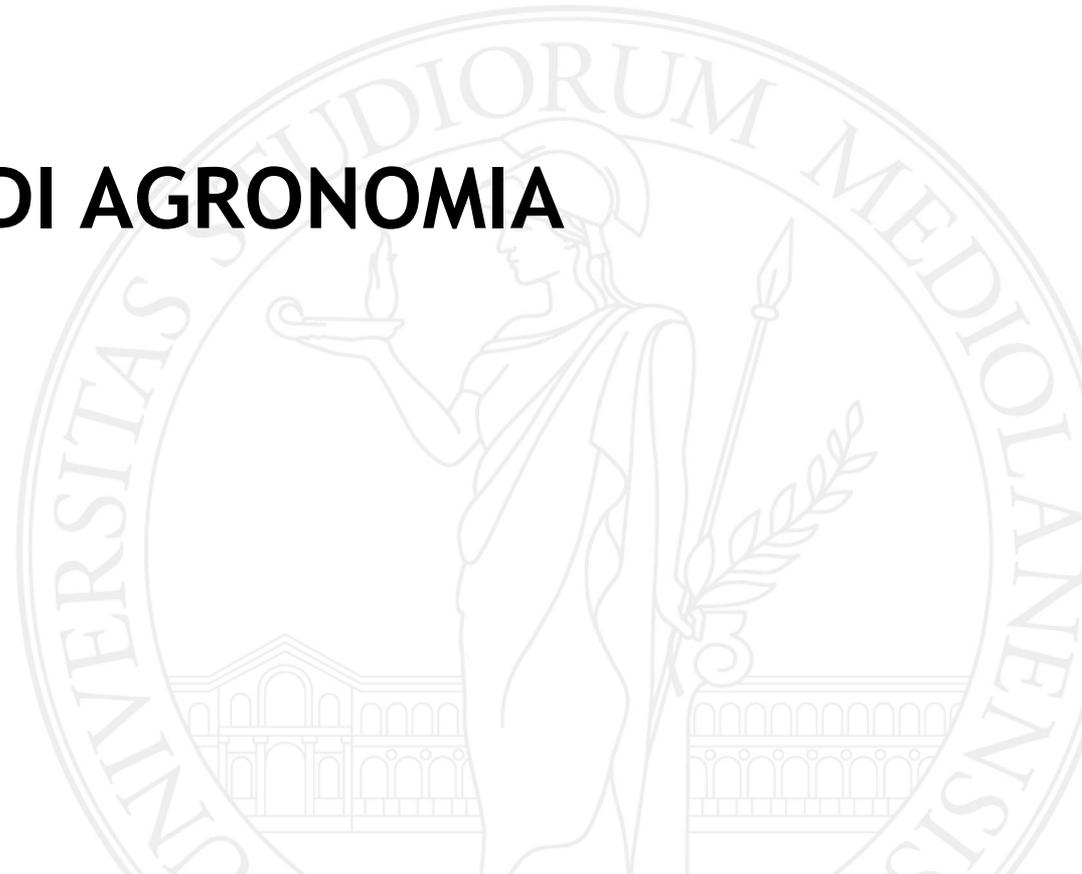




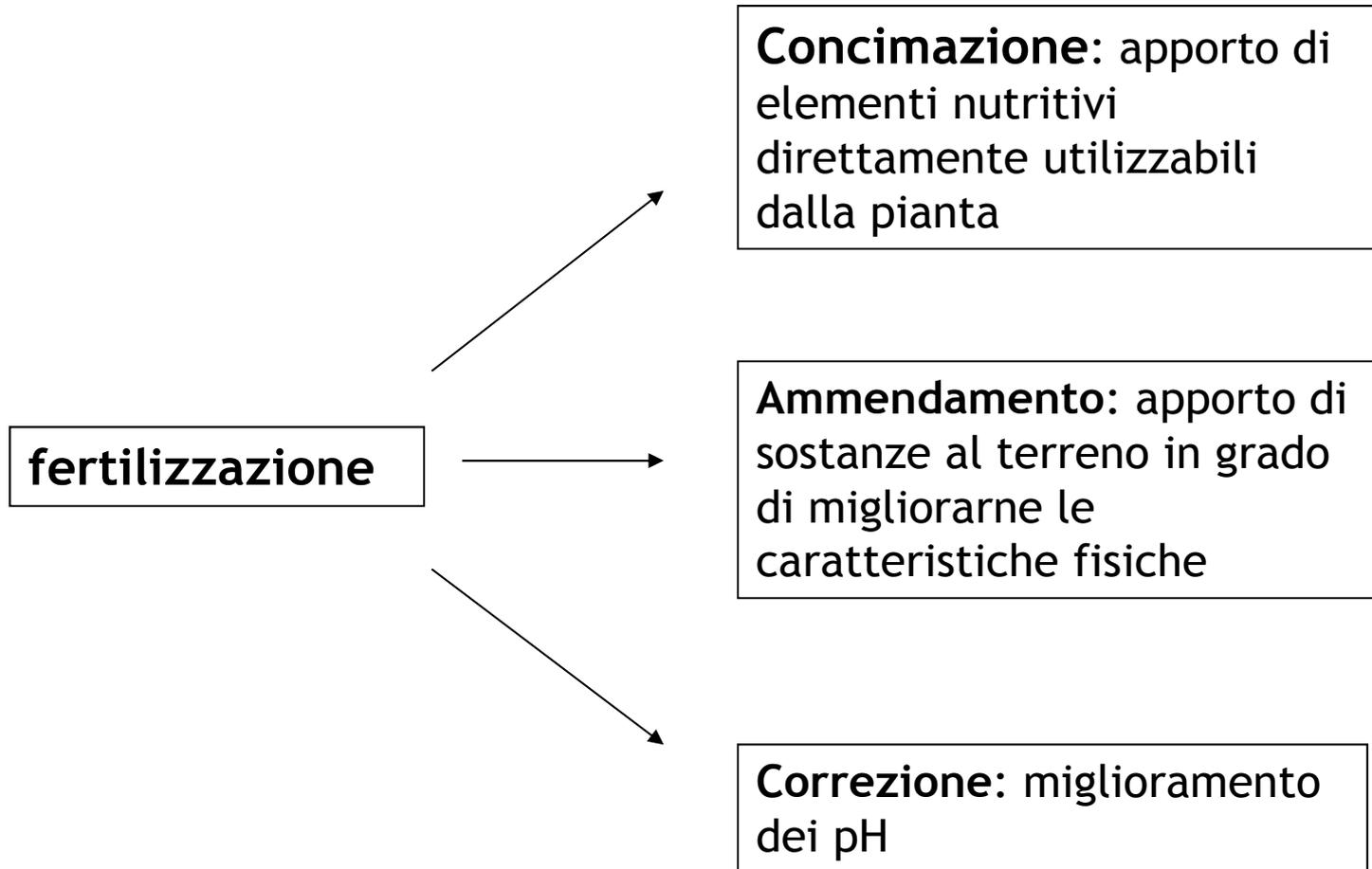
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI AGRARIA

# ESERCITAZIONE DI AGRONOMIA

## Fertilizzazioni



# Introduzione



# La legislazione vigente /1

1991 - Direttiva nitrati CEE (n. 676/1991)

Designazione zone vulnerabili

Limitazioni carico azoto zootecnico



2006 - Norme in materia di ambiente (n. D.Lgs n. 152/2006)

2006 - Criteri e norme tecniche per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli e.a. (D.M. n. 209/2006)

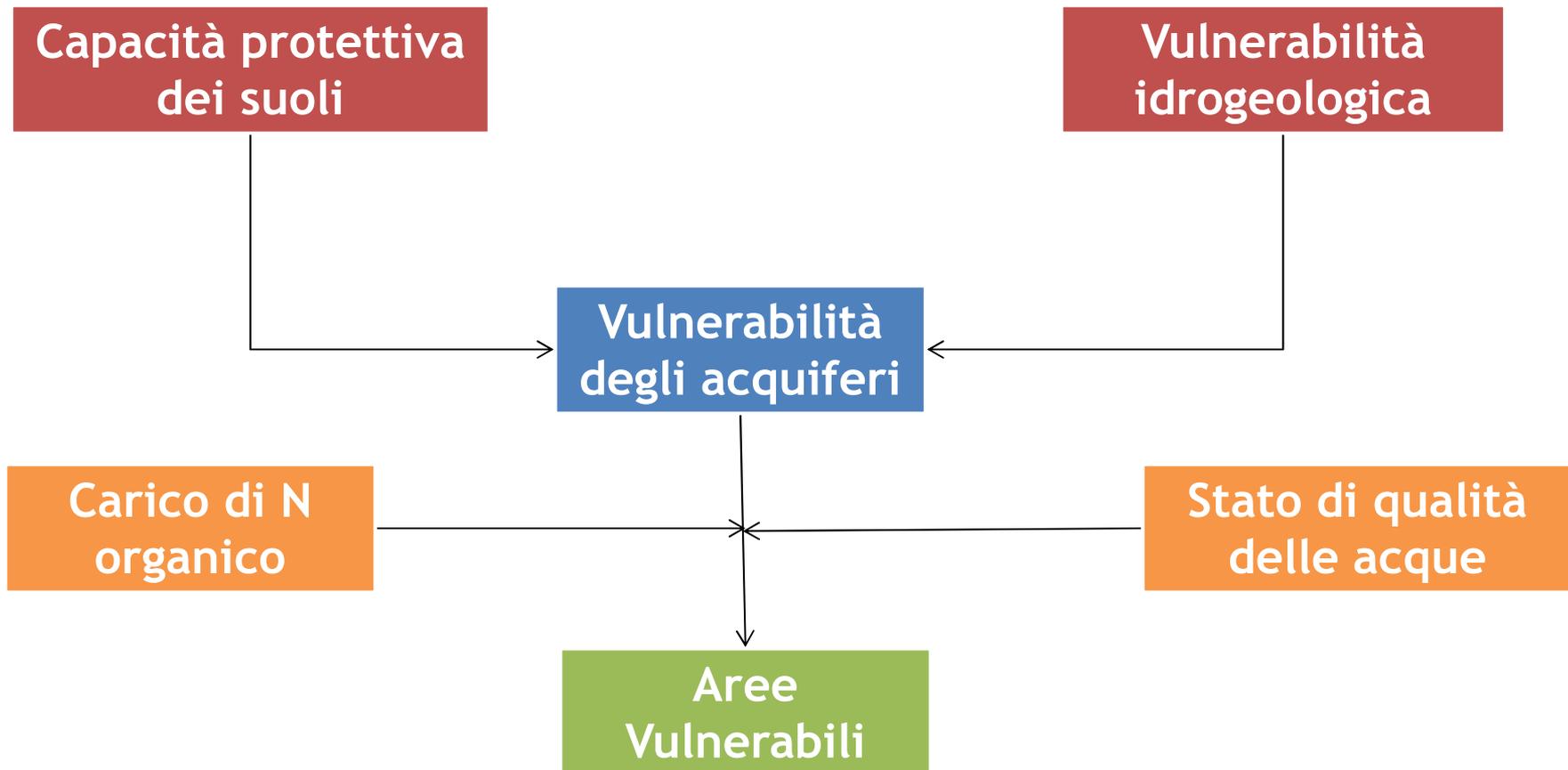


2007 - Piano di azione per la tutela e il risanamento delle acque causato dai nitrati di origine agricola (Dgr. N. 5868/2007)

2011 - Programma d'azione regionale per la tutela ed il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zona vulnerabile (Dgr. N. 2208/2011)



# Legislazione vigente /2



# La legislazione vigente /3

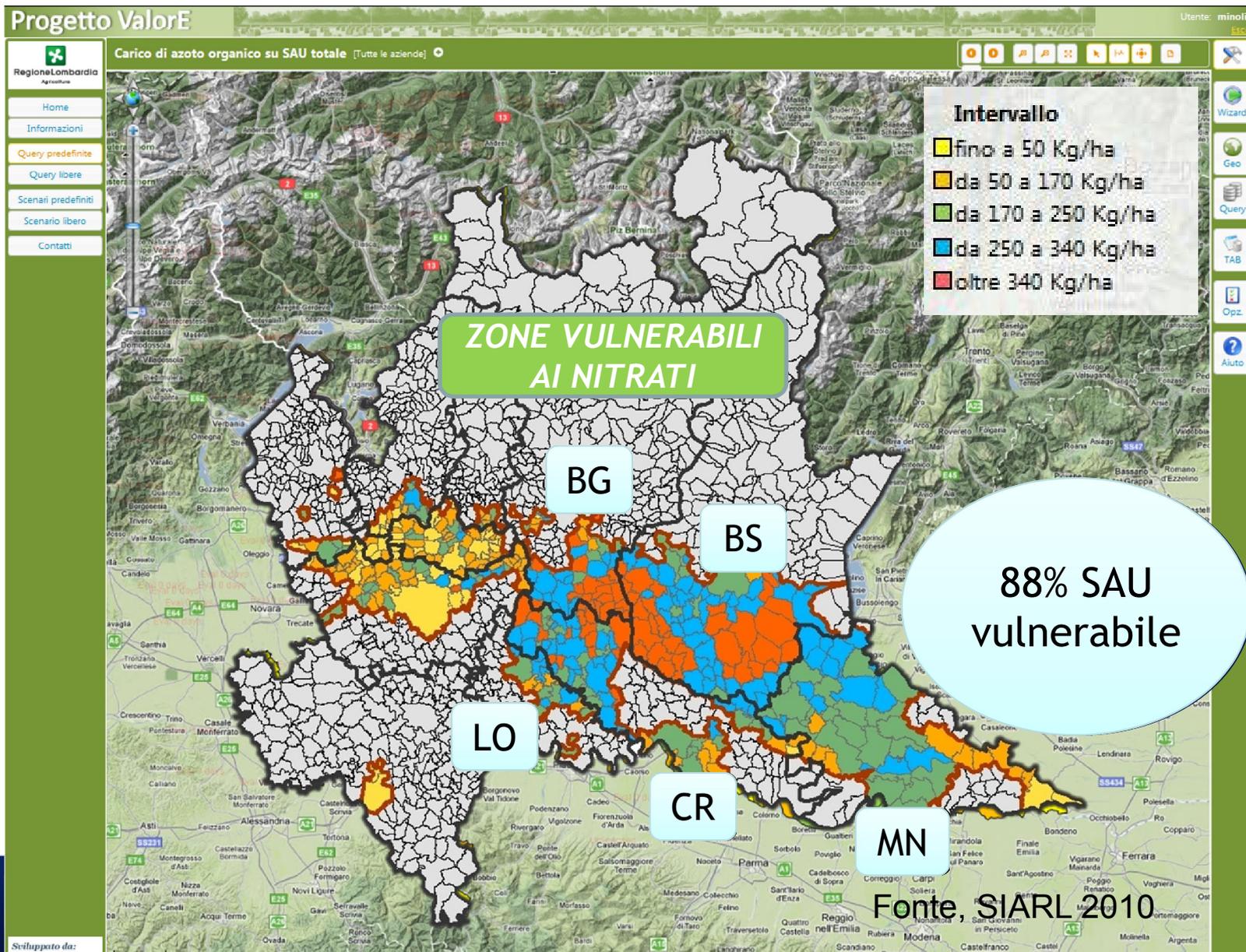
Obblighi alle aziende (strutture e distribuzione):

- **Quantitativi massimi di azoto di origine zootecnica**
  - 170 kg N/ha zone vulnerabili →deroga 250 kg N/ha (Dgr. N. 386/2012)
  - 340 kg N/ha zone non vulnerabili (ordinarie)
- **Durata minima stoccaggi**
  - palabili: 90 giorni
  - non palabili: 180 giorni suini, bovini da carne, avicoli e cunicoli
  - 120 giorni bovini da latte e altre specie
- **Divieti di distribuzioni**
  - temporali: dal 1 dicembre al 28 febbraio (1 novembre zone vulnerabili)
  - spaziali: terreni vicini ai corsi d'acqua, nei giorni di pioggia, terreni gelati...
- **Modalità di distribuzione (ridurre al minimo volatilizzazione  $NH_3$ )**
  - interramento non oltre le 24 ore

Dgr. n. 5868/2007



# Carico di N zootecnico



# Problematiche azoto reattivo

**SURPLUS DI AZOTO**



**Scorretta gestione agronomica**

- Lisciviazione  $\text{NO}_3^-$ 
  - Lombardia, oltre 2/3 dal comparto agricolo (ABaPo, 2001)
- Volatilizzazione  $\text{NH}_3$ 
  - Lombardia, 82% comparto agricolo (ISPRA 2011)

**EFFETTI AMBIENTALI:** eutrofizzazione ambienti acquatici, acidificazione suoli

**EFFETTI AGRONOMICI:** minor efficienza N, perdita di N utilizzabile



# Effluenti di allevamento

Definizione:

“per effluente di allevamento, si intendono le deiezioni del bestiame o una miscela di lettiera e di deiezioni di bestiame, anche sotto forma di prodotto trasformato” (direttiva nitrati CEE n. 676/1991).

## COMPOSIZIONE DEGLI E.A.

- feci
- urine
- lettiera
- scarti degli alimenti
- acque di diluizione  
(piovana o di lavaggio impianti)



# Effluenti di allevamento

## CLASSIFICAZIONE

- *Solidi o palabili*: l'insieme delle deiezioni e del materiale di letta in uno stato tale da riuscire a formare cumuli. La sostanza secca varia dal 20 al 30% in funzione del grado di maturazione.
  - Letame: deiezioni e paglia
  - Pollina: da allevamenti avicoli con lettiera
- *Liquidi o non palabili*: l'insieme delle deiezioni più acqua di lavaggio, di diluizione e eventuale lettiera. Liquidi di sgrondo dei palabili in stoccaggio. Sostanza secca inferiore al 20%, ne consente il pompaggio; stoccati in grosse vasche.
  - Liquame: con o senza materiale di lettiera più o meno diluito



# Effluenti di allevamento

## CARATTERISTICHE FISICHE DEGLI E.A.

- Specie allevata
- Tipo di alimentazione (riproduzione, ingrasso)
- Caratteristiche e modalità di alimentazione
- Tecniche di allevamento (tipologia di stabulazione)
- Sistemi di rimozione delle deiezioni
- Impianti di trattamento
- Modalità di stoccaggio
- Condizioni climatiche

Quantità e consistenza deiezioni

Presenza o assenza di lettiera (paglia stocchi mais...)

Acque di diluizione

Variazione delle caratteristiche



# Effluenti di allevamento

	Sostanza secca	Azoto (N)	Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potassio (K <sub>2</sub> O)
	% sul tal quale	kg/m <sup>3</sup>		
Bovini da latte	7-10	2.5-3.5	1.5-2.5	3.5-5.0
Bovini da carne	10-16	3.5-4.0	2.0-4.0	4.5-6.0
Vitelli a carne bianca	0.6-3	8.0-9.0	2.5-3.5	2.0-3.5
Suini	1.5-6.0	6.0-8.0	3.5-4.5	5.0-7.5
Bovino fresco	20-30	3-5	2-3	4-5
Bovino maturo	15-25	4-6	2.5-4	5-6

L  
I  
Q  
U  
A  
M  
E

L  
E  
T  
A  
M  
E



# Quantità di effluente prodotta

Categoria animale e stabulazione	p.v. medio (kg/capo)	Liquame (m <sup>3</sup> /t p.v.)	letame o materiale palabile	
			(t/t p.v.)	(m <sup>3</sup> /t p.v.)
<b>Vacche da latte:</b> stabulazione fissa con paglia	600	9	26	34.8
<b>Vacche da latte:</b> stabulazione fissa senza paglia	600	33	-	-
<b>Suino magro da macelleria (86-110 kg):</b> pavimento pieno	100	73		
<b>Ovaiole e pollastre</b> in batterie di gabbie senza predisidratazione	1.8-2.0	22	-	-



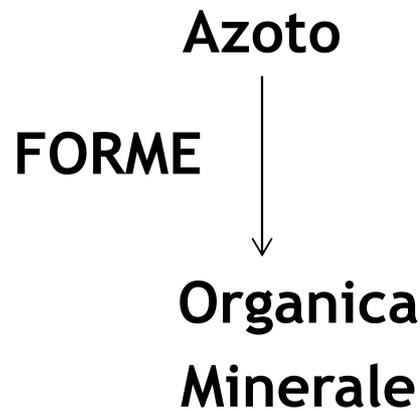
# Quantità di azoto nell'effluente

Categoria animale e stabulazione	Azoto al campo (al netto delle perdite)			
	Totale		nel liquame	nel letame
	kg/capo	kg/t p.v.	kg/t p.v.	kg/t p.v.
Vacche in produzione (latte) (p.v. 600 kg/capo) stabulazione libera a cuccette con paglia	83	138	85	53
Vacche in produzione (latte) (p.v. 600 kg/capo) stabulazione fissa o libera senza lettiera	83	138	138	-
Suini: accrescimento/ingrasso: stabulazione senza lettiera	9.8	110	110	
Ovaiole (p.v. 2 kg/capo) in gabbia senza tecnica di essiccazione della pollina	0.46	230	230	



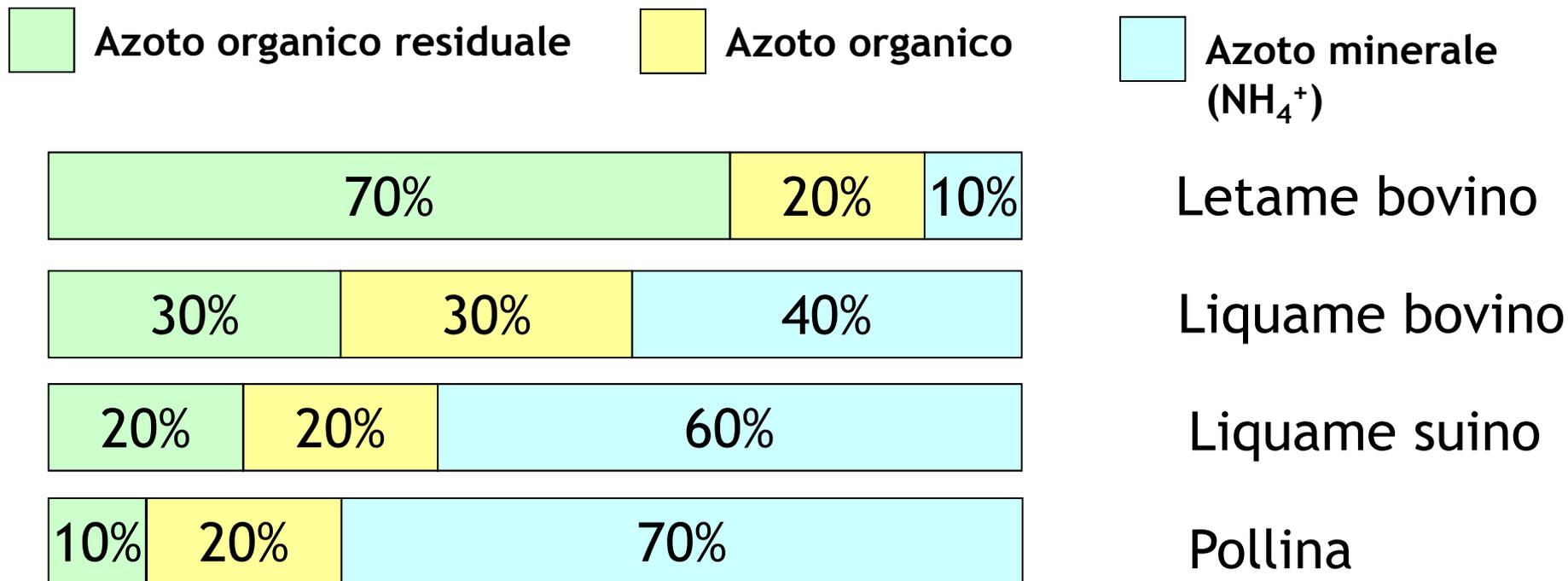
# Funzioni della sostanza organica dell'effluente

- **Funzione strutturale:** Consente il miglioramento della struttura del terreno
- **Funzione nutritiva:** Apporto di macro e micro elementi necessari alla crescita degli organismi



# Contributo di azoto minerale da concimi organici

- Azoto minerale (subito disponibile)
- Azoto organico facilmente mineralizzabile (mineralizza nel primo anno)
- Azoto organico residuale (mineralizzerà negli anni successivi)



# Contributo di azoto minerale da digestati

Digestato da:

Liquame bovino (LB)

Liquame suino (LS)

Colture energetiche (CE)



Digestato dopo separazione solido-liquida:

Frazione solida:

Frazione chiarificata:



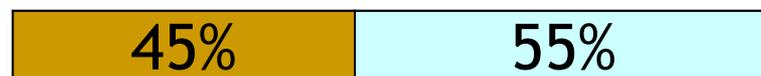
LB



LS



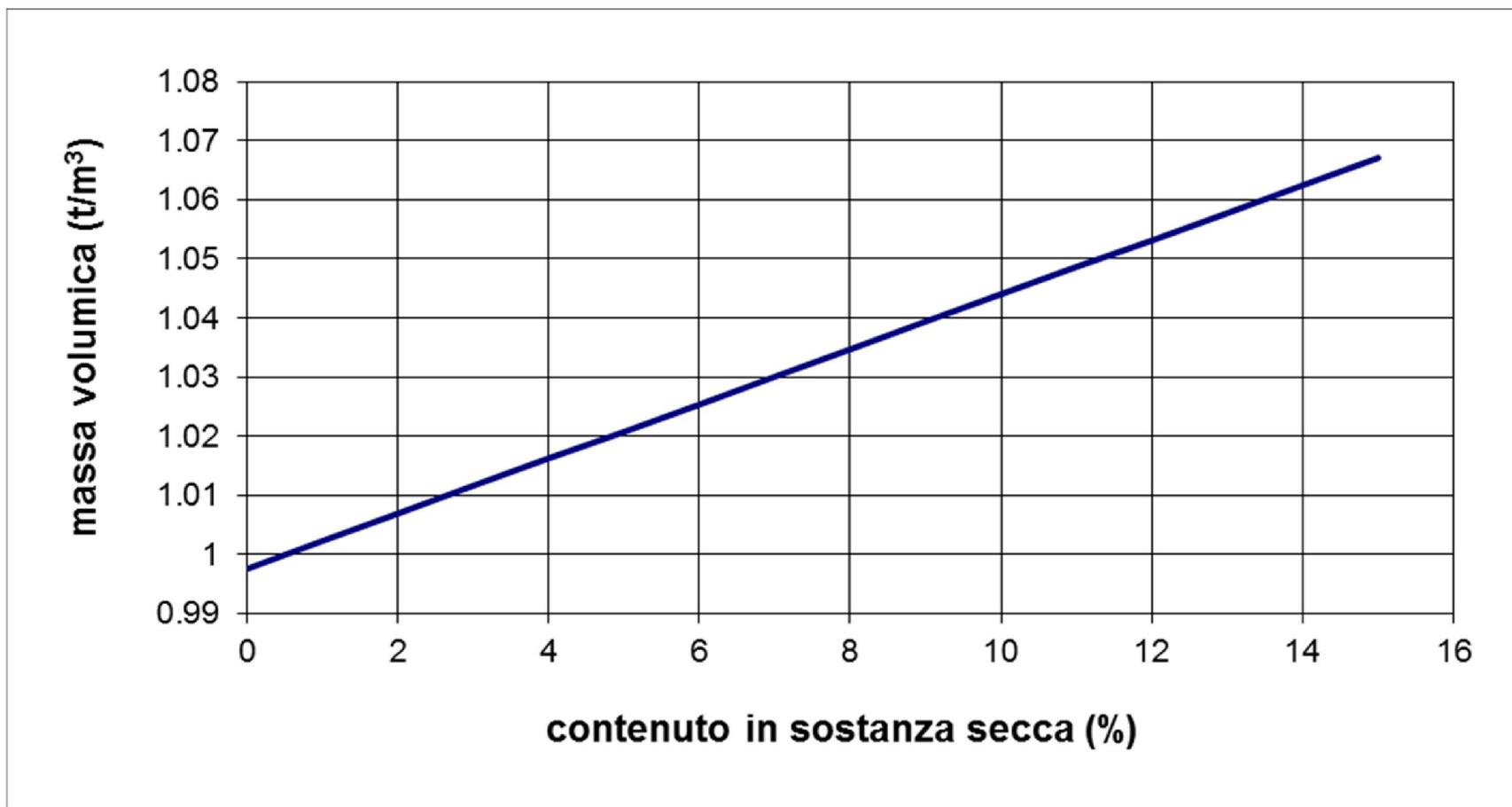
CE



CRPA



# Massa volumica liquame



Si può affermare che densità del liquame è 1 t/m<sup>3</sup>

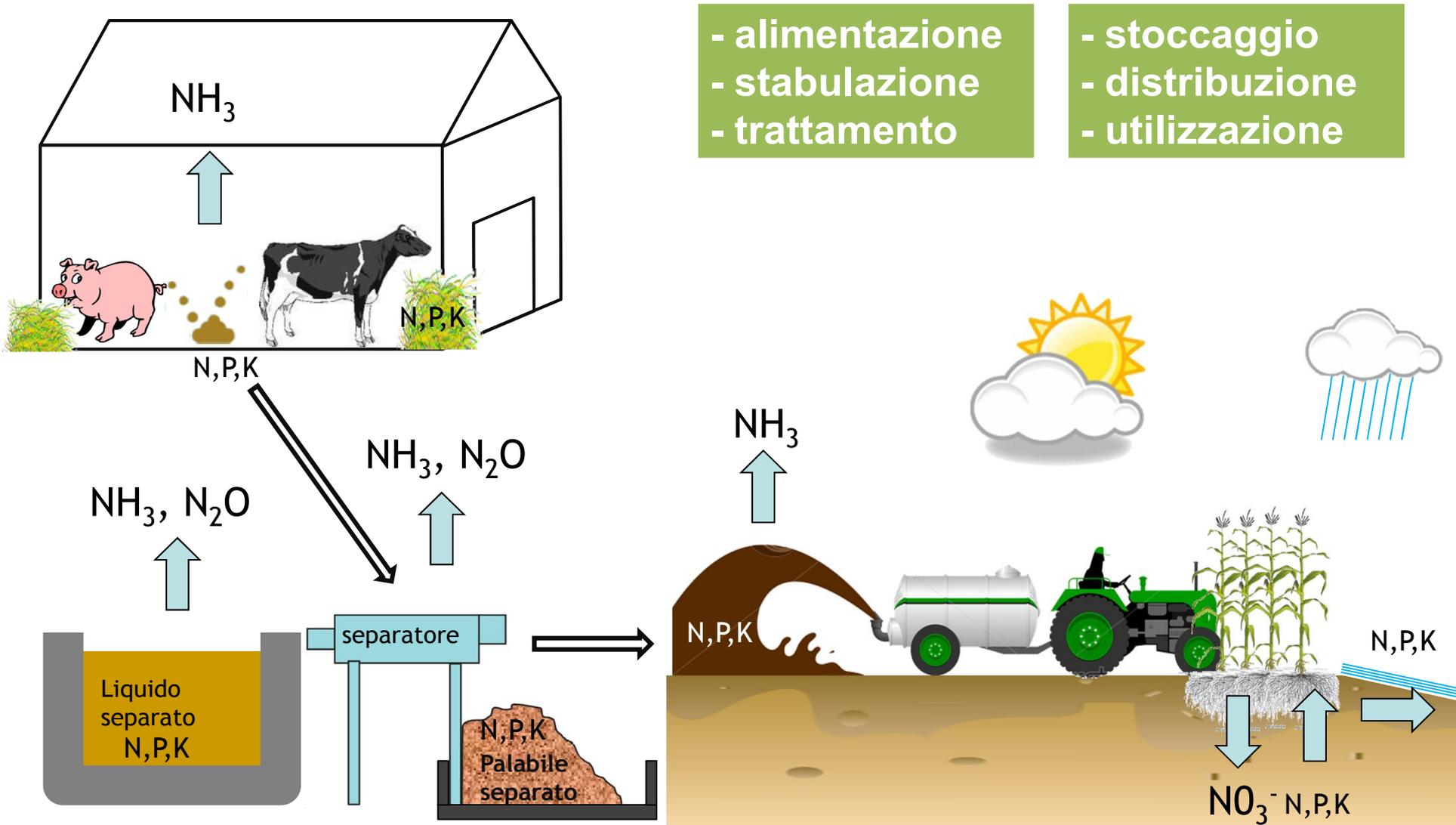


# Densità letame

Stato di maturazione	Massa volumica (t m <sup>-3</sup> )
Fresco	0.35
Med. Maturo	0.70
Maturo	0.80



# Filiera degli e.a.



- alimentazione
- stabulazione
- trattamento

- stoccaggio
- distribuzione
- utilizzazione



# Densità apparente

**Massa volumica apparente** (o densità apparente):  
corrisponde al **peso secco di un'unità di volume del suolo**, spazi vuoti compresi

Densità tipiche di alcuni terreni	
Sabbioso	1.4- 1.5 t m <sup>3</sup>
limoso-sabbioso	1.2-1.3 t m <sup>3</sup>
argilloso	1.2 t m <sup>3</sup>
umifero	1 t m <sup>3</sup>
Medio impasto	1.3 t m <sup>3</sup>

**Misura:** peso secco di un volume noto e indisturbato di suolo



# Esercizio 1 - Liquame

Si suppone di produrre annualmente **2200 m<sup>3</sup>** di liquame. Ipotizzare una concentrazione di N,P e K nel liquame. Supponendo di essere in ZNVN (limite di **340 Kg/ha** di N), qual è la superficie minima di cui devo disporre?

Indicare anche la quantità di P e K presenti nel liquame considerato.



# Esercizio 1 - Liquame

## Dati del problema

2200 m<sup>3</sup> = quantità di liquame

340 kg/ha = limite legislativo

## Ipotesi richiesta

Concentrazione di N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O (0.3% - 0.2% - 0.3%)

## Domande

Qual è la sup. minima aziendale di cui devo disporre?

Qual è la quantità di P e K nel liquame?



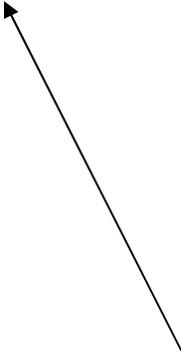
# Esercizio 1 - Liguame

1) Calcolo la quantità di liguame in peso

Volume del liguame ( $\text{m}^3$ ) x densità liguame ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

$$2200 \text{ m}^3 \times 1 \text{ t}/\text{m}^3 = \underline{2200 \text{ t}}$$

peso del liguame



# Esercizio 1 - Liquame

2) Calcolo la quantità di N nel liquame

Peso del liquame (t) x % di N (-)

$$2200 \text{ t} \times 0.3\% = 2200000 \text{ kg} \times 0.003 = \underline{6600 \text{ kg}}$$

Quantità di N



# Esercizio 1 - Liguame

3) Calcolo la superficie minima necessaria

Quantità di N da distribuire (kg) / limite legislativo (kg/ha)

$$6600 \text{ kg} / 340 \text{ kg ha}^{-1} = \underline{19.4 \text{ ha}}$$

Superficie necessaria



# Esercizio 1 - Liquame

4) Calcolo la quantità di  $P_2O_5$  e  $K_2O$  nel liquame

Peso del liquame (t) x % di  $P_2O_5$  (-)

Peso del liquame (t) x % di  $K_2O$  (-)

$$2200 \text{ t} \times 0.2\% = 2200000 \text{ kg} \times 0.002 = \underline{\underline{4400 \text{ kg } P_2O_5}}$$

$$2200 \text{ t} \times 0.3\% = 2200000 \text{ kg} \times 0.003 = \underline{\underline{6600 \text{ kg } K_2O}}$$



# Esercizio 1 - Liquame

5) Calcolo la quantità di P e K nel liquame

Quantità di  $P_2O_5$  (kg) x fattore di conversione ?

Quantità di  $K_2O$  (kg) x fattore di conversione ?

Peso atomico

P = 30.9 g/mol

K = 39 g/mol

O = 16 g/mol



# Esercizio 1 - Liquame

## Peso molecolare

$$\text{P}_2\text{O}_5 = (2 \times 30.9 \text{ g/mol}) + (5 \times 16 \text{ g/mol}) = 141.8 \text{ g/mol}$$

$$\text{K}_2\text{O} = (2 \times 39.09 \text{ g/mol}) + 16 \text{ g/mol} = 94.18 \text{ g/mol}$$

## Fattore di conversione

$$\text{Da } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ a P} = (2 \times 30.9 \text{ g/mol}) / 141.8 \text{ g/mol} = 0.436$$

$$\text{Da } \text{K}_2\text{O} \text{ a K} = (2 \times 39.09 \text{ g/mol}) / 94.18 \text{ g/mol} = 0.830$$



# Esercizio 1 - Liquame

Per convertire il fosforo espresso come  $P_2O_5$  a fosforo espresso come P si deve moltiplicare il valore per 0.436

Per convertire il potassio espresso come  $K_2O$  a potassio espresso come K si deve moltiplicare il valore per 0.830

$$4400 \text{ kg } P_2O_5 \times 0.436 = \underline{1918 \text{ kg di P}}$$

$$6600 \text{ kg } K_2O \times 0.83 = \underline{5478 \text{ kg di K}}$$



## Esercizio 2 - Sostanza Organica

I primi **0.25 m** di un suolo hanno sostanza organica dell'**1.9%**. Un agricoltore apporta **75 m<sup>3</sup>/ha** di letame maturo, al **55%** di sostanza secca, poi ara a **25 cm**. Qual è il nuovo valore percentuale (%) di contenuto di sostanza organica nello strato arato?



# Esercizio 2 - Sostanza Organica

## Dati del problema

0.25 m = profondità del suolo e di aratura

1.9% = percentuale di s.o. iniziale nel suolo

75 m<sup>3</sup>/ha = apporto di letame maturo

55% = percentuale di s.s. del letame

## Domanda

% di s.o. nello strato arato dopo l'intervento?



## Esercizio 2 - Sostanza Organica

1) Calcolare il quantitativo di SO nel suolo pre-intervento

a) Calcolo il peso del suolo

Superficie (ha) x strato arato (m) x bulk density (t/m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} & 1 \text{ ha} \times 0.25 \text{ m} \times 1.3 \text{ t/m}^3 = \\ & = 10000 \text{ m}^2 \times 0.25 \text{ m} \times 1.3 \text{ t/m}^3 = \\ & = \underline{\underline{3250 \text{ t}}} \end{aligned}$$

↖ peso dello strato di suolo considerato



# Densità apparente

**Massa volumica apparente** (o densità apparente):  
corrisponde al **peso secco di un'unità di volume del suolo**, spazi vuoti compresi

Densità tipiche di alcuni terreni	
Sabbioso	1.4- 1.5 t m <sup>3</sup>
limoso-sabbioso	1.2-1.3 t m <sup>3</sup>
argilloso	1.2 t m <sup>3</sup>
umifero	1 t m <sup>3</sup>
Medio impasto	1.3 t m <sup>3</sup>

**Misura:** peso secco di un volume noto di suolo



## Esercizio 2 - Sostanza Organica

1) Calcolare il quantitativo di SO nel suolo pre-intervento

b) Calcolo la s.o. nel suolo prima dell'intervento

Peso del suolo (t) x % di s.o. (-)

$$3250 \text{ t} \times 1.9\% = 3250 \text{ t} \times 0.019 = \underline{61.75 \text{ t}}$$

s.o. nel suolo prima dell'intervento



# Esercizio 2 - Sostanza Organica

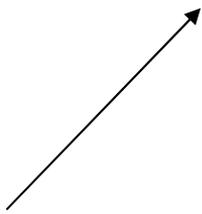
## 2) Calcolare della S.O. nel letame

a) Calcolo della massa del letame

Volume del letame ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) x densità letame maturo ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

$$75 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0.8 \text{ t}/\text{m}^3 = \underline{60 \text{ t}/\text{ha}}$$

massa del letame



# Esercizio 2 - Sostanza Organica

## 2) Calcolare della S.O. nel letame

b) Calcolo la s.o. nel letame

Peso del letame distribuito (t/ha) x % di s.o. del letame  
(-) x superficie (ha)

$$60 \text{ t/ha} \times 55\% \times 1 \text{ ha} =$$
$$= 60 \text{ t/ha} \times 0.55 \times 1 \text{ ha} = \underline{33 \text{ t}}$$

s.o. distribuita con il letame



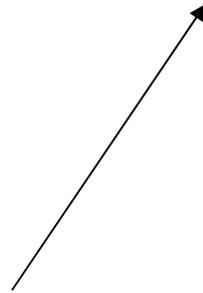
## Esercizio 2 - Sostanza Organica

3) Calcolare la nuova S.O. del suolo

a) Nuova s.o. nel suolo

s.o. presente nel suolo (prima dell'intervento) + s.o. distribuita

$$61.75 \text{ t} + 33 \text{ t} = \underline{94.75 \text{ t}}$$



s.o. nel terreno dopo l'intervento

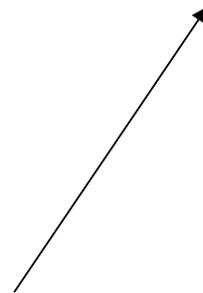


## Esercizio 2 - Sostanza Organica

3) Calcolare la nuova S.O. del suolo

b) Percentuale di s.o. nel suolo dopo l'intervento  
(s.o. nel terreno dopo l'intervento / peso terreno) x 100

$$(94.75 \text{ t} / 3250 \text{ t}) \times 100 = \underline{2.91\%}$$



Risultato finale



## Esercizio 3 - Concimazione minerale

---

Si suppone di voler distribuire in copertura a una coltura di Mais 150 kg/ha di N su una superficie di 2.5 ha. Quanti kg di urea sono necessari?



# Esercizio 3 - Concimazione minerale

## Dati del problema

150 kg/N= dose di azoto minerale

2.5 ha = superficie da concimare

??? = titolo dell'urea

## Domanda

Quanta urea è necessaria?



# Esercizio 3 - Concimazione minerale

## 2) Calcolo dose di urea a ettaro

Dose N (kg/N) / titolo concime % (-)

$$150 \text{ kg N/ha} / 46\% = 150 \text{ kg/ha} / 0.46 = \underline{326 \text{ kg}}$$

Quantità di Urea a ettaro



## Esercizio 3 - Concimazione minerale

2) Calcolo del quantitativo totale di urea

Dose urea (kg/ha) x Superficie totale (ha)

$$326 \text{ kg/ha} \times 2.5 \text{ ha} = \underline{815 \text{ kg}}$$

Quantità di Urea

