamento per lo scarico

Il processo biologico è del tipo a fanghi attivi. La biomassa viene mantenuta nel reattore attraverso la separazione ed il ricircolo dei fanghi che avviene nella successiva fase di sedimentazione secondaria. Un'aliquota del fango prelevato dal fondo del decantatore (fango biologico di supero), corrispondente alla crescita dei microorganismi, viene estratta e rinviata alla sezione di basificazione e flocculazione. Per la crescita dei microorganismi è opportuno predisporre il dosaggio di opportune sostanze nutrienti (in particolare può essere carente l'azoto).



La reazione biologica è di tipo aerobico e richiede quindi la disponibilità di adeguate quantità di ossigeno. Il gas è somministrabile in forma diretta o attraverso insufflazione di aria. In questa sede facciamo riferimento all'impiego di ossigeno puro. Tale opzione si sposa con l'adozione del processo di ozonizzazione nel trattamento per il recupero. Poiché l'ozono è generato in un flusso di ossigeno puro, dopo la reazione di ozonizzazione il 90% circa del gas iniziale è disponibile per il recupero nel processo biologico. Sonde per il controllo dell'ossigeno disciolto effettuano automaticamente l'eventuale integrazione dell'ossigeno di recupero con altro prelevato direttamente dallo stoccaggio. Il sistema di diffusione dell'ossigeno nel bacino è del tipo ad eiettore.

Qualora il processo di ossidazione chimica dei reflui a bassa salinità fosse condotta con un processo UV + acqua ossigenata, il processo biologico potrà essere sostenuto con insufflazione di aria.

Nel processo biologico si prevede di abbattere il COD a tenori ampiamente più bassi rispetto ai limiti per lo scarico in fognatura (500 mg/l). In questo modo può essere garantito anche il rispetto dei limiti per i tensioattivi (4 mg/l). E' prevista anche un'ulteriore rimozione dei metalli eventualmente sfuggiti al precedente trattamento chimico.

Per migliorare le prestazioni del processo biologico (con particolare riguardo all'abbattimento dei tensioattivi non ionici) è prevista la possibilità di dosare del carbone attivo in polvere. Tale sostanza, grazie alle spiccate proprietà adsorbenti, ha un effetto sinergico sulla biomassa. Tale effetto si esplica attraverso l'adsorbimento di sostanze a lenta biodegradabilità nei micropori del granulo e l'alloggiamento dei batteri nei macropori. Di fatto la rimozione delle sostanze lentamente degradabili avviene in tempi molto brevi per effetto dell'adsorbimento sul carbone. Le sostanze adsorbite vengono poi metabolizzate dalla biomassa adesa nei macropori con il risultato di un prolungamento virtualmente indefinito della vita utile del carbone.

La fase di sedimentazione secondaria è condotta in un sedimentatore di tipo circolare. La miscela aerata in ingresso può essere additivata di polielettrolita cationico in soluzione acquosa per migliorare le caratteristiche di sedimentabilità del fiocco e, soprattutto, favorire una migliore chiarificazione delle acque.

Il refluo chiarificato viene scaricato ad un sistema di controllo della qualità costituito da due bacini operanti in parallelo, di cui uno in riempimento ed uno in svuotamento. Lo scarico viene autorizzato solo a seguito di controllo di qualità. In caso di non idoneità allo scarico è prevista la possibilità di ritrattare le acque stoccate riciclandole in testa all'impianto. Il riciclo può avvenire a monte di ciascuno dei principali trattamenti: ossidazione radicalica, basificazione e flocculazione, ossidazione biologica.

I fanghi generati nel processo di trattamento sono estratti dal sedimentatore primario ed includono (come sopra descritto) anche i fanghi biologici di supero. Essi subiscono un processo di addensamento per portarli alle condizioni di fango palabile ad elevato tenore di secco (35-40%). Il processo comprende i seguenti stadi:

- condizionamento con latte di calce;
- ispessimento;
- disidratazione in filtropressa a piastre.

Le acque separate nelle fasi di ispessimento e di disidratazione sono riciclate alla vasca di equalizzazione a monte della linea di basificazione e flocculazione.

I fanghi disidratati sono scaricati ad un cassone scarrabile e destinati a smaltimento esterno.

6.3 Caratterizzazione degli effluenti scaricati a depuratore esterno

L'adozione di un sistema per il recupero di una parte consistente dei reflui generati dai processi produttivi e di servizio dello stabilimento determina una consistente riduzione dei quantitativi degli scarichi alienati a depuratore esterno.



Secondo quanto sopra illustrato (Figura 1), infatti, a fronte di un volume complessivo di acque reflue generate di circa 90.000 m³/anno (somma degli scarichi a bassa ed alta salinità da impieghi in produzione, spurgo torri evaporative e scarichi da centrale termica), lo scarico a depuratore consortile si riduce a soli 35.800 m³/anno.

Il trattamento per lo scarico, poi, combinando processi di rimozione chimica e biologica, si caratterizza anche per una capacità depurativa tale da permettere di conseguire concentrazioni residue degli inquinanti significativamente inferiori rispetto a quanto stabilito dalle norme vigenti per lo scarico in fognatura.

Sulla base delle esperienze maturate nella progettazione e nell'esercizio di sistemi analoghi, siamo in grado di prevedere - in relazione agli inquinanti di interesse - i livelli qualitativi riepilogati in Tabella 17.

La tabella riporta, per confronto, i limiti previsti dalla normativa nazionale per lo scarico in fognatura (D.Lgs 152/06 Parte terza, Allegato 5, Tabella 3).

	Concentrazioni attese allo scarico		Limiti normativi	U.M.
	minimo	massimo		
COD	100	300	500	mg/l
BOD5	10	100	250	mg/l
Solidi sospesi	25	50	200	mg/l
Ferro	0,5	1	4	mg/l
Manganese	0,5	1	4	mg/l
Nickel	0,5	1	4	mg/l
Zinco	0,5	1	1	mg/l
Fosforo totale	1	3	10	mg/l
Idrocarburi	0	5	10	mg/l
Tensioattivi totali	0,5	3	4	mg/l

Tabella 17 – Composizione prevista per i reflui scaricati a depuratore consortile

Per Oroblu srl
Ing. Roberto Barra