

ESERCIZI di: DEPURAZIONE ACQUE – FANGHI ATTIVI E DIGESTORI

versione#C3 Prof.A.Tonini – www.andytonini.com

INDICE: [ES.GENERICI](#) – [FANGHI ATTIVI](#) – [DIGESTORI](#) – [IMP.COMPLETI](#) – [IMP.VARI](#) – [APPENDICI](#)

LEGENDA SIGLE: [*: esercizi simil testo]

Fi: portata di liquame in ingresso;
Ftot: portata totale, con il ricircolo;
d: giorno
[BOD]i: concentrazione BOD ingresso;
[BOD]u: conc. BOD uscita dal reattore;
Co: carico organico dei liquami;
R: fattore di ricircolo;
Cf: carico del fango;
V: volume bioreattore Fanghi Attivi;
t: tempo ritenzione bioreattore;
z: coefficiente respirazione attiva;
re: coeff. respirazione endogena;

y: coefficiente crescita batterica;
f: coeff. Bioflocculazione;
k_D: costante di decadimento;
SSsup: kg/d sostanze solide di supero;
FFSup: portata fanghi di supero;
SVI: indice vol.fango;
k_{SVI}: cost. del calcolo di SVI
SSA: kg biomassa nel reattore
[SSA]: concentrazione biomassa in aerazione (fanghi attivi);
[SSR]: concentrazione biomassa in ricircolo;
[...]: concentrazioni

SSOT: sostanze solide totali (fango), come kg/d SSsup;
x%: percentuale di solidi nel fango;
η: resa di depurazione;
Ncompress: potenza del compressore di aria;
SSV: sostanze solide volatili (carico del fango nel digestore);
t_D: tempo ritenzione digestore;
P.C.: potere calorifico del biogas;
F_{SS}: portata sostanze solide totali o di supero dei fanghi;
Fgas: portata biogas;
F_G*: portata biogas specifica
α: kgSSV / kgSSot
δ: %abbattimento SSV

1. ESERCIZI GENERICI

- **ES A*** – reflui di comune di 30000 abitanti; portata specifica $F_s=0,25$ m³/ab.d.; coeff.afflusso a fogna $cf=0,8$; coeff.portata massima $p=2,4$; determinare la portata media e la massima all'impianto;
svolgimento: $F_m = 30000 \times F_s \times cf = 6000$ m³/d; $F_{max} = F_m \times p = 14400$ m³/d = 600 m³/h;

- ES.B* – IMPIANTO A FANGHI ATTIVI

DATI: carico organico $Co = 2000$ kg BOD/d; carico fango $C_f = 0,2$ kgBOD/d.kg SSA; conc.biomassa $[SSA] = 4$ kg/m³; determinare il volume.

Soluzione:

$$V = Co / ([SSA] \times Cf) = 2500 \text{ m}^3.$$

- ES.C* – DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI

Una comunità di 50000 abitanti equivalenti con dotazione idrica $F_{idr} = 0,25$ m³/ab.d., coeff.afflusso in fogna $C_{fogna} = 0,8$; e conc.[BOD]=350ppm; Dimensionare il volume della vasca impianto di depurazione a Fanghi attivi con $C_f = 0,4$ kgBOD/KgSSAxd. e $[SSA] = 3$ kg SSA/m³.

Soluzione:

$$\text{portata media all'impianto } F_m = F_{idr} \times ab. \times C_{fogna} = 10000 \text{ m}^3/\text{d};$$

$$\text{carico organico } Co = [BOD] \times F_m = 3500 \text{ kg BOD/d};$$

$$\text{volume } V = Co / ([SSA] \times Cf) = 2917 \text{ m}^3.$$

Carico organico volumetrico $Co_{Vol} = Co/V = 1,2$ [imp.a basso carico senza sedim.primaria; a medio carico con sedim.primaria]

- ES.D* - RICICLO

DATI: $[SSA] = 2$ kg/m³; SVI fanghi riciclo = 120 dm³/kg e $k_{SVI} = 1$; determinare la portata di riciclo R;

soluzione:

$$[SSR] = k \cdot 10^3 / SVI = 8,33 \text{ kg/m}^3; R = [SSA] / ([SSR] - [SSA]) = 0,32.$$

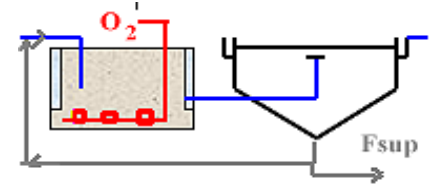
- altri ESERCIZI SVOLTI nelle pag.seguenti -

2 . IMPIANTI FANGHI ATTIVI -

- ES.2/1- IMPIANTO A FANGHI ATTIVI

Una comunità di **6000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari di portata Fspecifica 0,200 m3/ab*d in arrivo al bioreattore e carico organico specifico Co=58 gBOD/ab*d . Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSA]=5000 ppm; R=0,8; Cf =0,278 KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione η=90%; altri dati:y+f=1; Kd=0,05; Ksvi=1,3; z=0,5; Re=0,1. Determinare: [BOD]i, t, Vreattore, [SSR], SVI, portata O2, portata FFSupero, Xfanghi%.



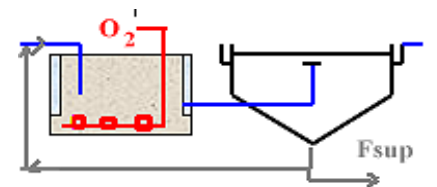
Svolgimento:

- a) dati iniziali
- | | |
|---|---------------------|
| Fingresso = abitanti x Fspecifica (m3/d) | Fi = 1200 m3/d |
| Co = ab. x Co specif. (KgBOD/d) | Co = 348 Kg BOD/d |
| [BOD]i = Co / Fi | [BOD]i = 0,29 Kg/m3 |
- b) Bioreattore:
- | | |
|---|---------------------|
| V = Co / ([SSA] x Cf) m3 | V = 250,4 m3 |
| R = [SSA]/([SSR] - [SSA]); →[SSR] = [SSA](1+R)/R | [SSR] = 11,25 Kg/m3 |
| SVI = k x 10 ³ /[SSR] dm3/Kg | SVI = 115,6 dm3/Kg |
| Ftot = Fi (1+R) m3/d | Ftot = 2160 m3/d |
| t = [V/Ftot] x 24 (h) | t = 2,78 h |
- c) fanghi di supero:
- | | |
|--|-------------------------------|
| Co* = η x Co/100 Kg BOD abbattuto/d | Co* = 313,2 Kg/d |
| KgSSsup/d = y x (BOD abb) + f x (BOD abb) - kd x [SSA] x V; | Kg Sssup/d = 250,61 |
| portata (FSSsupero)vol. = Kg SSsup/d / [SSR] m3/d | (F SSsup/d)vol. = 22,276 m3/d |
| portata (FSSsupero)pond. = (FSSsupero)vol x 1000 Kg/d | (F SSsup/d)pond. = 22276 Kg/d |
| x % peso fanghi = [SSR]/1000 x 100 | x% peso = 1,125 % |
- d) portata ossigeno:
- | | |
|---|------------------------------|
| KgO₂/d = z x (Co*) + re x [SSA] x V | KgO ₂ /d = 281,78 |
|---|------------------------------|
- e) Età_fango= Kg SSA/KgSSsupero = [SSA]*V/(KgSssup)= 5d

- ES.2/2 – DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI

Una comunità di **16000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari di portata 0,25 m3/ab*d in arrivo al bioreattore e [BOD]i=240 ppm. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSR]=10 Kg/m3; [SSA]=5000 ppm; Cf=0,28 KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione 93%; altri dati:y+f=1; Kd=0,05; Ksvi=1,2; z=0,5; Re=0,1.



Svolgimento:

- a) dati iniziali:
- | | |
|---|---------------------------------|
| Fingresso = abitanti x Fspecifica (m3/d) | Fi = 1600 x 0,25 = 4000 m3/d; |
| Co =[BOD]i x Fi | Co = 4000 x 0,24 = 960 Kg BOD/d |
- b) bioreattore:
- | | |
|--|------------------|
| V = Co / ([SSA] x Cf) m3 | V = 685,7 m3 |
| R = [SSA]/([SSR] - [SSA]); | R = 1 |
| SVI = k x 10 ³ /[SSR] dm3/Kg | SVI = 120 dm3/Kg |
| Ftot = Fi (1+R) m3/d | Ftot = 8000 m3/d |
| t = V/Ftot x 24 (h) | t = 2,06 h |
- c) fanghi di supero:
- | | |
|--|-------------------------------|
| Co* = η x Co/100 Kg BOD abbattuto/d | Co* = 960 x 0,93 = 892,8 Kg/d |
| KgSSsup/d = y x (BOD abb) + f x (BOD abb) - kd x [SSA] x V; | Kg Sssup/d = 721,37 |
| portata (FSSsupero)vol. = Kg SSsup/d / [SSR] m3/d | (F SSsup/d)vol. = 72,137 m3/d |
| portata (FSSsupero)pond. = (FSSsupero)vol x 1000 Kg/d | (F SSsup/d)pond. = 72137 Kg/d |
| x % peso fanghi = [SSR]/1000 x 100 | x% peso = 1 % |
- d) portata ossigeno
- | | |
|---|------------------------------|
| KgO₂/d = z x (Co*) + re x [SSA] x V | KgO ₂ /d = 789,26 |
|---|------------------------------|
- e) Età_fango= Kg SSA/KgSSsupero = [SSA]*V/(KgSssup)= 4,8d

- ES.2/3*– IMPIANTO A FANGHI ATTIVI

Una comunità di **50000** abitanti equivalenti produce reflui fognari di portata $F_{\text{specifica}}$ 0,200 m³/ab*d in arrivo al bioreattore e carico organico $Co=3500$ kgBOD/d. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti anche i seguenti dati: FANGHI ATTIVI: [SSA]=4000 ppm; R=1; $C_f = 0,2$ KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione $\eta=90\%$; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,1$; $z=0,5$; $Re=0,1$; compressore con $N_{\text{specifica}}=1$ KgO₂/kWh;

Svolgimento:

a) dati iniziali

$$\text{Fingresso} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

$$[\text{BOD}]_i = Co / Fi$$

$$Fi = 10000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Co = 3500 \text{ Kg BOD}/\text{d}$$

$$[\text{BOD}]_i = 0,35 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

b) Bioreattore:

$$V = Co / ([SSA] \times C_f) \quad \text{m}^3$$

$$R = [SSA] / ([SSR] - [SSA]); \rightarrow [SSR] = [SSA](1+R)/R$$

$$SVI = k \times 10^3 / [SSR] \quad \text{dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = Fi (1+R) \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \quad (\text{h})$$

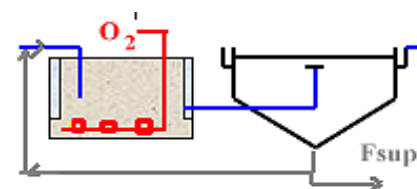
$$V = 4375 \text{ m}^3$$

$$[SSR] = 8 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$SVI = 137,5 \text{ dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = 20000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t = 5,25 \text{ h}$$



c) fanghi di supero:

$$Co^* = \eta \times Co / 100 \quad \text{Kg BOD abbattuto}/\text{d}$$

$$\text{KgSSsup}/\text{d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - kd \times [SSA] \times V;$$

$$\text{portata (FSSsupero)vol.} = \text{Kg SSsup}/\text{d} / [SSR] \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata (FSSsupero)pond.} = (\text{FSSsupero)vol} \times 1000 \quad \text{Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso fanghi} = [SSR] / 1000 \times 100$$

$$Co^* = 3150 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{Kg Sssup}/\text{d} = 2275$$

$$(\text{F Sssup}/\text{d})\text{vol.} = 284,38 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$(\text{F Sssup}/\text{d})\text{pond.} = 284375 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso} = 0,8 \%$$

d) portata ossigeno:

$$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V \quad \text{KgO}_2/\text{d} = 3325$$

e) $\text{Et\`a}_{\text{fango}} = \text{Kg SSA}/\text{KgSSsupero} = [SSA] \times V / \text{KgSSsup} = 7,7\text{d}$ f) $\text{KgO}_2/\text{d MAX} = 2z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$

$$O_{2\text{MAX}} = 4900 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

$$N_{\text{COMPRESS}} = \text{KgO}_2/\text{d MAX} / (24 \times 1) \text{ potenza massima} \quad N_{\text{COMPRESS}} = 204,17 \text{ kW max};$$

- ES.2/4*– IMPIANTO A FANGHI ATTIVI

Una comunità di **30000** abitanti equivalenti produce reflui fognari di portata $F_{\text{specifica}}$ 0,200 m³/ab*d in arrivo al bioreattore e carico organico specifico $Co=0,065$ kgBOD/ab*d. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti anche i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSA]=4500 ppm; R=0,95; $C_f = 0,25$ KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione $\eta=90\%$; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,2$; $z=0,5$; $Re=0,1$.

Svolgimento:

a) dati iniziali

$$\text{Fingresso} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

$$[\text{BOD}]_i = Co / Fi$$

$$Co = Co(\text{specific}) \times \text{abitanti}$$

$$Fi = 6000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Co = 1950 \text{ Kg BOD}/\text{d}$$

$$[\text{BOD}]_i = 0,325 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

b) Bioreattore:

$$V = Co / ([SSA] \times C_f) \quad \text{m}^3$$

$$R = [SSA] / ([SSR] - [SSA]); \rightarrow [SSR] = [SSA](1+R)/R$$

$$SVI = k \times 10^3 / [SSR] \quad \text{dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = Fi (1+R) \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \quad (\text{h})$$

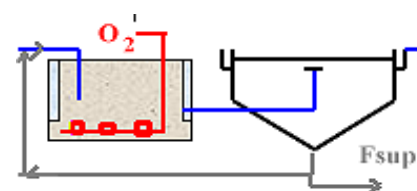
$$V = 1733,3 \text{ m}^3$$

$$[SSR] = 9,25 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$SVI = 129,7 \text{ dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = 11684,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t = 3,56 \text{ h}$$



c) fanghi di supero:

$$Co^* = \eta \times Co / 100 \quad \text{Kg BOD abbattuto}/\text{d}$$

$$\text{KgSSsup}/\text{d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - kd \times [SSA] \times V;$$

$$\text{portata (FSSsupero)vol.} = \text{Kg SSsup}/\text{d} / [SSR] \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata (FSSsupero)pond.} = (\text{FSSsupero)vol} \times 1000 \quad \text{Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso fanghi} = [SSR] / 1000 \times 100$$

$$Co^* = 1755 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{Kg Sssup}/\text{d} = 1365$$

$$(\text{F Sssup}/\text{d})\text{vol.} = 147,57 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$(\text{F Sssup}/\text{d})\text{pond.} = 147568 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso} = 0,925 \%$$

d) portata ossigeno:

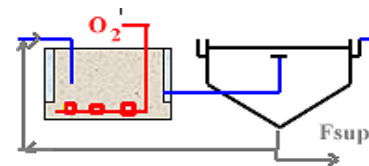
$$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V \quad \text{KgO}_2/\text{d} = 1657,5$$

e) $\text{Et\`a}_{\text{fango}} = \text{Kg SSA}/\text{KgSSsupero} = [SSA] \times V / \text{KgSSsup} = 5,7\text{d}$

- ES.2/5- DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI-

Si devono depurare reflui fognari di un abitato urbano con **15000** abitanti equivalenti, di portata $F_i=0,100 \text{ m}^3/\text{ab}^*\text{d}$ in arrivo al bioreattore a fanghi attivi, con concentrazione $[\text{BOD}]_i = 200 \text{ ppm}$. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti anche i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: $[\text{SSA}] = 2 \text{ Kg/m}^3$; $C_f = 0,15 \text{ KgBOD/d}^*\text{KgSSA}$; resa depurazione 90%; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $\text{SVI} = 120 \text{ dm}^3/\text{kg}$ e $K_{\text{svi}}=1$; $z=0,5$; $Re=0,1$; turbina con $1,3 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$.

**Svolgimento:**

a) dati iniziali

$\text{Fingresso} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \text{ (m}^3/\text{d)}$	$F_i = 1500 \text{ m}^3/\text{d}$
$[\text{BOD}]_i = C_o / F_i$	$[\text{BOD}]_i = 0,2 \text{ Kg/m}^3$
$C_o = [\text{BOD}]_i \times F_i$	$C_o = 300 \text{ Kg BOD/d}$

b) Bioreattore:

$V = C_o / ([\text{SSA}] \times C_f) \text{ m}^3$	$[\text{SSR}] = 8,33 \text{ Kg/m}^3$
$\text{SVI} = k \times 10^3 / [\text{SSR}] = 120 \text{ dm}^3/\text{kg}$; $[\text{SSR}] = k \times 10^3 / \text{SVI}$	$V = 1000 \text{ m}^3$
$R = [\text{SSA}] / ([\text{SSR}] - [\text{SSA}]);$	$R = 0,32$; $F_{\text{tot}} = 1974 \text{ m}^3/\text{d}$
$F_{\text{tot}} = F_i (1+R) \text{ m}^3/\text{d}$	$t = 12,16 \text{ h}$
$t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \text{ (h)}$	

c) fanghi di supero:

$C_o^* = \eta \times C_o / 100 \text{ Kg BOD abbattuto/d}$	$C_o^* = 270 \text{ Kg/d}$
$\text{KgSSsup/d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - k_d \times [\text{SSA}] \times V$;	$\text{Kg Sssup/d} = 170$
portata $(F_{\text{SSsupero}})_{\text{vol.}} = \text{Kg SSsup/d} / [\text{SSR}] \text{ m}^3/\text{d}$	$(F_{\text{SSsup/d}})_{\text{vol.}} = 20,41 \text{ m}^3/\text{d}$
portata $(F_{\text{SSsupero}})_{\text{pond.}} = (F_{\text{SSsupero}})_{\text{vol.}} \times 1000 \text{ Kg/d}$	$(F_{\text{SSsup/d}})_{\text{pond.}} = 20408 \text{ Kg/d}$
$x\% \text{ peso fanghi} = [\text{SSR}] / 1000 \times 100$	$x\% \text{ peso} = 0,833\%$

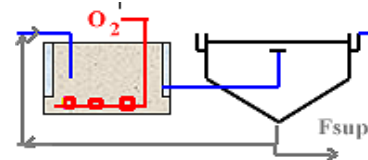
d) portata ossigeno:

$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (C_o^*) + re \times [\text{SSA}] \times V$	$\text{KgO}_2/\text{d} = 335$; $\text{KgO}_2/\text{d max} = 470$; $N_{\text{compressore}} = 15 \text{ kW}$
--	--

e) $E_t \text{ fango} = \text{Kg SSA/KgSSsupero} = [\text{SSA}] \times V / \text{KgSssup} = 12 \text{d}$ **- ES.2/6- DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI-**

Si devono depurare reflui fognari di un abitato urbano con **45000** abitanti equivalenti, di portata $F_i=0,25 \text{ m}^3/\text{ab}^*\text{d}$ e **fattore di punta** 1,20, in arrivo al bioreattore a fanghi attivi, con concentrazione $[\text{BOD}]_i = 300 \text{ ppm}$. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti anche i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: $[\text{SSA}] = 4,5 \text{ Kg/m}^3$; $C_f = 0,3 \text{ KgBOD/d}^*\text{KgSSA}$; resa depurazione 90%; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $\text{SVI} = 125 \text{ dm}^3/\text{kg}$ e $K_{\text{svi}}=1,3$; $z=0,5$; $Re=0,1$; turbina con $1,1 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$.

**Svolgimento:**

a) dati iniziali

$\text{Fingresso} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \times \text{carico punta (m}^3/\text{d)}$	$F_i = 45000 \times 0,25 \times 1,2 = 13500 \text{ m}^3/\text{d di punta}$
$[\text{BOD}]_i = C_o / F_i$	$[\text{BOD}]_i = 0,3 \text{ Kg/m}^3$
$C_o = [\text{BOD}]_i \times F_i$	$C_o = 4050 \text{ Kg BOD/d di punta}$
$\eta\% = ([\text{BOD}]_i - [\text{BOD}]_u) / [\text{BOD}]_i \times 100 = 90\%$	$[\text{BOD}]_u = 0,030 \text{ kg/m}^3$

b) Bioreattore:

$V = C_o / ([\text{SSA}] \times C_f) \text{ m}^3$	$[\text{SSR}] = 10,4 \text{ Kg/m}^3$
$\text{SVI} = k \times 10^3 / [\text{SSR}] = 125 \text{ dm}^3/\text{kg}$; $[\text{SSR}] = k \times 10^3 / \text{SVI}$	$V = 3000 \text{ m}^3 \text{ di punta}$
$R = [\text{SSA}] / ([\text{SSR}] - [\text{SSA}]);$	$R = 0,76$; $F_{\text{tot}} = 23797 \text{ m}^3/\text{d}$
$F_{\text{tot}} = F_i (1+R) \text{ m}^3/\text{d}$	$t = 3 \text{ h a regime}$
$t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \text{ (h)}$	

c) fanghi di supero:

$C_o^* = \eta \times C_o / 100 \text{ Kg BOD abbattuto/d}$	$C_o^* = 3645 \text{ Kg/d di punta}$
$\text{KgSSsup/d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - k_d \times [\text{SSA}] \times V$;	$\text{Kg Sssup/d} = 2970 \text{ di punta}$
portata $(F_{\text{SSsupero}})_{\text{vol.}} = \text{Kg SSsup/d} / [\text{SSR}] \text{ m}^3/\text{d}$	$(F_{\text{SSsup/d}})_{\text{vol.}} = 285,580 \text{ m}^3/\text{d}$
portata $(F_{\text{SSsupero}})_{\text{pond.}} = (F_{\text{SSsupero}})_{\text{vol.}} \times 1000 \text{ Kg/d}$	$(F_{\text{SSsup/d}})_{\text{pond.}} = 285577 \text{ Kg/d}$
$x\% \text{ peso fanghi} = [\text{SSR}] / 1000 \times 100$	$x\% \text{ peso} = 1,04\%$

d) portata ossigeno:

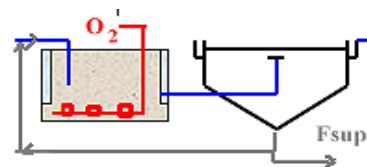
$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (C_o^*) + re \times [\text{SSA}] \times V$	$\text{KgO}_2/\text{d} = 3172,5$; $\text{KgO}_2/\text{d max} = 4995$; $N_{\text{compressore}} = 189,2 \text{ kW}$
--	---

e) $E_t \text{ fango} = \text{Kg SSA/KgSSsupero} = [\text{SSA}] \times V / \text{KgSssup} = 4,5 \text{d}$

- ES.2/7- DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI-

Si devono depurare reflui fognari di un abitato urbano con **115000 abitanti** equivalenti, di portata $F_i=285,88\text{dm}^3/\text{ab}\cdot\text{d}$ e in arrivo al bioreattore a fanghi attivi, con Carico organico specif.= $60\text{gBOD}/\text{ab}\cdot\text{d}$. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi noti anche i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: $[\text{SSA}]=4\text{ Kg}/\text{m}^3$; $C_f=0,23\text{ KgBOD}/\text{d}\cdot\text{KgSSA}$; resa depurazione 90%; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $\text{SVI}=125\text{ dm}^3/\text{kg}$ e $K_{svi}=1,2$; $z=0,5$; $Re=0,1$; turbina con $1,6\text{ KgO}_2/\text{kWh}$.



Svolgimento:

a) dati iniziali

Fingresso = abitanti x $F_{\text{specifica}}$ (m^3/d)	$F_i = 115000 \times 0,28588 = 32876\text{ m}^3/\text{d}$
$[\text{BOD}]_i = C_o / F_i$	$[\text{BOD}]_i = 0,20988\text{ Kg}/\text{m}^3$
$C_o = [\text{BOD}]_i \times F_i$	$C_o = 6900\text{ Kg BOD}/\text{d}$
$\eta\% = ([\text{BOD}]_i - [\text{BOD}]_u) / [\text{BOD}]_i \times 100 = 90\%$	$[\text{BOD}]_u = 0,021\text{ kg}/\text{m}^3$

b) Bioreattore:

$V = C_o / ([\text{SSA}] \times C_f)\text{ m}^3$	$[\text{SSR}] = 9,6\text{ Kg}/\text{m}^3$
$\text{SVI} = k \times 10^3 / [\text{SSR}] = 125\text{ dm}^3/\text{kg}$; $[\text{SSR}] = k \times 10^3 / \text{SVI}$	$V = 7500\text{ m}^3$
$R = [\text{SSA}] / ([\text{SSR}] - [\text{SSA}])$	$R = 0,71$; $F_{\text{tot}} = 56359\text{ m}^3/\text{d}$
$F_{\text{tot}} = F_i (1+R)\text{ m}^3/\text{d}$; $t = V / F_{\text{tot}} \times 24\text{ (h)}$	$t = 3,19\text{ h}$

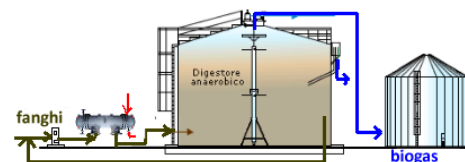
[INIZIO]

3. DIGESTORI ANAEROBICI -

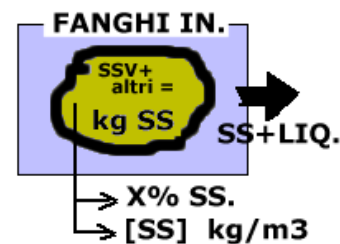
- ES.3/1 - DIGESTORE ANAEROBICO

Una comunità di **50000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari in arrivo alla Digestione Anaerobica con le seguenti caratteristiche:

- fanghi con portata solidi di supero totali = $1883,36\text{ KgSStot}/\text{d}$, percentuale in peso di solidi = $0,833\%$; fanghi in arrivo a $T=18^\circ\text{C}$; (sost.solide volatili) $\text{SSV}=2/3\text{ SST}$; cal.specif. $C_f=4,18\text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$;
- digestore con tempo di digestione = 19d ; reattore a $T=34^\circ\text{C}$; abbattimento $60\%\text{ SSV}$;
- biogas prodotto $F_g^* = 1,1\text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb.}$; P.C. biogas $22154\text{ kJ}/\text{Nm}^3$;



Con i dati a disposizione il candidato calcoli il Volume del digestore e la portata di biogas. Effettui il bilancio energetico della digestione.



Svolgimento:

a) calcolo del volume:

$F_{SS} = (\text{KgSStot}/\text{d} \times 100 / x\%) / 1000\text{ m}^3/\text{d}$	portata fanghi volumetrica:
$\rightarrow V_{\text{dig}} = t_{\text{dig}} \times F_{SS\text{sup}} (\text{m}^3)$	$F_{SS} = 1883,36 \times 100 / (0,833 \times 1000) = 226,094\text{ m}^3/\text{d}$
	portata fanghi ponderale: $F_{SS} = 226,094 \times 1000 = 226094\text{ Kg}/\text{d}$
	volume = $19 \times 226,094 = 4295,8\text{ m}^3$

b) calcolo portata biogas:

$C_o\text{ dig} = \text{KgSSV}/\text{d} = \text{KgSStot}/\text{d} \times \alpha$ (in Kg/d)	carico organico digestore(SSV)
$\alpha = \text{SSV}=2/3\text{ SST}$	ovv. $C_o = 0,66 \times 1883,36 = 1243\text{ Kg}/\text{d}$
$\rightarrow F_{\text{GAS}} = \delta \times \text{KgSSV}/\text{d} \times F_g^*$ (in Nm^3/d)	portata di gas $F_{\text{gas}} = 0,6 \times 1,1 \times 1243 = 820,4\text{ Nm}^3/\text{d}$
$\delta = 60\%\text{ SSV abbattute}$; $F_g^* = 1,1\text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$	

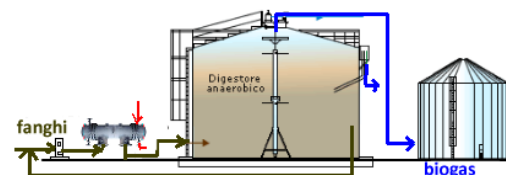
c) bilanci energetici:

$\text{En}_{\text{tot}} = P_c \times F_{\text{gas}}$ (in kW)	Energia totale disponibile $\text{Etot} = 22154 \times 820,4 = 18,18\text{E}06\text{kJ}/\text{d} = 210,36\text{ kW}$;
$\text{En}_{\text{risc}} = F_{SS\text{pond.}} \times C_f \times (T_{\text{dig}} - T_{fi})$	En.riscaldamento fanghi $\text{Erisc} = 226094 \times 4,18 \times (34-18) = 15,12\text{E}06\text{kJ}/\text{d} = 175\text{ kW}$
$\rightarrow \text{En}_{\text{utile}} = \text{Etot} - \text{Erisc}$	$\text{En.utile} = \text{Etot} - \text{Erisc} = 3,08\text{E}06\text{kJ}/\text{d} = 35,4\text{ kW}$

- ES.3/2 - DIGESTORE ANAEROBICO

Una comunità di **16000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari in arrivo alla Digestione Anaerobica, previo ispessimento, con le seguenti caratteristiche:

- fanghi con portata solidi di supero totali = $721,37\text{ KgSSTOT}/\text{d}$, percentuale in peso di solidi = 3% (previo ispessimento); fanghi in arrivo a $T=18^\circ\text{C}$; percentuale di $\text{SSV}=3/4\text{ SSTOT}$; cal.specif. $C_f=4,18\text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$;
- digestore con tempo di digestione = 22d ; reattore a $T=34^\circ\text{C}$; abbattimento $65\%\text{ SSV}$;
- biogas prodotto $F_g^* = 1,2\text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb.}$; P.C. biogas $20900\text{ kJ}/\text{Nm}^3$;



Con i dati a disposizione il candidato calcoli il Volume del digestore e la portata di biogas. Effettui il bilancio energetico della digestione.

Svolgimento:

a) calcolo del volume:

$$F_{SS} = (KgSS_{sup_tot}/d \times 100 / x\%) / 1000 \text{ m}^3/d$$

$$\rightarrow V_{dig} = t_{dig} \times F_{SS_{sup}} \text{ (m}^3\text{)}$$

portata fanghi volumetrica: $F_{ss} = 721,37 \times 100 / (3 \times 1000) = 24,05 \text{ m}^3/d$
 portata fanghi ponderale: $F_{ss} = 24,05 \times 1000 = 24050 \text{ Kg/d}$
 volume = $22 \times 24,045 = 529 \text{ m}^3$

b) calcolo portata biogas:

$$Co_{dig} = KgSSV/d = KgSS/d \times \alpha \text{ (Kg/d)}$$

$$\alpha = SSV = 3/4 SST = 75 SST$$

carico organico digestore(SSV)
 ovv. $Co = 0,75 \times 721,37 = 541 \text{ Kg/d}$

$$\rightarrow F_{GAS} = \delta \times KgSSV/d \times F_G^* \text{ (in Nm}^3/d\text{)}$$

$$\delta = 65\% \text{ SSV abbattute; } F_G^* = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$$

portata di gas $F_{gas} = 0,65 \times 1,2 \times 541 = 422 \text{ Nm}^3/d$

c) bilanci energetici:

$$En_{tot} = P_c \times F_{gas} \text{ (in kW)}$$

$$En_{risc} = F_{SS_{pond.}} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$$

$$\rightarrow En_{utile} = Etot - Erisc$$

Energia totale disponibile $Etot = 20900 \times 422 = 8,82 \text{ E}06 \text{ kJ/d} = 102,1 \text{ kW}$;
 En.riscaldamento fanghi $Erisc = 24045 \times 4,18 \times (34 - 18) = 1,6 \text{ E}06 \text{ kJ/d} = 18,61 \text{ kW}$;
 En.utile = $Etot - Erisc = 83,5 \text{ kW}$;

- ES.3/3 – DIGESTORE ANAEROBICO (simile tema di esame del'90)

Una **azienda agricola** produce reflui fognari in arrivo alla Digestione Anaerobica con le seguenti caratteristiche:

- fanghi con portata $F = 6 \text{ m}^3/d$; BOD = 12000 mg/dm^3 ;
- digestore con tempo di digestione = $15d$; reattore a $T = 35^\circ\text{C}$; fanghi entranti a 15°C ;

Con i dati a disposizione, e quelli scelti da letteratura, il candidato calcoli il Volume del digestore e la portata di biogas; effettui inoltre il bilancio energetico della digestione.

Svolgimento:

a) calcolo del volume:

$$F = 6 \text{ m}^3/d; t_{DIG} = 6d;$$

$$\rightarrow V_{dig} = t_{dig} \times F \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{volume} = 15 \times 6 = 90 \text{ m}^3$$

fanghi: $F_{svol} = (kgSStot/d) / (X\% / 100 \times \gamma_s) = 6 \text{ m}^3/d$
 se percent. solidi $X = 1,2\%$, $\rightarrow kgSStot = 72 \text{ kg/d}$

b) calcolo portata biogas:

$$Co_{dig} = F \times BOD \cong KgSSV/d = \text{(in Kg/d)}$$

$$\text{scelto } \alpha = kg \text{ SSV/kg SST} = 65\%$$

$$\text{scelto } F_{GAS} = 1 \text{ Nm}^3/\text{Kg BOD abbattuto}$$

$$\rightarrow F_{GAS} = \delta \times KgSSV/d \times F_G^* \text{ (in Nm}^3/d\text{)}$$

$$\delta = 100\% \text{ SSV abbattute; } F_G^* = 1 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb};$$

$$\alpha = kgSSV/kgSST = 65\%;$$

$$\text{carico organico digestore(SSV):}$$

$$Co_{dig} = KgSSV/d = \alpha \times kgSStot/d = 46,8 \text{ Kg/d}$$

$$\text{(p.es. scelto \% abbattim} = 100\%)$$

$$\text{portata di gas } F_{GAS} = 1 \times 46,8 \times 1 = 46,8 \text{ Nm}^3/d$$

c) bilanci energetici

$$\text{scelto } PC_{gas} = 20900 \text{ kJ/Nm}^3$$

$$\text{scelto } T = 15^\circ\text{C} \text{ temperatura in ingresso fanghi}$$

$$En_{tot} = PC_{gas} \times F_{gas} \text{ (in KJ/d)}$$

$$En_{risc} \text{ fanghi} = F_{pond.} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$$

$$\rightarrow En_{utile} = Etot - Erisc \text{ fanghi}$$

Energia totale disponibile

$$Etot = 20900 \times 46,8 = 978120 \text{ kJ/d} = 11,32 \text{ kW}$$

$$F_{fanghi \text{ pond.}} = 6 \times 1000 = 6000 \text{ Kg/d}$$

En.riscaldamento fanghi

$$Erisc = 6000 \times 4,18 \times (35 - 15) = 501600 \text{ kJ/d} = 5,8 \text{ kW}$$

$$En_{utile} = Etot - Erisc = 5,51 \text{ kW}$$

- ES.3/4* – DIGESTORE ANAEROBICO –

DATI: **10000** abitanti equivalenti; fanghi al digestore: $SS_{sup} = 8800 \text{ kg/d}$ e $x = 5\%$ in peso; digestore $T_D = 33^\circ\text{C}$ fanghi $T_i = 20^\circ\text{C}$; $SSV = 75\% SSTot$ e abbattimento $50\% SSV$; produzione biogas $F_G^* = 1 \text{ m}^3/\text{kg SSV abbattuto}$ [opp. $0,030 \text{ m}^3/\text{ab.d}$]; gas potere calorifico $PC = 22000 \text{ kJ/Nm}^3$; utilizzo En.Totale: $En.Elettrica = 30\% E.Tot$; $En.Fumi = 70\% E.Tot$, di cui 50% per scaldare i fanghi digestore. Dimensionare l'impianto.

Soluzione:

$$\text{carico organico digestore } Co_D = SSV = 0,75 \times SS_{sup} = 6600 \text{ kg};$$

$$\text{portata fanghi } Fi = SS_{sup} / 0,05 = 176000 \text{ kg/d};$$

$$\text{biogas: } F_{GAS} = 1 \times 0,50 \times 6600 = 3300 \text{ m}^3/d;$$

$$En.Tot = F_{GAS} \times PC = 72600000 \text{ kJ/d} = 840,3 \text{ kJ/s o kW};$$

bilanci termici:

$$En.El = 0,30 \times E.Tot = 252,1 \text{ kW};$$

$$En.Fumi = 0,70 \times E.Tot = 588,2 \text{ kW};$$

$$En. \text{ per risc.fanghi} = 0,5 \times 0,7 \times E.Tot = 294,1 \text{ kW};$$

energia necessaria per scaldare i fanghi:

$$En.f = Fix_{4,18} \times (33 - 20) = 9563840 \text{ kJ/d} = 110,7 \text{ kW}, \text{ quindi va bene!}$$

[INIZIO]

4. IMPIANTI COMPLETI -

- ES.4/1 – DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE

Una comunità di **26000** abitanti equivalenti produce reflui fognari di portata $0,250 \text{ m}^3/\text{ab}\cdot\text{d}$ in arrivo al bioreattore e $\text{Co}=58 \text{ gBOD}/\text{ab}\cdot\text{d}$. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi e successiva Digestione anaerobica fanghi, noti i seguenti dati:

- **Fanghi Attivi:** $[\text{SSA}]=5000 \text{ ppm}$; $R=0,8$; $C_f=0,278$; resa depurazione 91%;
- altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,3$; $z=0,5$; $Re=0,1$; compressore con $1,05 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$;
- **digestore** con $t_{\text{DIG}}=18 \text{ d}$; fanghi in arrivo a $T=20^\circ\text{C}$ e nel reattore a $T=36^\circ\text{C}$; $\text{SSV}=3/4 \cdot \text{SST}$
- biogas prodotto $F_G^* = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb.}$; P.C. biogas $20900 \text{ kJ}/\text{Nm}^3$; abbattimento 55%SSV; cal.specif. fanghi $C_f=4,18 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$;

Determinare: $[\text{BOD}]_i$, tritFFAA, Vreattore, $[\text{SSR}]$, SVI, O_2 , FFS, Xfanghi%, $V_{\text{dig.}}$, Q_{gas} .

Determinare il bilancio energetico per la Digestione anaerobica.

Svolgimento:

- FANGHI ATTIVI:

a) dati iniziali:

$F_{\text{in}} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \text{ (m}^3/\text{d)}$	$F_i = 26000 \times 0,25 = 6500 \text{ m}^3/\text{d}$
$\text{Co} = \text{Cospesif.} \times \text{ab}$	$\text{Co} = 26000 \times 0,058 = 1508 \text{ Kg BOD}/\text{d}$
$[\text{BOD}]_i = \text{Co} / F_i$	$[\text{BOD}]_i = 1508/6500 = 0,232 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	$[\text{BOD}]_u = [\text{BOD}]_i - [\text{BOD}]_i \times 0,91 = 0,021 \text{ Kg}/\text{m}^3$

b) bioreattore:

$V = \text{Co} / ([\text{SSA}] \times C_f) \text{ m}^3$	$V = 1084,9 \text{ m}^3$
$R = [\text{SSA}] / ([\text{SSR}] - [\text{SSA}]);$	$[\text{SSR}] = [\text{SSA}] (1+R) / R = 11,25 \text{ Kg}/\text{m}^3$
$\text{SVI} = k \times 10^3 / [\text{SSR}] \text{ dm}^3/\text{Kg}$	$\text{SVI} = 115,6 \text{ dm}^3/\text{Kg}$
$F_{\text{tot}} = F_i (1+R) \text{ m}^3/\text{d}; t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \text{ (h)}$	$F_{\text{tot}} = 11700 \text{ m}^3/\text{d}; t = 2,23 \text{ h}$

c) fanghi di supero:

$\text{Co}^* = \eta \times \text{Co} / 100 \text{ Kg BOD abbattuto}/\text{d}$	$\text{Co}^* = 1508 \times 0,91 = 1372,28 \text{ Kg}/\text{d}$
$\text{KgSSsup}/\text{d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - k_d \times [\text{SSA}] \times V;$	$\text{KgSSsup}/\text{d} = 1101,06$
$\text{portata (FSSsupero)}_{\text{vol.}} = \text{KgSSsup}/\text{d} / [\text{SSR}] \text{ m}^3/\text{d}$	$(F_{\text{SSsup}}/\text{d})_{\text{vol.}} = 97,872 \text{ m}^3/\text{d}$
$\text{portata (FSSsupero)}_{\text{pond.}} = (\text{FSSsupero})_{\text{vol.}} \times 1000 \text{ Kg}/\text{d}$	$(F_{\text{SSsup}}/\text{d})_{\text{pond.}} = 97872 \text{ Kg}/\text{d}$
$x\% \text{ peso fanghi} = [\text{SSR}] / 1000 \times 100$	$x\% \text{ peso} = 1,125\%$

d) portata ossigeno:

$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (\text{Co}^*) + re \times [\text{SSA}] \times V$	$\text{KgO}_2/\text{d} = 1228,59$
$\text{KgO}_2/\text{d MAX} = 2z \times (\text{Co}^*) + re \times [\text{SSA}] \times V$	$\text{O}_{2\text{MAX}} = 1914,73 \text{ Kg}/\text{d}$
$N_{\text{COMPRESS}} = \text{KgO}_2/\text{d MAX} / (24 \times 1,05)$	$N_{\text{COMPRESS}} = 75,98 \text{ kW}$

e) $E_{\text{ta_fango}} = \text{Kg SSA}/\text{KgSSsupero} = [\text{SSA}] \cdot V / \text{KgSSsup} = 5 \text{ d}$

- DIGESTORE:

a) calcolo del volume:

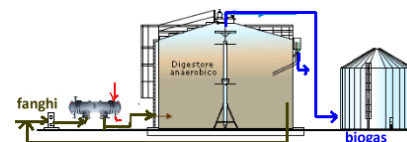
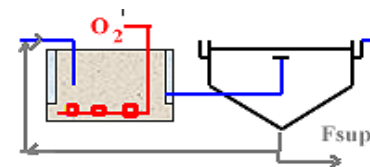
$\text{KgSSsup}/\text{d}$	portata fanghi volumetrica: $F_{\text{ss}} = 1101,06 / 11,25 = 97,9 \text{ m}^3/\text{d}$
$F_{\text{ss}} = \text{KgSSsup} / [\text{SSR}] \text{ m}^3/\text{d}$	portata fanghi ponderale: $F_{\text{ss}} = 97,9 \times 1000 = 97900 \text{ Kg}/\text{d}$
$\rightarrow V_{\text{dig}} = t_{\text{dig}} \times F_{\text{SSsup}} \text{ (m}^3)$	volume = $97,9 \times 18 = 1761,7 \text{ m}^3$

b) calcolo portata biogas:

$\text{Co dig} = \text{KgSSV}/\text{d} = \text{KgSS}/\text{d} \times \alpha \text{ (Kg}/\text{d)}$	carico organico digestore (Kg SSV/d)
$\alpha = \text{SSV} = 3/4 \text{ SST}$	ovv. $\text{Co} = 0,75 \times 1101,06 = 825,8 \text{ Kg}/\text{d}$
$\rightarrow F_{\text{GAS}} = \delta \times \text{KgSSV}/\text{d} \times F_G^* \text{ (in Nm}^3/\text{d)}$	portata di gas $F_{\text{gas}} = 0,55 \times 1,2 \times 825,8 = 545 \text{ Nm}^3/\text{d}$
$\delta = 55\% \text{ SSV}; F_G^* = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$	

c) bilanci energetici

$E_{\text{tot}} = P_c \times F_{\text{gas}} \text{ (in KJ}/\text{d)}$	Energia totale disponibile $E_{\text{tot}} = 20900 \times 545 = 11,39 \text{ E}06 \text{ kJ}/\text{d} = 131,8 \text{ kW}$
$E_{\text{risc}} = F_{\text{SSpond.}} \times C \times (T_{\text{dig}} - T_{\text{fi}})$	En.riscaldamento fanghi $E_{\text{risc}} = 97900 \times 4,18 \times (36-20) = 6,55 \text{ E}06 \text{ kJ}/\text{d} = 75,8 \text{ kW}$
$\rightarrow E_{\text{utile}} = E_{\text{tot}} - E_{\text{risc}}$	En.utile = $E_{\text{tot}} - E_{\text{risc}} = 56 \text{ kW}$;

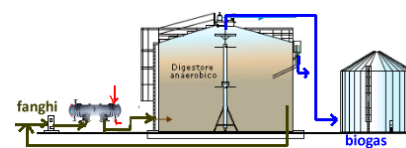
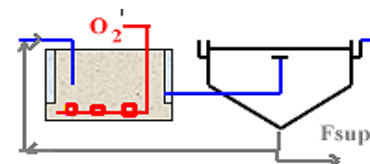


- ES.4/2 – DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE

Una comunità di **50000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari di portata 0,2 m³/abxd in arrivo al bioreattore e [BOD]_i=250 ppm. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi e successiva Digestione noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSA]=4,2 Kg/m³; [SSR]=8330 ppm; C_f=0,3 KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione 92%; altri dati: y+f=1; K_d=0,05; K_{svi}=1,2; z=0,5; Re=0,1; turbina con 1,25 KgO₂/kWh.

DIGESTORE: ispessitore porta a ingresso fanghi al digestore con X=4,1% sostanze solide; t_{digestione}=19 giorni; T=18° fanghi in ingresso; T=34°C nel digestore; SSV/SSTot=66%; biogas prodotto F_G* =1,1 Nm³/Kg SSV abbattute, con abbattimento del 60%; cal.specif. fanghi C_f=4,18kJ/kg°C; P.C.biogas=22154 kJ/Nm³.

**Svolgimento:****- FANGHI ATTIVI:**

a) dati iniziali

$$F_{in} = \text{abitanti} \times F_{\text{specifica}} \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

$$C_o = F_i \times [\text{BOD}]_i$$

$$\eta\% = ([\text{BOD}]_i - [\text{BOD}]_u) / [\text{BOD}]_i \times 100 = 92\%$$

$$F_i = 50000 \times 0,2 = 10000 \text{ m}^3/\text{d};$$

$$C_o = 10000 \times 0,25 = 2500 \text{ Kg BOD}/\text{d}$$

$$[\text{BOD}]_i = 0,25 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$[\text{BOD}]_u = [\text{BOD}]_i - [\text{BOD}]_i \times 0,92 = 0,020 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

b) bioreattore

$$V = C_o / ([\text{SSA}] \times C_f) \quad \text{m}^3$$

$$R = [\text{SSA}] / ([\text{SSR}] - [\text{SSA}]);$$

$$\text{SVI} = k \times 10^3 / [\text{SSR}] \quad \text{dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = F_i (1+R) \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$t = V / F_{\text{tot}} \times 24 \quad (\text{h})$$

$$V = 1984,13 \text{ m}^3$$

$$R = 1,02$$

$$\text{SVI} = 144,1 \text{ dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{\text{tot}} = 20169,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t = 2,36 \text{ h}$$

c) fanghi di supero

$$C_o^* = \eta \times C_o / 100 \quad \text{Kg BOD abbattuto}/\text{d}$$

$$\text{KgSSsup}/\text{d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - k_d \times [\text{SSA}] \times V;$$

$$\text{portata (FSSsupero)}_{\text{vol.}} = \text{KgSSsup}/\text{d} / [\text{SSR}] \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata (FSSsupero)}_{\text{pond.}} = (\text{FSSsupero})_{\text{vol.}} \times 1000 \quad \text{Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso fanghi} = [\text{SSR}] / 1000 \times 100$$

$$C_o^* = 2500 \times 0,92 = 2300 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{KgSSsup}/\text{d} = 1883,33 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$(\text{FSSsup}/\text{d})_{\text{vol.}} = 226,09 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$(\text{FSSsup}/\text{d})_{\text{pond.}} = 226090 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x\% \text{ peso} = 0,833\%$$

d) portata ossigeno

$$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (C_o^*) + r_e \times [\text{SSA}] \times V$$

$$\text{KgO}_2/\text{d MAX} = 2z \times (C_o^*) + r_e \times [\text{SSA}] \times V$$

$$N_{\text{COMPRESS}} = \text{KgO}_2/\text{d MAX} / (24 \times 1,25)$$

$$\text{KgO}_2/\text{d} = 1983,33 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$O_{2\text{MAX}} = 3133,33 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$N_{\text{COMPRESS}} = 104,44 \text{ Kw}$$

e) Età_fango = Kg SSA/KgSSsupero = [SSA]*V/KgSSsup) = 4,4d

DIGESTORE:

a) calcolo del volume

$$\text{portata } F_{\text{SS}} = (\text{KgSSsup}_{\text{tot}}/\text{d} \times 100 / x\%) / 1000 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\rightarrow V_{\text{dig}} = t_{\text{dig}} \times F_{\text{SSsup}} \quad (\text{m}^3)$$

$$\text{portata fanghi volumetrica: } F_{\text{SS}} = 1883,33 \times 100 / (4,1 \times 1000) = 45,93 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata fanghi ponderale: } F_{\text{SS}} = 45,93 \times 1000 = 45930 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{volume} = 19 \times 45,93 = 872,8 \text{ m}^3$$

b) calcolo portata biogas

$$C_o_{\text{dig}} = \text{KgSSV}/\text{d} = \text{KgSS}/\text{d} \times \alpha \quad (\text{in Kg}/\text{d})$$

$$\alpha = \text{SSV} / 0,66 \text{ SST}$$

$$\rightarrow F_{\text{GAS}} = \delta \times \text{KgSSV}/\text{d} \times F_{\text{G}}^* \quad (\text{in Nm}^3/\text{d})$$

$$\delta = 60\% \text{ SSV}; F_{\text{G}}^* = 1,1 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$$

$$\text{carico organico digestore (Kg SSV}/\text{d})$$

$$\text{ovv. } C_{oD} = 0,66 \times 1883,33 = 1243 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{portata di gas } F_{\text{gas}} = 0,6 \times 1,1 \times 1243 = 820,4 \text{ Nm}^3/\text{d}$$

c) bilanci energetici

$$E_{\text{tot}} = P_c \times F_{\text{gas}} \quad (\text{in KJ}/\text{d})$$

$$E_{\text{risc}} = F_{\text{SSpond.}} \times C \times (T_{\text{dig}} - T_{\text{fi}})$$

$$\rightarrow E_{\text{utile}} = E_{\text{tot}} - E_{\text{risc}}$$

$$\text{Energia totale disponibile } E_{\text{tot}} = 22154 \times 820,4 = 18,17 \text{E}06 \text{ kJ}/\text{d} = 210,4 \text{ kW}$$

$$\text{En.riscaldamento fanghi } E_{\text{risc}} = 45930 \times 4,18 \times (34 - 18) = 3,07 \text{E}06 \text{ kJ}/\text{d} = 35,6 \text{ kW}$$

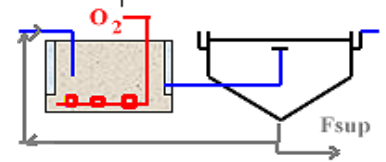
$$\text{En.utile} = E_{\text{tot}} - E_{\text{risc}} = 174,8 \text{ kW}$$

- ES.4/3*– DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE –

Si devono depurare reflui fognari di portata $F_i=10000$ m³/d in arrivo al bioreattore a fanghi attivi, con carico organico $Co=2500$ kgBOD/d. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi e successiva

Digestione noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSA]=4 Kg/m³; [SSR]=8500 ppm; $C_f=0,22$ KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione 90%; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,2$; $z=0,5$; $Re=0,1$; turbina con 1,3 KgO₂/kWh.



DIGESTORE: ispessitore porta a ingresso fanghi al digestore con [SSR]=25 Kg/m³ di sostanze solide; $t_{digestione}=25$ giorni; $T=18^\circ$ fanghi in ingresso; $T=30^\circ C$ nel digestore; $SSV/SS_{Tot}=66\%$; biogas prodotto $F_g^* = 1,1$ Nm³/Kg SSV abbattute, con abbattimento del 50%; P.C.biogas=22154 kJ/Nm³; cal.specif. fanghi $C_f=4,18$ kJ/kg°C;

Svolgimento:

- FANGHI ATTIVI:

a) dati iniziali:

$F_{in} = 10000$ m ³ /d	$F_i = 10000$ m ³ /d;
$[BOD]_i = Co/F_i$	$Co = 2500$ Kg BOD/d
$\eta\% = ([BOD]_i - [BOD]_u) / [BOD]_i \times 100 = 90\%$	$[BOD]_i = 0,25$ Kg/m ³
	$[BOD]_u = [BOD]_i - [BOD]_i \times 0,90 = 0,025$ Kg/m ³

b) bioreattore:

$V = Co / ([SSA] \times C_f)$ m ³	$V = 2841$ m ³
$R = [SSA] / ([SSR] - [SSA])$	$R = 0,89$
$SVI = k \times 10^3 / [SSR]$ dm ³ /Kg	$SVI = 141,2$ dm ³ /Kg
$F_{tot} = F_i (1+R)$ m ³ /d	$F_{tot} = 18888,9$ m ³ /d
$t = V / F_{tot} \times 24$ (h)	$t = 3,61$ h

c) fanghi di supero:

$Co^* = \eta \times Co / 100$ Kg BOD abbattuto/d	$Co^* = 2500 \times 0,90 = 2250$ Kg/d
$KgSS_{sup}/d = y \times (BOD\ abb) + f \times (BOD\ abb) - kd \times [SSA] \times V$	$Kg\ Ss_{sup}/d = 1682$ Kg/d
portata (FSS _{supero})vol. = $Kg\ Ss_{sup}/d / [SSR]$ m ³ /d	(F S _{sup} /d)volum. = 197,86m ³ /d
portata (FSS _{supero})pond. = (FSS _{supero})vol. x 1000 Kg/d	(F S _{sup} /d)pond. = 197861 Kg/d
x % peso fanghi = $[SSR] / 1000 \times 100$	x% peso = 0,85 %

d) portata ossigeno

$KgO_2/d = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$	$KgO_2/d = 2261,4$ Kg/d
$KgO_2/d\ MAX = 2z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$	$O_{2MAX} = 3386,4$ Kg/d
$N_{COMPRESS} = KgO_2/d\ MAX / (24 \times 1,25)$	$N_{COMPRESS} = 108,5$ kW

e) $Et\ _fango = Kg\ SSA/KgSS_{supero} = [SSA] \times V / KgS_{sup} = 6,8d$

- DIGESTORE:

a) calcolo del volume:

portata $F_{SS} = (KgSS_{sup_tot}/d \times 100 / x\%) / 1000$ m ³ /d	$x\% = 2,5$
→dopo ispessim. [SSR]=25 Kg/m ³	portata fanghi volumetrica:
$x\% \text{ peso fanghi} = [SSR] / 1000 \times 100$	$F_{ss} = 1682 \times 100 / (2,5 \times 1000) = 67,28$ m ³ /d
→ $V_{dig} = t_{dig} \times F_{SS_{sup}}$ (m ³)	portata fanghi ponderale: $F_{ss} = 67,28 \times 1000 = 67280$ Kg/d
	volume = $25 \times 67,28 = 1682$ m ³

b) calcolo portata biogas:

$Co\ dig = KgSSV/d = KgSS/d \times \alpha$ (Kg/d)	carico organico digestore (Kg SSV/d)
$\alpha = SSV / 0,66\ SST$	ovv. $Co_d = 0,66 \times 1682 = 1110$ Kg/d
→ $F_{GAS} = \delta \times KgSSV/d \times F_g^*$ (in Nm ³ /d)	portata di gas $F_{gas} = 0,5 \times 1,1 \times 1110 =$
$\delta = 50\% SSV$; $F_g^* = 1,1$ Nm ³ /KgSSVabb	$610,6$ Nm ³ /d

c) bilanci energetici

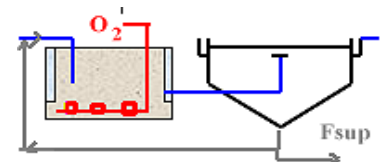
$En_{tot} = P_c \times F_{gas}$ (in KJ/d)	Energia totale disponibile $Etot = 22154 \times 610,6 = 13,53E06$ kJ/d = 156,6kW
$En_{risc} = F_{ss\ pond.} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$	En.riscaldamento fanghi $Erisc = 67280 \times 4,18 \times (30-18) = 3,37E06$ kJ/d = 39kW
→ $En_{utile} = Etot - Erisc$	En.utile = $Etot - Erisc = 117,6$ kW

- ES.4/4– DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE –

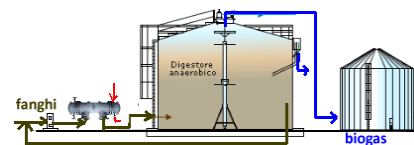
Si devono depurare reflui fognari di portata $F_i=11250$ m³/d in arrivo al bioreattore a fanghi attivi, con carico organico $Co=3510$ kgBOD/d. Dimensionare l'impianto di depurazione a

Fanghi attivi e successiva Digestione noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: [SSA]=4,5 Kg/m³; $R=1,29$; $C_f=0,28$ KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione 94%; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,2$; $z=0,5$; $Re=0,1$; turbina con 1,3 KgO₂/kWh.



DIGESTORE: ispessitore porta a ingresso fanghi al digestore con $x=5\%$ peso sostanze solide; $t_{digestione}=21$ giorni; $T=16^\circ$ fanghi in ingresso; $T=32^\circ C$ nel digestore; $SSV/SSTOT=75\%$; biogas prodotto $F_G^* = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{Kg SSV abbattute}$, con abbattimento del 54% ; P.C.biogas= $21318 \text{ kJ}/\text{Nm}^3$; cal.specif. fanghi $C_f=4,18 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ C$;



Svolgimento:

- FANGHI ATTIVI:

a) dati iniziali:

$F_{in} = 11250 \text{ m}^3/\text{d}$	$F_i = 11250 \text{ m}^3/\text{d};$
$[BOD]_i = C_o/F_i$	$C_o = 3510 \text{ Kg BOD}/\text{d}$
$\eta\% = ([BOD]_i - [BOD]_u) / [BOD]_i \times 100 = 94\%$	$[BOD]_i = 0,312 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	$[BOD]_u = [BOD]_i - [BOD]_i \times 0,94 = 0,019 \text{ Kg}/\text{m}^3$

b) bioreattore:

$V = C_o / ([SSA] \times C_f) \text{ m}^3$	$V = 2786 \text{ m}^3$
$R = [SSA] / ([SSR] - [SSA]);$	$[SSR] = 8 \text{ kg}/\text{m}^3$
$SVI = k \times 10^3 / [SSR] \text{ dm}^3/\text{Kg}$	$SVI = 150 \text{ dm}^3/\text{Kg}$
$F_{tot} = F_i (1+R) \text{ m}^3/\text{d}$	$F_{tot} = 25714,3 \text{ m}^3/\text{d}$
$t = V / F_{tot} \times 24 \text{ (h)}$	$t = 2,6 \text{ h}$

c) fanghi di supero:

$C_o^* = \eta \times C_o / 100 \text{ Kg BOD abbattuto}/\text{d}$	$C_o^* = 3510 \times 0,94 = 3299,4 \text{ Kg}/\text{d}$
$\text{KgSSsup}/\text{d} = y \times (\text{BOD abb}) + f \times (\text{BOD abb}) - kd \times [SSA] \times V;$	$\text{Kg Sssup}/\text{d} = 2672,6 \text{ Kg}/\text{d}$
$\text{portata (FSSsupero)vol.} = \text{Kg SSSup}/\text{d} / [SSR] \text{ m}^3/\text{d}$	$(F \text{ SSSup}/\text{d})\text{volum.} = 334,08 \text{ m}^3/\text{d}$
$\text{portata (FSSsupero)pond.} = (\text{FSSsupero)vol} \times 1000 \text{ Kg}/\text{d}$	$(F \text{ SSSup}/\text{d})\text{pond.} = 334080 \text{ Kg}/\text{d}$
$x\% \text{ peso fanghi} = [SSR] / 1000 \times 100$	$x\% \text{ peso} = 0,8\%$

d) portata ossigeno

$\text{KgO}_2/\text{d} = z \times (C_o^*) + r_e \times [SSA] \times V$	$\text{KgO}_2/\text{d} = 2903,3 \text{ Kg}/\text{d}$
$\text{KgO}_2/\text{d MAX} = 2z \times (C_o^*) + r_e \times [SSA] \times V$	$O_{2MAX} = 4553 \text{ Kg}/\text{d}$
$N_{COMPRESS} = \text{KgO}_2/\text{d MAX} / (24 \times 1,3)$	$N_{COMPRESS} = 146 \text{ kW}$

e) $E\grave{t}\grave{a}_{fango} = \text{Kg SSA}/\text{KgSSsupero} = [SSA] \times V / \text{KgSSsup} = 4,7 \text{d}$

- DIGESTORE:

a) calcolo del volume:

$\text{portata } F_{SS} = (\text{KgSSsup}_{tot}/\text{d} \times 100 / x\%) / 1000 \text{ m}^3/\text{d}$	$x\% = 5;$
$SSTOT = 2672,61 \text{ kg}/\text{d}$	portata fanghi volumetrica:
$x\% \text{ peso fanghi} = [SSR] / 1000 \times 100 = 5\%$	$F_{ss} = 53,45 \text{ m}^3/\text{d}$
$\rightarrow V_{dig} = t_{dig} \times F_{SSsup} \text{ (m}^3)$	portata fanghi ponderale: $F_{ss} = 53,45 \times 1000 = 53450 \text{ Kg}/\text{d}$
	volume = $53,45 \times 21 = 1122,5 \text{ m}^3$

b) calcolo portata biogas:

$C_o \text{ dig} = \text{KgSSV}/\text{d} = \text{KgSS}/\text{d} \times \alpha \text{ (Kg}/\text{d})$	carico organico digestore (Kg SSV/d)
$\alpha = SSV = 0,75 \text{ SST}$	ovv. $C_o_d = 0,75 \times 2672,61 = 2004,46 \text{ Kg}/\text{d}$
$\rightarrow F_{GAS} = \delta \times \text{KgSSV}/\text{d} \times F_G^* \text{ (in Nm}^3/\text{d})$	portata di gas $F_{gas} = 0,54 \times 1,2 \times 2004,46 = 1298,9 \text{ Nm}^3/\text{d}$
$\delta = 54\% \text{ SSV}; F_G^* = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$	

c) bilanci energetici

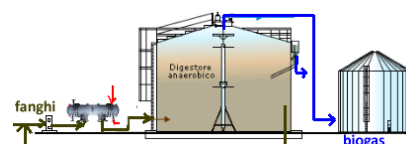
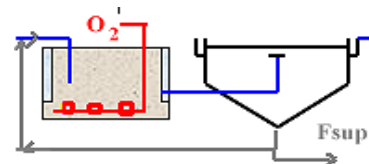
$E_{n_{tot}} = P_c \times F_{gas} \text{ (in KJ}/\text{d})$	Energia totale disponibile $E_{tot} = 21318 \times 1298,9 = 26,7E06 \text{ kJ}/\text{d} = 320,5 \text{ kW}$
$E_{n_{risc}} = F_{SSpond.} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$	En.riscaldamento fanghi $E_{risc} = 53450 \times 4,18 \times (30-18) = 3,57E06 \text{ kJ}/\text{d} = 41,4 \text{ kW}$
$\rightarrow E_{n_{utile}} = E_{tot} - E_{risc}$	En.utile = $E_{tot} - E_{risc} = 279 \text{ kW}$

- ES.4/5- DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE -

Una comunit\`a di **32000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari di portata $F_i=8000 \text{ m}^3/\text{d}$ in arrivo al bioreattore e $[BOD]_i=310 \text{ ppm}$. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi e successiva Digestione noti i seguenti dati:

FANGHI ATTIVI: $[SSA]=4,6 \text{ Kg}/\text{m}^3$; $[SSR]=8 \text{ kg}/\text{m}^3$; $C_f=0,22 \text{ KgBOD}/\text{d} \times \text{KgSSA}$; resa depurazione 93% ; altri dati: $y+f=1$; $K_d=0,05$; $K_{svi}=1,1$; $z=0,5$; $R_e=0,1$; turbina con $1,2 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$.

DIGESTORE: ispessitore porta a ingresso fanghi al digestore con $X=3\%$ sostanze solide; $t_{digestione}=23$ giorni; $T=18^\circ$ fanghi in ingresso; $T=31^\circ C$ nel digestore; $SSV/SSTot=75\%$; biogas prodotto $F_G^* = 0,9 \text{ Nm}^3/\text{Kg SSV abbattute}$, con abbattimento del 50% ; cal.specif. fanghi $C_f=4,18 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ C$; P.C.biogas= $21318 \text{ kJ}/\text{Nm}^3$.



Svolgimento:

- FANGHI ATTIVI:

a) dati iniziali	
$F_{in} = 8000 \text{ (m}^3\text{/d)}$	$F_i = 8000 \text{ m}^3\text{/d};$
$Co = F_i \times [BOD]_i$	$Co = 8000 \times 0,31 = 2480 \text{ Kg BOD/d}$
$\eta\% = ([BOD]_i - [BOD]_u) / [BOD]_i \times 100 = 93\%$	$[BOD]_i = 0,31 \text{ Kg/m}^3$ $[BOD]_u = [BOD]_i - [BOD]_i \times 0,93 = 0,022 \text{ Kg/m}^3$
b) bioreattore	
$V = Co / ([SSA] \times Cf) \text{ m}^3$	$V = 2450,6 \text{ m}^3$
$R = [SSA] / ([SSR] - [SSA]);$	$R = 1,35$
$SVI = k \times 10^3 / [SSR] \text{ dm}^3\text{/Kg}$	$SVI = 137,5 \text{ dm}^3\text{/Kg}$
$F_{tot} = F_i (1+R) \text{ m}^3\text{/d}$	$F_{tot} = 18823,6 \text{ m}^3\text{/d}$
$t = V / F_{tot} \times 24 \text{ (h)}$	$t = 3,12 \text{ h}$
c) fanghi di supero	
$Co^* = \eta \times Co / 100 \text{ Kg BOD abbattuto/d}$	$Co^* = 2480 \times 0,93 = 2306,4 \text{ Kg/d}$
$KgSS_{sup}/d = y \times (BOD \text{ abb}) + f \times (BOD \text{ abb}) - kd \times [SSA] \times V;$	$KgSS_{sup}/d = 1742,76 \text{ Kg/d}$
portata (FSSsupero)vol. = KgSSsup/d / [SSR] m³/d	(FSSsup/d)volum. = 217,85 m³/d
portata (FSSsupero)pond. = (FSSsupero)vol x 1000 Kg/d	(FSSsup/d)pond. = 217845 Kg/d
x % peso fanghi = [SSR]/1000 x 100	x% peso = 0,8 %
d) portata ossigeno	
$KgO_2/d = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$	$KgO_2/d = 2280,5 \text{ Kg/d}$
$KgO_2/d \text{ MAX} = 2z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$	$O_{2MAX} = 3433,7 \text{ Kg/d}$
$N_{COMPRESS} = KgO_2/d \text{ MAX} / (24 \times 1,2)$	$N_{COMPRESS} = 119,2 \text{ Kw}$
e) $Et\grave{a}_{fango} = KgSSA / KgSS_{supero} = [SSA] \times V / KgSS_{sup} = 6,5d$	

- DIGESTORE:

a) calcolo del volume	
portata $F_{SS} = (KgSS_{sup_tot}/d \times 100 / x\%) / 1000 \text{ m}^3\text{/d}$	portata fanghi volumetrica: $F_{ss} = 1742,76 \times 100 / (3 \times 1000) = 58,1 \text{ m}^3\text{/d}$
$\rightarrow V_{dig} = t_{dig} \times F_{SS_{sup}} \text{ (m}^3\text{)}$	portata fanghi ponderale: $F_{ss} = 58,1 \times 1000 = 58100 \text{ Kg/d}$
	volume = $23 \times 58,1 = 1336,12 \text{ m}^3$
b) calcolo portata biogas	
$Co_{dig} = KgSSV/d = KgSS/d \times \alpha \text{ (in Kg/d)}$	carico organico digestore (KgSSV/d)
$\alpha = SSV = 0,75 \text{ SST}$	ovv. $Co_D = 0,75 \times 1742,76 = 1307,1 \text{ Kg/d}$
$\rightarrow F_{GAS} = \delta \times KgSSV/d \times F_G^* \text{ (in Nm}^3\text{/d)}$	
$\delta = 50\% \text{ SSV}; F_G^* = 0,9 \text{ Nm}^3\text{/KgSSVabb}$	portata di gas $F_{gas} = 0,5 \times 0,9 \times 1307,1 = 588,2 \text{ Nm}^3\text{/d}$
c) bilanci energetici	
$En_{tot} = P_c \times F_{gas} \text{ (in KJ/d)}$	Energia totale disponibile $Et_{ot} = 21318 \times 588,2 = 12,54E06 \text{ kJ/d} = 145 \text{ kW}$
$En_{risc} = F_{SS_{pond.}} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$	En.riscaldamento fanghi $En_{risc} = 58100 \times 4,18 \times (31 - 18) = 3,16E06 \text{ kJ/d} = 36,6 \text{ kW}$
$\rightarrow En_{utile} = Et_{ot} - Er_{isc}$	En.utile = $Et_{ot} - Er_{isc} = 108,4 \text{ kW}$

- ES.4/6 – DEPURAZIONE REFLUI PROCESSO A FANGHI ATTIVI e DIGESTIONE

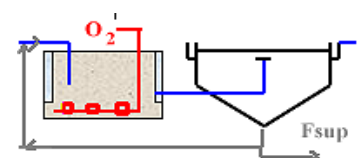
Una comunità di **22000 abitanti equivalenti** produce reflui fognari di portata 0,2 m³/ab*d in arrivo al bioreattore e [BOD]_i=330 ppm. Dimensionare l'impianto di depurazione a Fanghi attivi e successiva Digestione noti i seguenti dati: FANGHI ATTIVI: [SSA]=4,8 Kg/m³; R=1,78; Cf=0,24 KgBOD/d*KgSSA; resa depurazione 92%; altri dati: y+f=1; Kd=0,05; Ksvi=1,1; z=0,5; Re=0,1; turbina con 1 KgO₂/kWh.

DIGESTORE: ispessitore porta a ingresso fanghi al digestore con X=4% sostanze solide; t_{digestione}=20 giorni; T=16° fanghi in ingresso; T=30°C nel digestore; SSV/SSTOT=66%; biogas prodotto $F_G^* = 1,1 \text{ Nm}^3\text{/KgSSV abbattute}$, con abbattimento del 50%; cal.specif. fanghi $C_f = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$; P.C.biogas=20900 kJ/Nm³.

Svolgimento:

- FANGHI ATTIVI:

a) dati iniziali	
$F_{in} = \text{abitanti} \times F_{specifica} \text{ (m}^3\text{/d)}$	$F_i = 22000 \times 0,2 = 4400 \text{ m}^3\text{/d};$
$Co = F_i \times [BOD]_i$	$Co = 4400 \times 0,33 = 1452 \text{ Kg BOD/d}$
$\eta\% = ([BOD]_i - [BOD]_u) / [BOD]_i \times 100 = 92\%$	$[BOD]_i = 0,33 \text{ Kg/m}^3$ $[BOD]_u = [BOD]_i - [BOD]_i \times 0,92 = 0,026 \text{ Kg/m}^3$



b) bioreattore

$$V = Co / ([SSA] \times Cf) \text{ m}^3$$

$$R = [SSA]/([SSR] - [SSA]);$$

$$SVI = k \times 10^3/[SSR] \text{ dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{tot} = Fi (1+R) \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t = V/F_{tot} \times 24 \text{ (h)}$$

$$V = 1260,4 \text{ m}^3$$

$$[SSR] = 7,5 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$SVI = 146,7 \text{ dm}^3/\text{Kg}$$

$$F_{tot} = 12222,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t = 2,48 \text{ h}$$

c) fanghi di supero

$$Co^* = \eta \times Co/100 \text{ Kg BOD abbattuto}/\text{d}$$

$$KgSS_{sup}/d = y \times (BOD \text{ abb}) + f \times (BOD \text{ abb}) - kd \times [SSA] \times V;$$

$$\text{portata (FSS}_{sup})\text{vol.} = KgSS_{sup}/d / [SSR] \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata (FSS}_{sup})\text{pond.} = (\text{FSS}_{sup})\text{vol} \times 1000 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x \% \text{ peso fanghi} = [SSR]/1000 \times 100$$

$$Co^* = 1452 \times 0,92 = 1335,84 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$KgSS_{sup}/d = 1033,34 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$(FSS_{sup}/d)\text{vol.} = 137,78 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$(FSS_{sup}/d)\text{pond.} = 137780 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x \% \text{ peso} = 0,75 \%$$

d) portata ossigeno

$$KgO_2/d = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$$

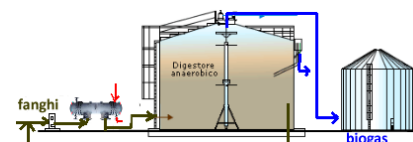
$$KgO_2/d \text{ MAX} = 2z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$$

$$N_{COMPRESS} = KgO_2/d \text{ MAX}/(24 \times 1)$$

$$KgO_2/d = 1272,92 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$O_{2MAX} = 1940,84 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$N_{COMPRESS} = 80,9 \text{ KW}$$

e) $Età_fango = Kg \text{ SSA}/KgSS_{supero} = [SSA]^*V/KgSS_{sup} = 6d$ **DIGESTORE:**

a) calcolo del volume

$$\text{portata } F_{SS} = (KgSS_{sup_tot}/d \times 100 / x\%) / 1000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\rightarrow V_{dig} = t_{dig} \times F_{SS_{sup}} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{portata fanghi volumetrica: } F_{ss} = 1033,34 \times 100 / (4 \times 1000) = 25,83 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata fanghi ponderale: } F_{ss} = 25,83 \times 1000 = 25830 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{volume} = 20 \times 25,83 = 516,7 \text{ m}^3$$

b) calcolo portata biogas

$$Co_{dig} = KgSSV/d = KgSS/d \times \alpha \text{ (in Kg}/\text{d)}$$

$$\alpha = SSV = 0,66 \text{ SST}$$

$$\rightarrow F_{GAS} = \delta \times KgSSV/d \times F_G^* \text{ (in Nm}^3\text{)/d}$$

$$\delta = 50\% \text{ SSV}; F_G^* = 1,1 \text{ Nm}^3/\text{KgSSVabb}$$

$$\text{carico organico digestore (Kg SSV)/d}$$

$$\text{ovv. } Co_D = 0,66 \times 1033,34 = 682 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$\text{portata di gas } F_{gas} = 0,5 \times 1,1 \times 682 = 375,1 \text{ Nm}^3/\text{d}$$

c) bilanci energetici

$$En_{tot} = Pc \times F_{gas} \text{ (in KJ)/d}$$

$$En_{risc} = F_{SS\text{pond.}} \times C \times (T_{dig} - T_{fi})$$

$$\rightarrow En_{utile} = Etot - Erisc$$

$$\text{Energia totale disponibile } Etot = 20900 \times 375,1 = 7,84E06 \text{ kJ}/\text{d} = 90,7 \text{ kW}$$

$$\text{En. riscaldamento fanghi } Erisc = 25830 \times 4,18 \times (30 - 16) = 1,51E06 \text{ kJ}/\text{d} = 17,5 \text{ kW}$$

$$\text{En. utile} = Etot - Erisc = 73,2 \text{ kW}$$

c) fanghi di supero:

$$Co^* = \eta \times Co/100 \text{ Kg BOD abbattuto}/\text{d}$$

$$KgSS_{sup}/d = y \times (BOD \text{ abb}) + f \times (BOD \text{ abb}) - kd \times [SSA] \times V;$$

$$\text{portata (FSS}_{sup})\text{vol.} = KgSS_{sup}/d / [SSR] \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{portata (FSS}_{sup})\text{pond.} = (\text{FSS}_{sup})\text{vol} \times 1000 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x \% \text{ peso fanghi} = [SSR]/1000 \times 100$$

$$Co^* = 6210 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$KgSS_{sup}/d = 4710$$

$$(FSS_{sup}/d)\text{vol.} = 490,63 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$(FSS_{sup}/d)\text{pond.} = 490626 \text{ Kg}/\text{d}$$

$$x \% \text{ peso} = 0,96 \%$$

d) portata ossigeno:

$$KgO_2/d = z \times (Co^*) + re \times [SSA] \times V$$

$$KgO_2/d = 6105; KgO_2/d \text{ max} = 9210; N_{compressore} = 240 \text{ kW}$$

e) $Età_fango = Kg \text{ SSA}/KgSS_{supero} = [SSA]^*V/KgSS_{sup} = 6,4 d$ [\[INIZIO\]](#)**5. IMPIANTI VARI –**-ES.17* **BIO+NITRIFICAZIONE - ETA' DEL FANGO E NITRIFICAZIONE:**

DATI: impianto di **nitrificazione combinata (BIO+NITRIF.)**; carico azoto ammoniacale $CoN = 600 \text{ kg}/\text{d}$; da abbattere l'80%; produzione di batteri nitrificanti $[BNITR] = 0,08 \text{ g}/\text{g N abbattuto}$; biomassa tot. batteri nitrificanti = 4% peso biomassa; biomassa totale $KgSSA = 18000 \text{ kg}$; determinare l'età del fango.

Svolgimento:

bilancio materia: batteri prodotti = batteri uscenti;

portata $F_{N\text{azoto}} \text{ rimosso}/\text{giorno} = Co_N \times 0,80 = 480 \text{ kg}/\text{d}$;batteri prodotti = $[BNITR] \times F_N = 0,08 \text{ kg}/\text{kg} \times 480 = 38,4 \text{ kg}/\text{d}$;fanghi di supero: $SS_{sup} = \text{batteri prodotti}/0,04 = 960 \text{ kg SS}_{sup}/\text{d}$;ETA' fango = $KgSSA/SS_{sup} = 18,7 \text{ d}$ (giorni). Età elevata, basso Cf, per evitare dilavamento eccessivo batteri nitrificanti!

-ES.18* - FABBISOGNO DI OSSIGENO IN IMP.COMBINATO BIO+NITRIFICAZIONE -

DATI: carico organico $Co = 4348 \text{ kgBOD/d}$; resa $\eta = 92\%$; $kg \text{ SSA} = 18000$; carico azoto rimosso $CoN^* = 480 \text{ kg/d}$; determinare la richiesta di ossigeno in vasca combinata.

Soluzione: carico org.abbattuto $Co^* = Co \times \eta = 4000 \text{ KgBOD/d}$; carico azoto rimosso CoN^*

$$\Delta O_2 = z Co^* + re \text{ Kg SSA} + 4,57 CoN^* = 0,5Co^* + 0,1 \text{ KgSSA} + 4,57 CoN^* = 5994 \text{ kgO}_2/\text{d}.$$

-ES.19* - OSSIGENO E POTENZA COMPRESSORE - IMP.BIOLOGICO FANGHI ATTIVI

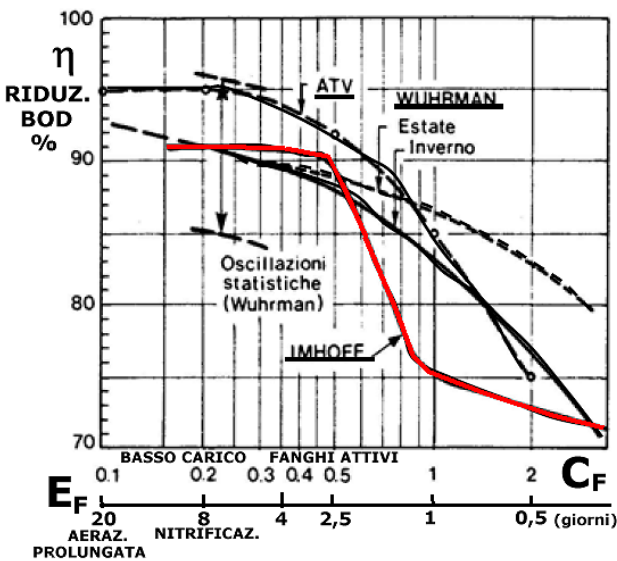
DATI: compressore e diffusori a bolle medie = $1 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$; carico org. $Co = 3500 \text{ kgBOD/d}$; resa $\eta = 90\%$; $SSA = 17500 \text{ kg}$; determinare fabbisogno O_2 , quello di punta, e potenza compressore. ($z = 0,5 \dots; re = 0,1 \dots$)

Soluzione: carico abbattuto $Co^* = Co \times \eta = 3150 \text{ kg/d}$;

$$\Delta O_2 = z Co^* + re \text{ Kg SSA} = 3325 \text{ kgO}_2/\text{d};$$

$$\Delta O_2 \text{ punta} = 2z Co^* + re \text{ Kg SSA} = 4900 \text{ kgO}_2/\text{d}; \text{ potenza max.compressore } N = \Delta O_2 p / (24 \times 1) = 204,2 \text{ kW}.$$

APPENDICE: N.B.: (*) = simile al libro di testo;-----



TIPO DI IMPIANTO	CARICO DEL FANGO
Areazione prolungata	0,02 - 0,15
A basso carico	0,2 - 0,3
A medio carico	0,3 - 0,5
Ad alto carico	0,5 - 0,8

TIPO DI IMPIANTO	CoV (kg BOD/d. m3)	
	SENZA SEDIM. PRIMARIA	CON SEDIM. PRIMARIA
Areazione prolungata	0,10 ÷ 0,75	-
A basso carico	1 ÷ 1,5	0,70 ÷ 1,05
A medio carico	1,50 ÷ 2,50	1,05 ÷ 1,75
Ad alto carico	-	1,75 ÷ 2,30

[INIZIO]