

CONDUZIONE DEGLI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI

Seconda parte - La conduzione del processo

Relatore: Fulvio Borrino

I tempi di ritenzione

Tempo di ritenzione idraulica

È il tempo medio di permanenza nella vasca di trattamento dei **liquidi**: acqua e sostanze disciolte non biodegradabili, quali sali solubili inorganici, acidi fulvici, tannini, ecc.

È anche il tempo medio di permanenza nella vasca di trattamento delle forme di vita estranee ai fiocchi di fango: batteri dispersi e protozoi natanti

I tempi di ritenzione

Tempo di ritenzione idraulica

reflui

60 m³/h

40 m³/h

riciclo dal

sedimentatore



$$800 / (60 + 40) = 8 \text{ ore}$$

I tempi di ritenzione

Se la portata di riciclo aumenta, il tempo di ritenzione idraulica diminuisce

reflui

60 m³/h

54 m³/h

riciclo dal

sedimentatore



114 m³/h

miscela aerata

$$800 / (60 + 54) = 7 \text{ ore}$$

I tempi di ritenzione

Tempo di ritenzione del fango

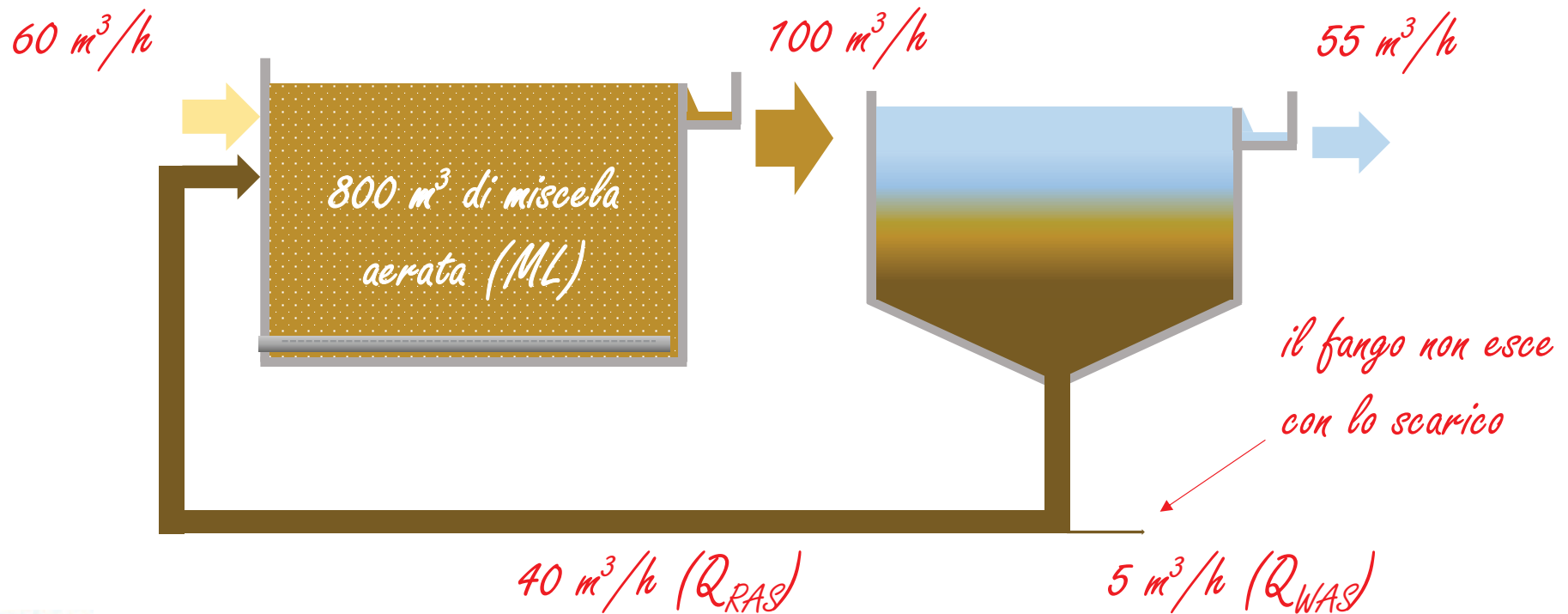
È il tempo medio di permanenza nella vasca di trattamento dei **solidi**

È un parametro fondamentale, anche denominato **età del fango** (CRT, *Cell Residence Time* o SRT, *Solid Residence Time*)

È anche il tempo medio di permanenza nella vasca di trattamento di tutto ciò che sedimenta con i fiocchi di fango: protozoi che colonizzano i fiocchi, sali inorganici insolubili, morchie idrocarburiche, ecc.

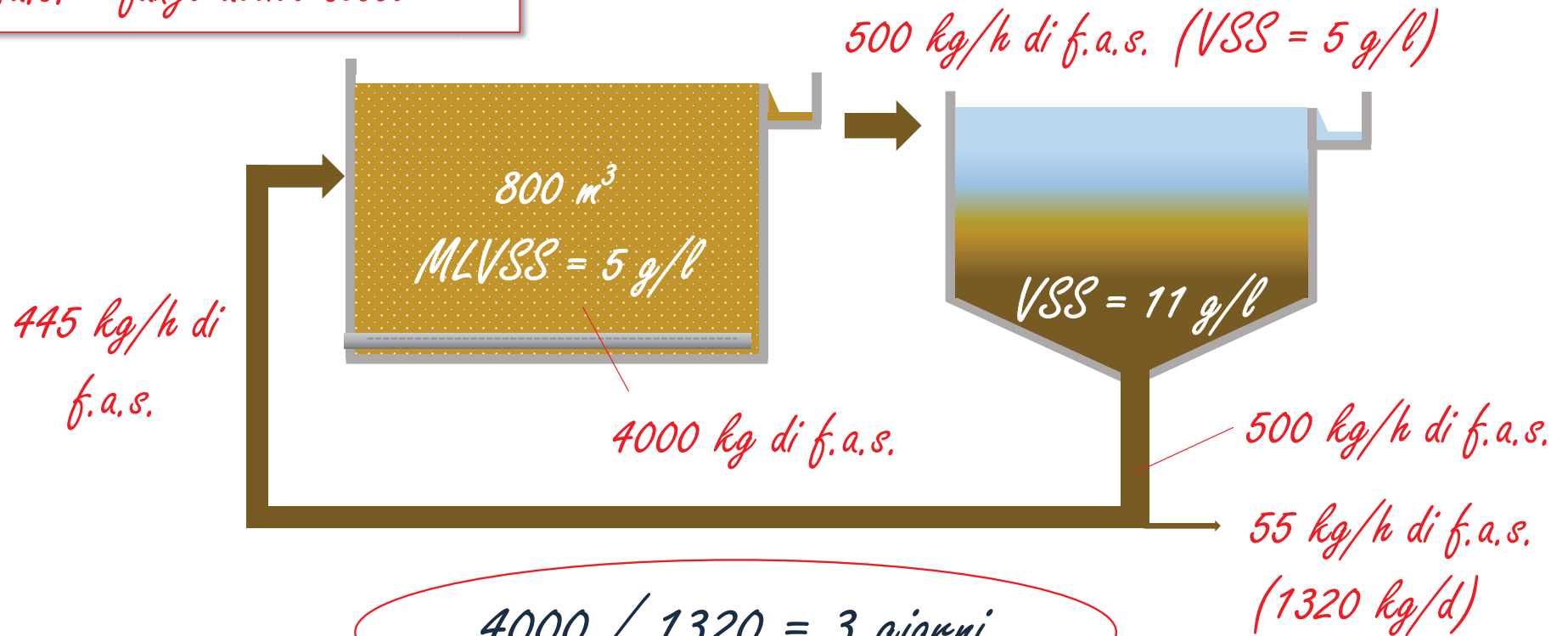
I tempi di ritenzione

Tempo di ritenzione del fango



I tempi di ritenzione

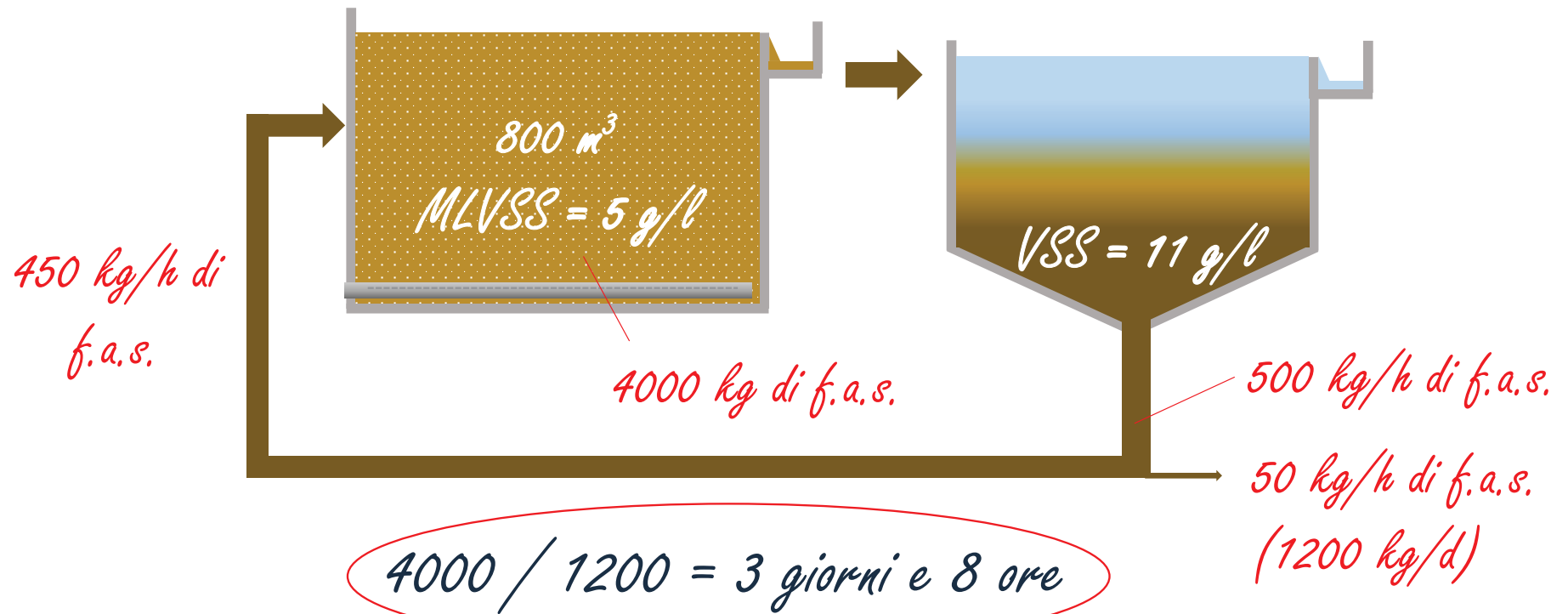
f.a.s. = fango attivo secco



$$4000 / 1320 = 3 \text{ giorni}$$

I tempi di ritenzione

Se Q_{WAS} diminuisce, il tempo di ritenzione dei fanghi aumenta



Il controllo dell'età del fango

L'età del fango è proporzionale al volume della vasca di aerazione (V) e alla concentrazione di solidi sospesi volatili della miscela aerata (MLVSS)

È inversamente proporzionale alla portata del **fango di supero** (Q_{WAS}) e alla concentrazione di solidi sospesi volatili del fango di supero (VSS)

- V *lo ha deciso il progettista*
- MLVSS *è decisa dal carico organico (e da Q_{WAS})*
- VSS *è decisa dalla sedimentabilità del fango*
- Q_{WAS} *la decide il conduttore dell'impianto*

Il controllo dell'età del fango

$$Q_{WAS} \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{\text{MLVSS (g/l)} \cdot \text{V (m}^3\text{)}}{24 \cdot \text{VSS (g/l)} \cdot \text{CRT (giorni)}}$$

È probabilmente il più importante parametro operativo: la conduzione ottimale è quella che mantiene **costante** il CRT (età del fango) di progetto

un impianto privo di misuratore di portata del fango di supero è come una nave priva di timone !



Il controllo dell'età del fango

La migliore modalità di allontanamento del fango di supero è quella **continua**, con controllo automatico della portata

Se non esiste un sistema automatico, si può eseguire un allontanamento intermittente: in tal caso, è preferibile estrarre con la minima portata e nel più lungo intervallo di tempo possibile

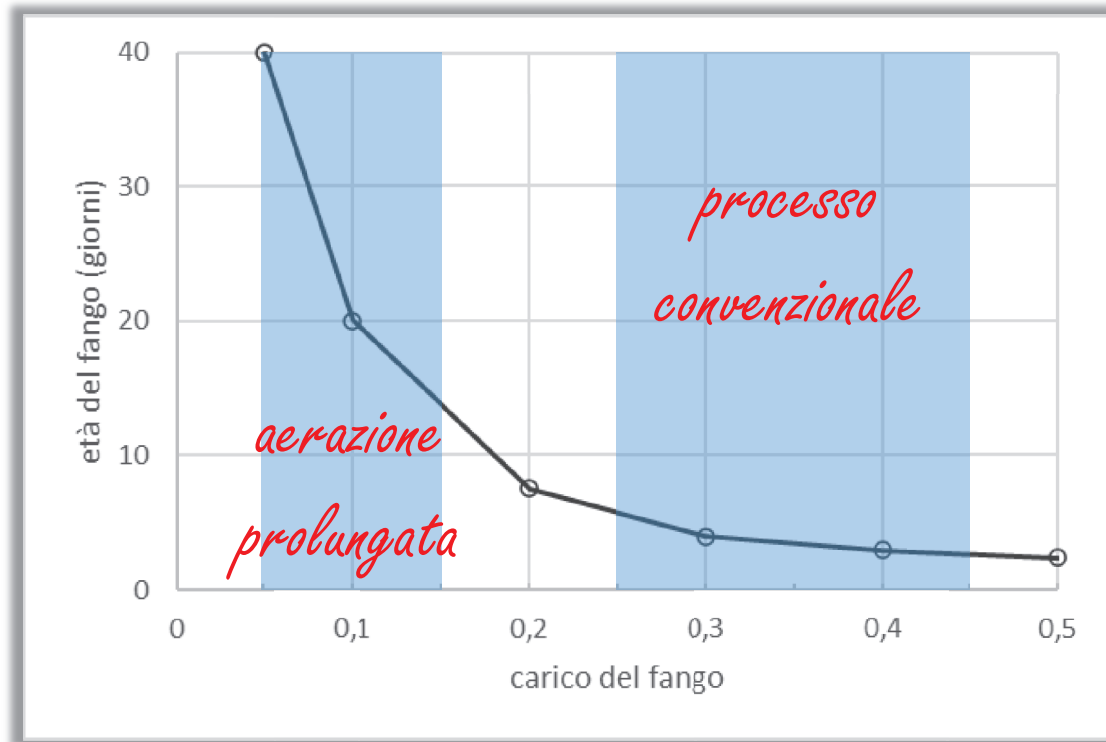
Gli intervalli di pompaggio dovrebbero coincidere con i momenti di minore portata in ingresso (per contenere la riduzione del carico sul fango)

Tempi di ritenzione tipici

	Tempo di ritenzione idraulica (ore)	Tempo di ritenzione del fango (giorni)
Impianti convenzionali	6 - 8	4 - 10
Impianti ad aerazione prolungata	16 - 24	18 - 30

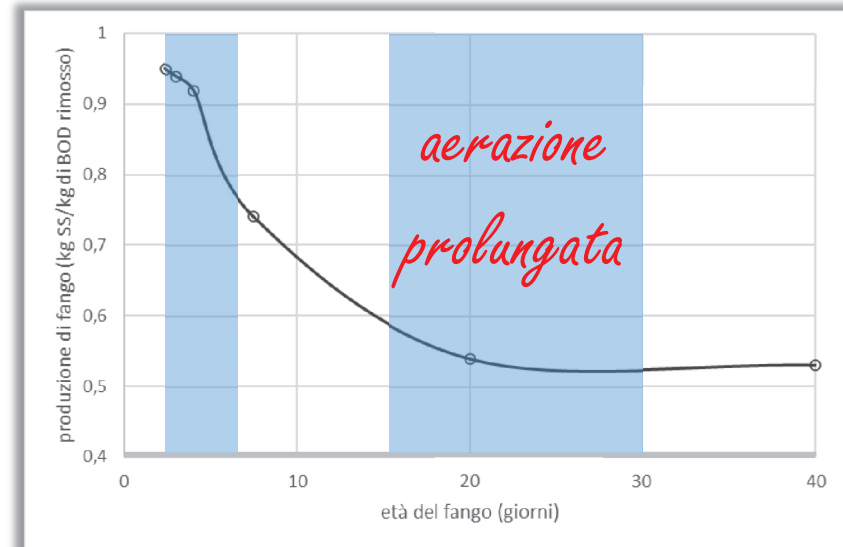
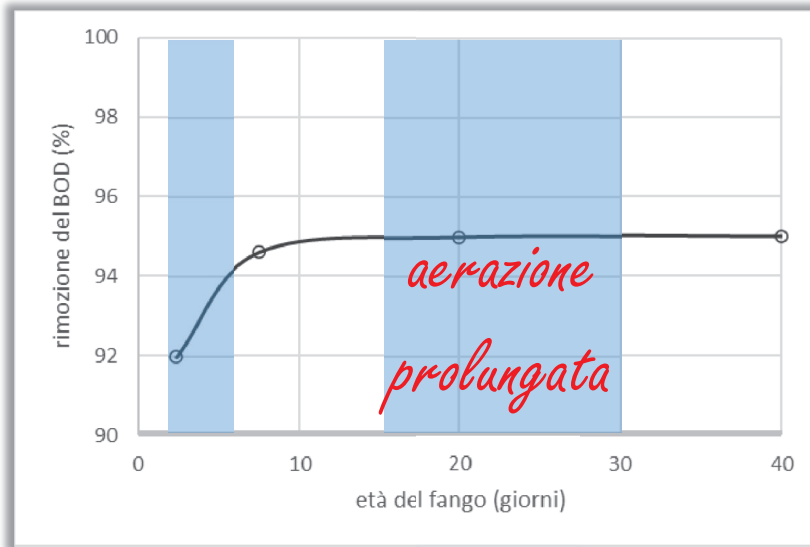
Gli impianti ad aerazione prolungata hanno diversi vantaggi: massimo rendimento nella rimozione del BOD; nitrificazione completa del refluo; minima produzione di fango di supero; maggiore resistenza agli shock; sedimentatore primario superfluo (bassi carichi organici)

Carico ed età del fango



dati da: R. Vismara, Depurazione biologica, Hoepli, 2013 (liquami domestici > 13 °C, BOD 200 mg/l)

I vantaggi dell'aerazione prolungata



dati da: R. Vismara, Depurazione biologica, Hoepli, 2013 (liquami domestici > 13 °C, BOD 200 mg/l)

Perché esistono gli impianti convenzionali

Rispetto agli impianti ad aerazione prolungata, quelli convenzionali richiedono vasche di aerazione, sedimentatori secondari e sistemi di aerazione di minori dimensioni

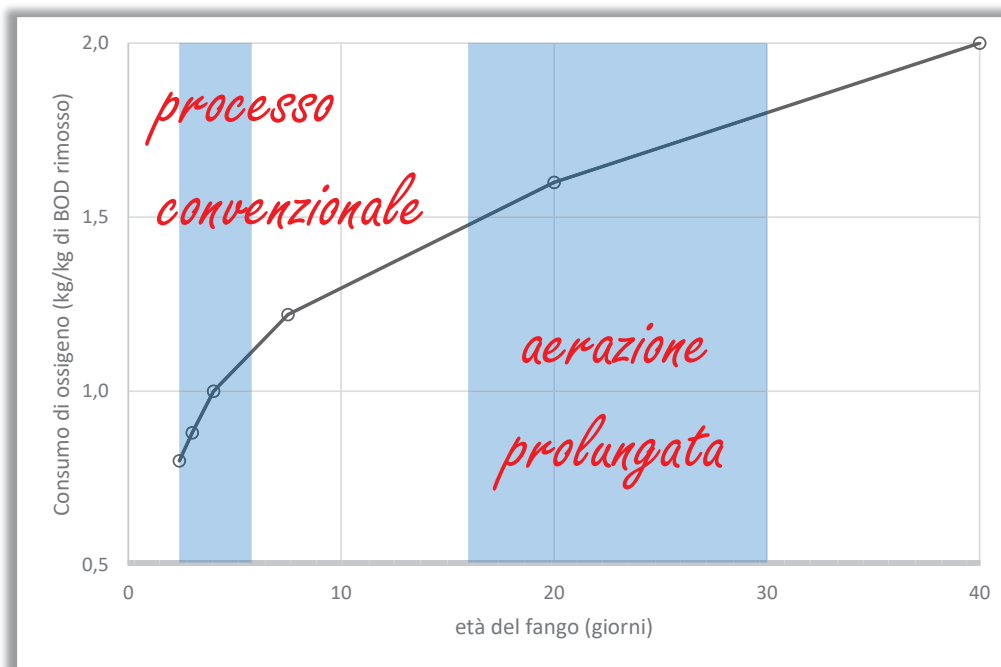


<https://circularconomy.europa.eu>

i depuratori che trattano grandi flussi di reflui sono di tipo convenzionale

Perché esistono gli impianti convenzionali

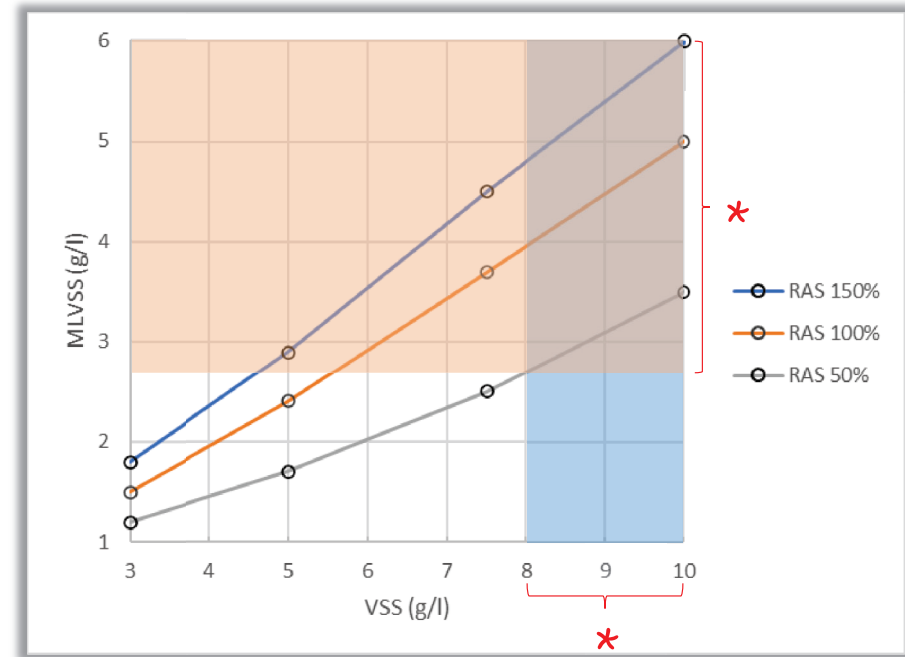
A fronte delle maggiori spese di gestione per lo smaltimento dei fanghi, i costi operativi per l'aerazione dei reflui sono decisamente inferiori



dati da: R. Vismara, Depurazione biologica, Hoepli, 2013 (liquami domestici > 13 °C, BOD 200 mg/l)

La portata del fango di ricircolo

Per non interferire con l'ispessimento del fango nel sedimentatore, Q_{RAS} non deve superare il 150% della portata in ingresso al depuratore (con un ricircolo del 300% l'ispessimento sarebbe nullo)



** valori tipici*

Indice di volume del fango

È un indice della sedimentabilità del fango ed è definito come il volume in millilitri occupato dal 1 grammo di fango attivo secco dopo una sedimentazione di 30 minuti

$$\text{SVI (ml/g)} = \text{solidi sedimentabili (ml/l)} / \text{MLVSS (g/l)}$$

I solidi sedimentabili sono tradizionalmente misurati in cono Imhoff

*la forma conica
permette una
misurazione più accurata
di piccoli volumi di fango*

For scale divisions and accuracy limits, see table.

Cat. No.	Capacity (mL)	h (mm)	d (OD) (mm)	Pack Unit
214015403	1000	470	120	10

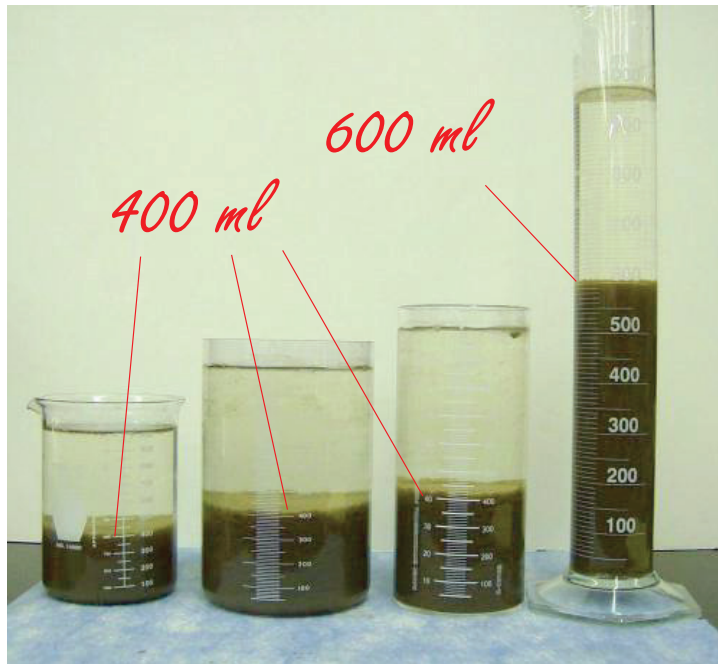
Scale (mL)	Division (mL)	Tolerance ± (mL)
0 - 2	0.1	0.1
2 - 10	0.5	0.5
10 - 40	1	1
40 - 100	2	2
1 000	Circular marking	10

DURAN® Sedimentation Cone
Imhoff type, graduated

DIN 12672



Indice di volume del fango



<https://www.biologicalwasteexpert.com>

Nel settore della depurazione delle acque reflue urbane, molti tecnici contestano l'uso del cono Imhoff, perché la scarsa compattazione dei fiocchi nella punta del cono determina letture superiori a quelle ricavabili in altri tipi di contenitori

Per tale motivo, si è diffuso l'uso di cilindri graduati o di apparecchi di diametro ancora maggiore (*settlometer*)

Indice di volume del fango

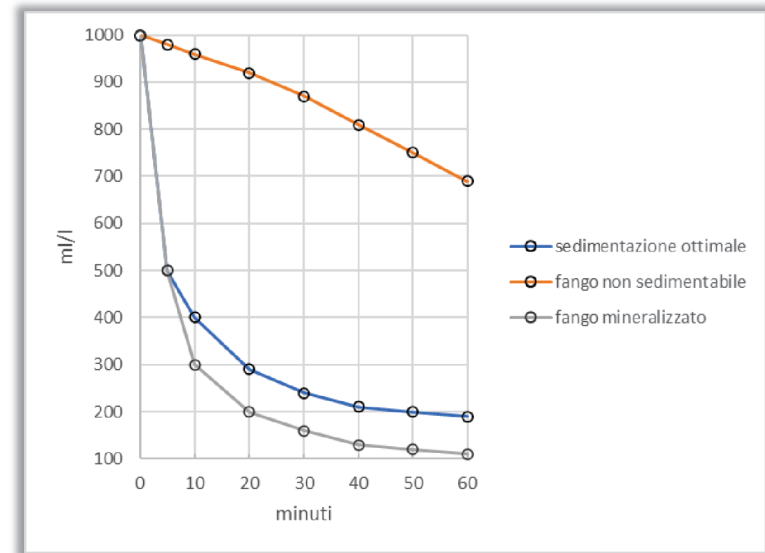
Molti dei valori di SVI indicati in letteratura sono stati ricavati con misurazioni eseguite in cono Imhoff

Un modo diverso di affrontare la questione è quello di limitare il campo di misurazione del cono Imhoff: *l'indice del fango è valido a condizione che il volume decantato sia compreso tra 100 e 300 ml. In caso contrario è necessario **diluire*** (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration – Origines et solutions, 2004)

quali che siano le modalità scelte per la misurazione, è importante mantenersi fedeli alla scelta iniziale e garantire la confrontabilità dei dati nel tempo

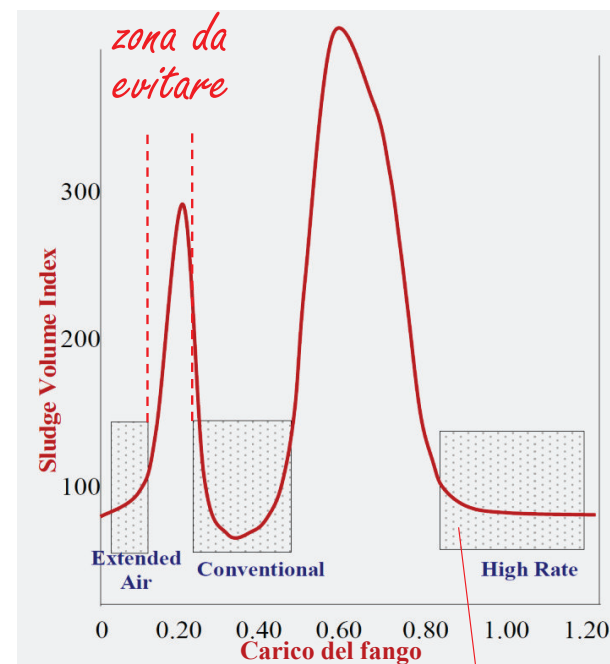
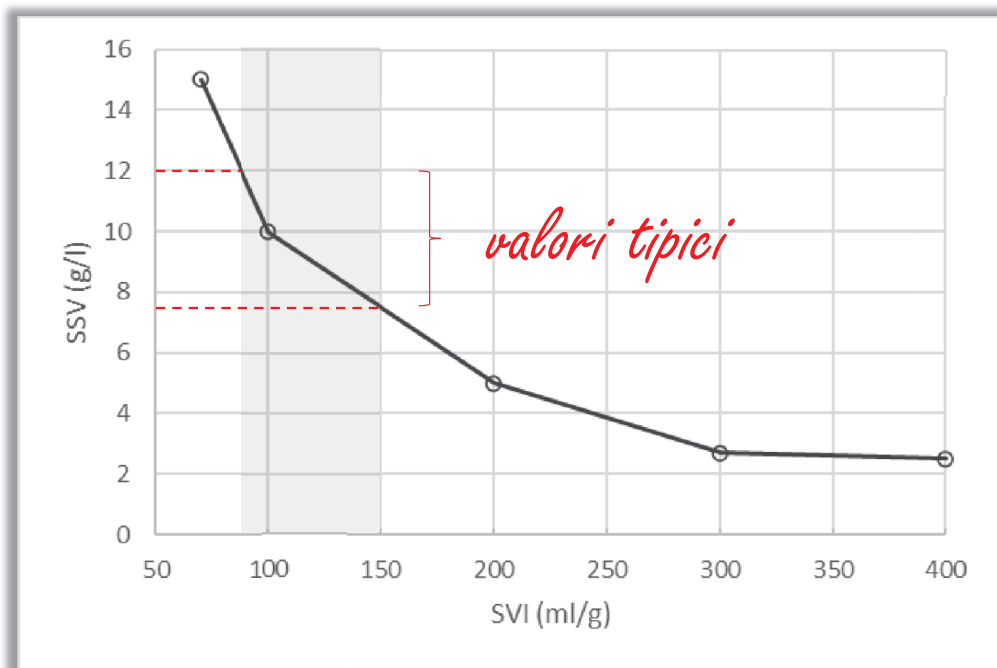
Indice di volume del fango

La prova di sedimentazione prolungata con lettura del volume a 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minuti può fornire indizi su problemi di sedimentabilità



nel breve periodo, il volume del fango a 30 minuti può inoltre costituire una prova speditiva per confermare i valori di MLVSS e VSS

SSV del fango di ricircolo e SVI



<https://www.michigan.gov>

fanghi compatti, ma acqua torbida

La portata del fango di ricircolo

Benché nel breve periodo anche Q_{RAS} influisca sulla concentrazione del fango nella vasca di aerazione, la sua funzione è un'altra: controllare il **livello** del fango nel sedimentatore

È una buona idea legare Q_{RAS} alla portata in ingresso: un ricircolo proporzionale previene grandi escursioni del livello del fango determinate da brusche variazioni di portata dei liquami

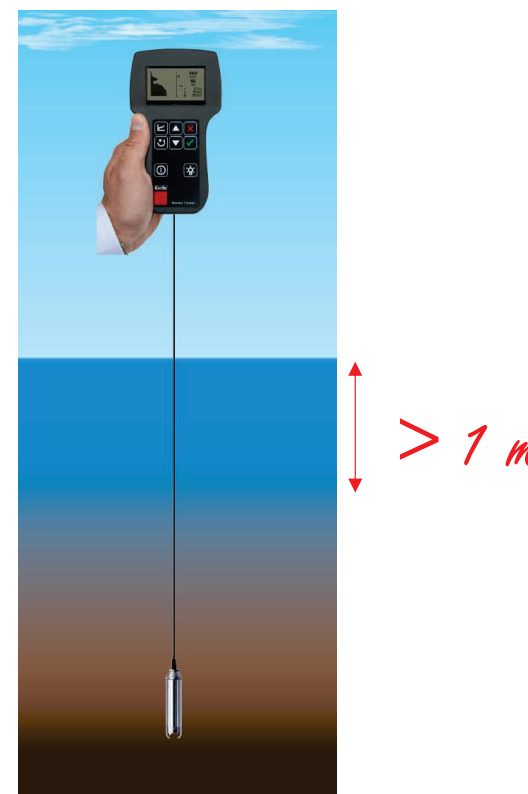


Sensori di livello dei fanghi

Il controllo del livello dei fanghi nel sedimentatore secondario è un aspetto spesso sottovalutato

Un livello alto è condizione essenziale per permettere un buon ispessimento del fango (alti valori di VSS del fango di ricircolo) e quindi buone concentrazioni di fango attivo in vasca di aerazione senza portate idrauliche eccessive del fango di ricircolo

per impedire fuoriuscite di fango con lo scarico, mantenere un livello di acqua chiarificata di almeno 1 metro



<https://www.zedflo.com.au>

Sedimentazione e ispessimento



liquido chiarificato (eventuale sedimentazione discreta)

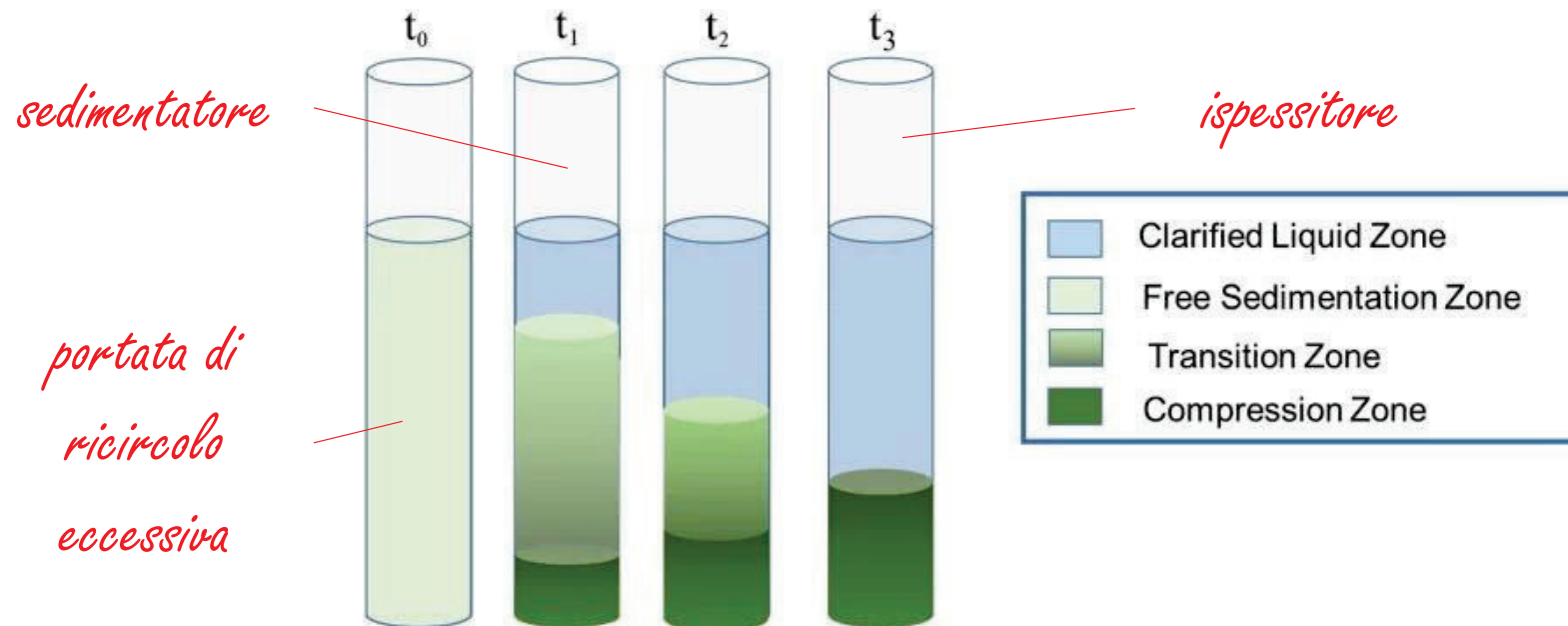
zona a densità costante (nelle condizioni dinamiche di un sedimentatore, la parte superiore è zona di flocculazione)

zona di compressione (ispessimento del fango)

la zona a densità costante agisce come un filtro per il liquido che risale verso la superficie

<https://cdn.ymaws.com>

Sedimentazione e ispessimento



https://www.researchgate.net/publication/394819709_Recent_advances_in_analytical_techniques_for_solid_sedimentation_in_drilling_fluids_A_review

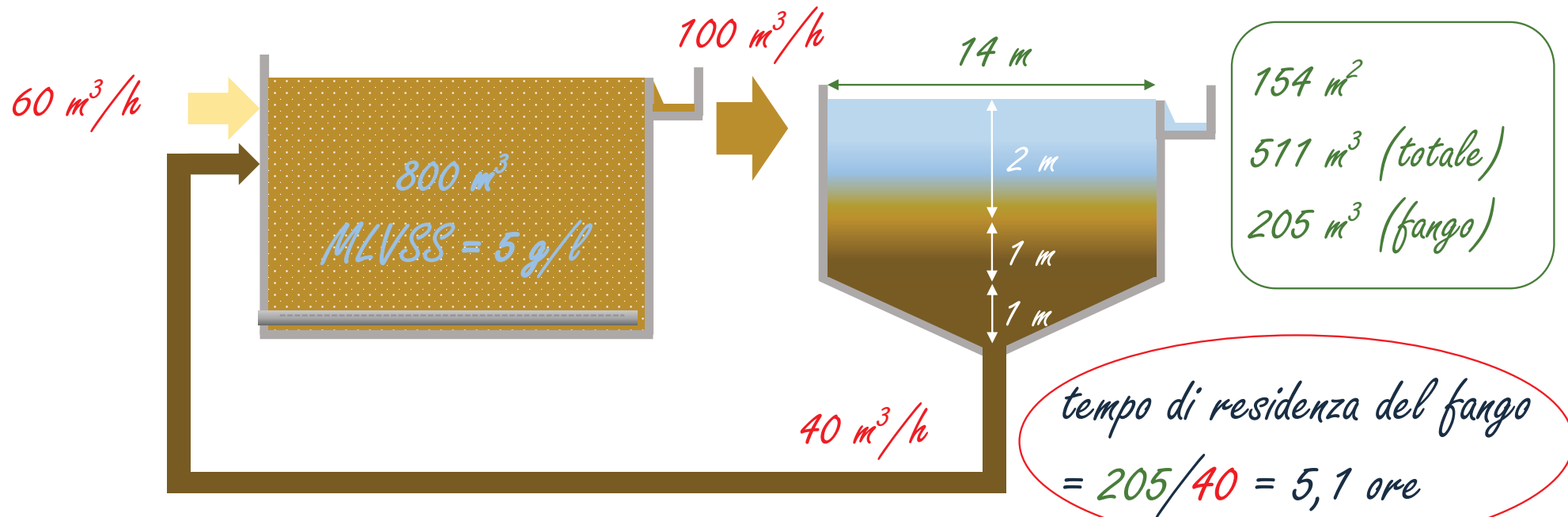
Il sedimentatore è adeguato?

efficienza di chiarificazione

efficienza di ispessimento

	Carico idraulico superficiale (m ³ /d·m ²)		Carico dei solidi (kg/h·m ²)	
	medio	di punta	medio	di punta
Impianti convenzionali	16 - 28	40 - 64	4 - 6	8
Aerazione prolungata	8 - 16	24 - 32	1 - 5	7

il fango non dovrebbe permanere più di 5 ore nel sedimentatore per evitare processi anossici o, peggio, anaerobici



$$\text{Carico dei solidi} = 5 \cdot 100 / 154 = 3,2 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Carico idr. superf.} = 24 \cdot 100 / 154 = 16 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$$

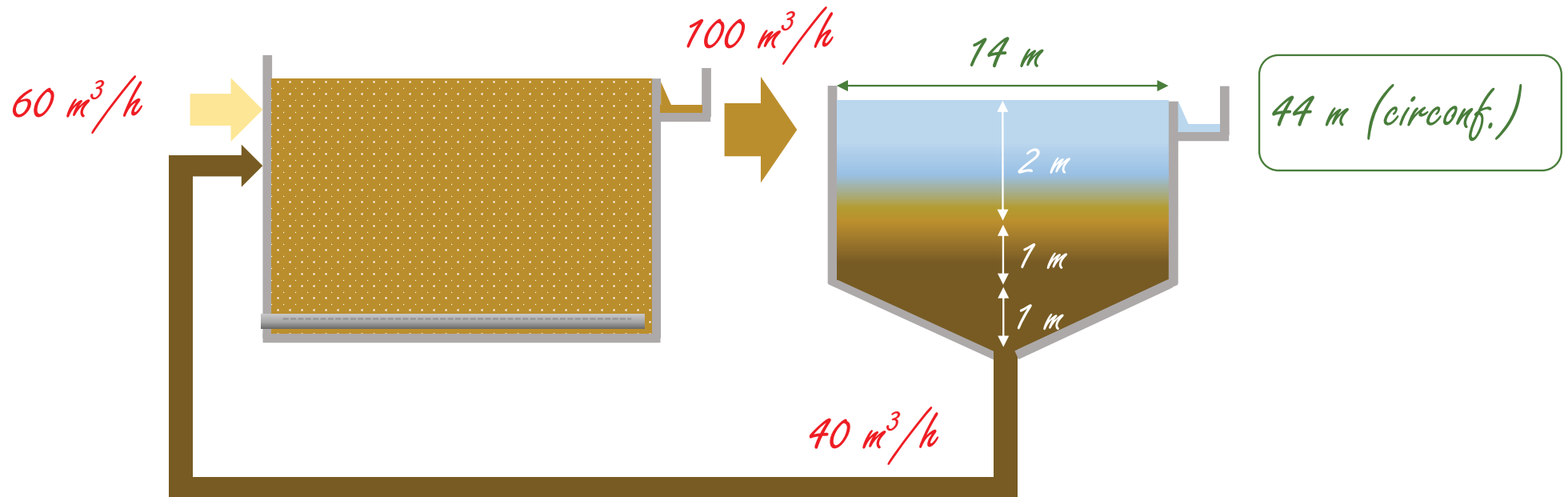
il carico dei solidi è adeguato solo per un processo ad aerazione prolungata

Il sedimentatore è adeguato?

Per non rischiare il trascinamento di fango nel flusso dell'effluente, il **carico sullo stramazzo** non dovrebbe superare i $125 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ($250 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ per la portata di punta)



sistema di regolazione dell'altezza dello stramazzo



$$\text{Carico sullo stramazzo} = 24 \cdot 100 / 44 = 55 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$$

il flusso di stramazzo è adeguato

L'aerazione

Uno dei problemi più studiati è come ridurre la quantità di aria necessaria per mantenere il corretto funzionamento del processo a fanghi attivati. A meno che i costi di funzionamento non siano ridotti sensibilmente o che non se ne ricavi un considerevole ritorno economico, il processo avrà un'applicazione assai limitata.

Consultando la letteratura tecnica e brevettuale, abbiamo trovato circa trenta metodi di introduzione dell'aria nei liquami diversi dal soffiaggio attraverso piastre porose, o metodi per aumentare il periodo di contatto e l'efficienza dell'aria soffiata nei liquami

(State of Illinois, Division of the State Water Survey, Activated Sludge Studies 1920-1922)

L'aerazione

Alcuni di quei metodi si sono affermati come tecnologie affidabili

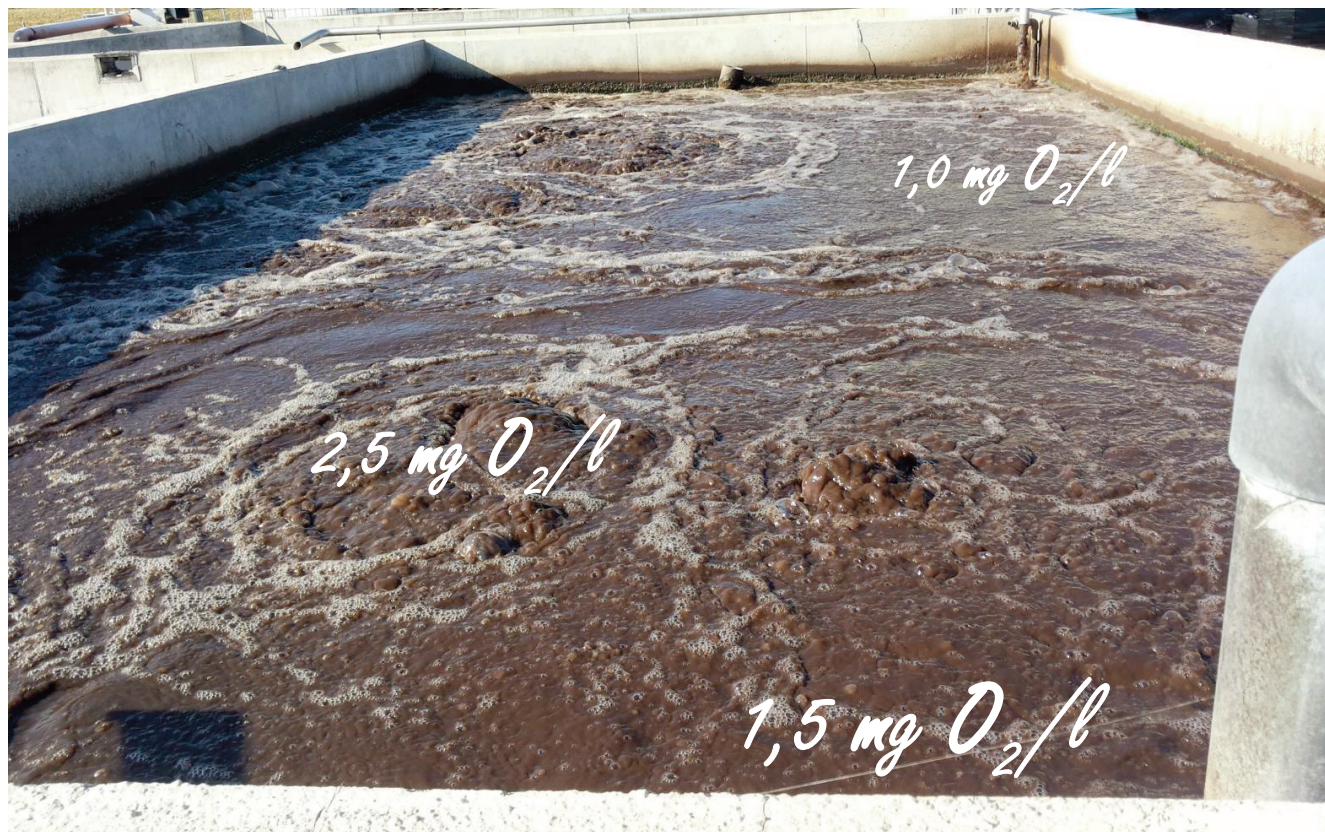
Dal punto di vista della conduzione del processo, occorre:

- ✓ assicurarsi che il sistema di aerazione funzioni
- ✓ misurare la concentrazione di ossigeno disciolto (DO) nella vasca di aerazione
- ✓ agire sul sistema di aerazione per mantenere i valori corretti di DO



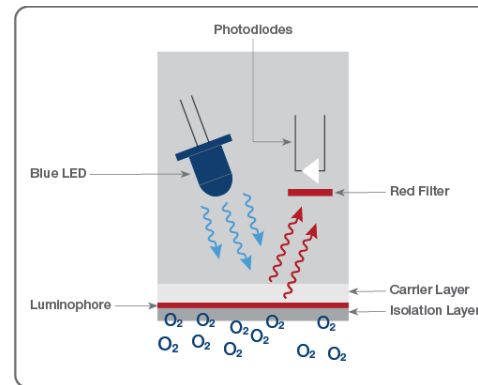
2-3 mg/l per sola rimozione del BOD₅, 3-5 mg/l per nitrificazione

L'aerazione

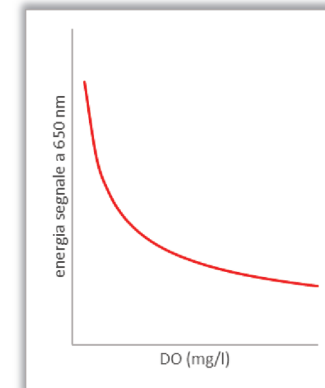


Misurazione dell'ossigeno disciolto

I sensori a luminescenza hanno risolto i problemi di affidabilità di quelli elettrochimici (risposte di taratura stabili per 12 mesi)



<https://www.hamiltoncompany.com>



Esistono anche sistemi manuali colorimetrici semi-quantitativi di facile uso

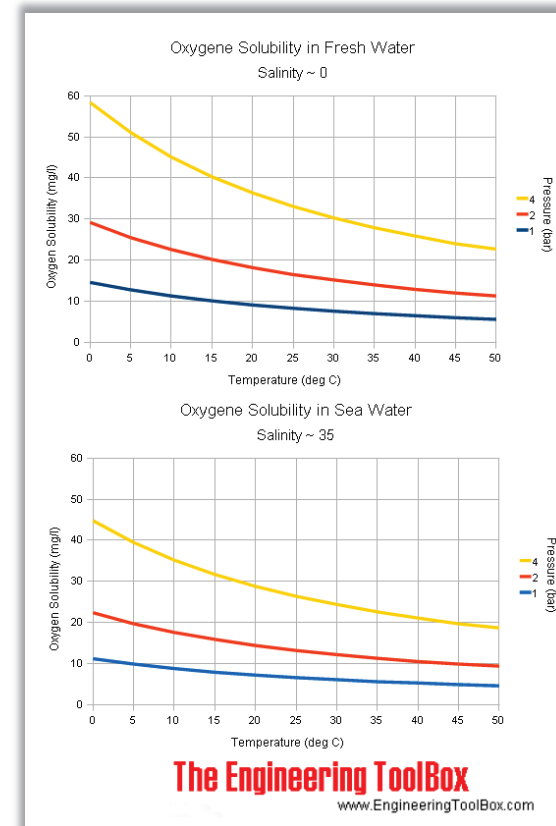


<https://www.chemetrics.com>

Ossigeno disciolto

La solubilità dell'ossigeno in acqua:

- aumenta con la pressione (barometrica + **idrostatica**)
- diminuisce all'aumentare della temperatura dell'acqua
- diminuisce all'aumentare della concentrazione dei solidi **disciolti**
- aumenta con la pressione parziale dell'ossigeno (in aria 210 hPa)



L'aerazione

Nonostante diversi principi di funzionamento e diverse prestazioni in acqua pulita, nelle condizioni reali delle vasche di aerazione i sistemi mostrano efficienze abbastanza simili

Confronto tra sistemi di aerazione			
Tipo		Efficienza di aerazione (kg di O ₂ / kWh)	
		acqua, 20 °C	miscela aerata
Diffusori	all'inizio del periodo operativo	2,5 - 3,5	1,4 - 2,0
	al termine del periodo operativo	2,0 - 2,8	1,2 - 1,7
Meccanici sommersi	ad aria pressurizzata	1,0 - 2,5	0,8 - 1,8
	a effetto Venturi	1,2 - 1,7	0,9 - 1,2
Meccanici superficiali	a turbina	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4
	a spazzole	1,7 - 2,0	1,3 - 1,5

L'aerazione

Il sistema originario di Ardern e Lockett con diffusori è anche quello più applicato attualmente (con nuovi materiali che ne ritardano lo sporco)



I diffusori



<https://www.suprafilt.com>



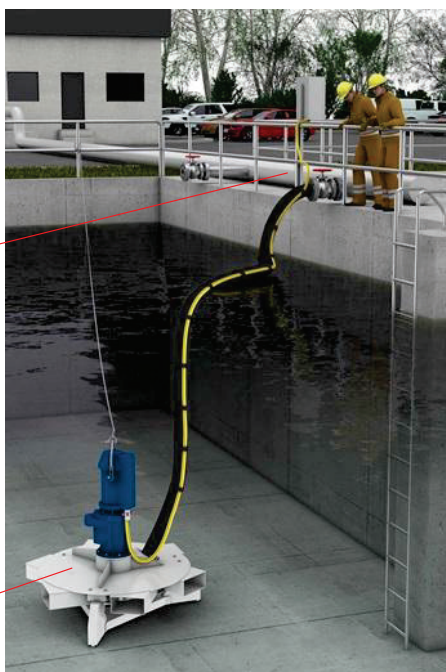
<https://aquaflex.com.tr>

L'aerazione

I sistemi meccanici sommersi si prestano a interventi di potenziamento

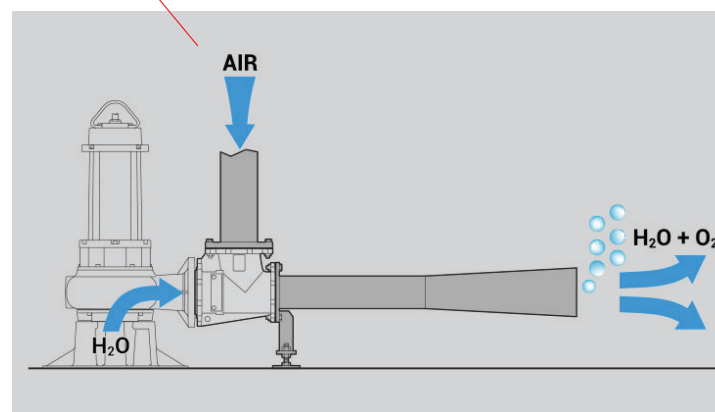
*aria in
pressione*

*miscelatore
acqua-aria*



<https://www.sulzer.com>

*aria in depressione
(risucchiata per effetto Venturi)*



*fondo
vasca*

<https://www.zenit.com>

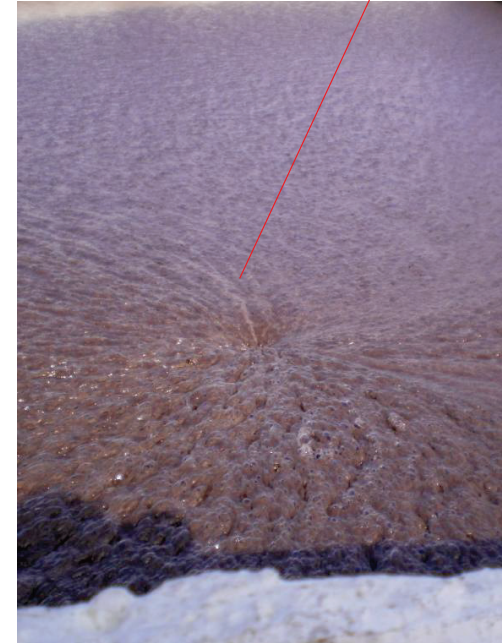
L'aerazione

Gli aeratori a effetto Venturi producono flussi direzionati

*due aeratori
contrapposti*



*presa d'aria sommersa
dalla schiuma*



L'aerazione

I sistemi superficiali devono essere compatibili con la profondità delle vasche

profondità max del bacino:



<https://www.corgin.co.uk>



<https://www.idm-pirineo.es>

L'aerazione

In teoria, con gli aeratori superficiali la regolazione dell'aerazione dovrebbe avvenire mediante variazione del livello della vasca, senza interruzioni della miscelazione

nella realtà, nessun impianto è perfettamente orizzontale e piccole differenze di immersione delle pale producono moto ondoso nel bacino, con notevoli escursioni di assorbimento elettrico dei motori



<https://lheea.ec-nantes.fr>

L'aerazione

L'alternativa è temporizzare il funzionamento degli aeratori superficiali: in tal caso, dovrebbero essere previsti **miscelatori** che evitino la sedimentazione del fango durante i periodi di pausa degli aeratori (l'energia necessaria per mantenere in sospensione i solidi è circa 25 W/m³ e può essere maggiore di quella richiesta per l'aerazione)



in assenza di miscelatori, lo schema di temporizzazione deve privilegiare pause brevi e frequenti

**GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE**