



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI AGRARIA

ESERCITAZIONE ECOLOGIA AGRARIA

ValorE - Sistema Esperto aziendale

30-11-2011

# Sistema esperto ValorE /1

Sistemi esperti per la **Valorizzazione** degli **Effluenti** di allevamento, la salvaguardia ambientale e la tutela del territorio Lombardo

Sistema Esperto (S.E.): strumento in grado di contenere specifiche conoscenze relative a un dominio conoscitivo circoscritto e di formulare soluzioni a problemi inerenti quel dominio. In un S.E. sono raccolte le migliori tecniche disponibili.



# Sommario

---

- Gli effluenti di allevamento
- La filiera degli effluenti di allevamento
- La normativa vigente
- Sistema esperto ValorE
  - Simulatore aziendale



# Gli effluenti di allevamento /1

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)



# Gli effluenti di allevamento /2

## CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE DEGLI E.A.

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

Quantità,  
consistenza,  
N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O

Eventuale  
lettiera (paglia,  
stocchi), C/N

Acque di  
diluizione  
concentrazione  
elementi

Variazione delle  
caratteristiche



# Gli effluenti di allevamento /3

## 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. Sostanza secca inferiore al 20%, ne consente il pompaggio; stoccati in grosse vasche.
  - Liquame: con o senza materiale di lettiera più o meno diluito



# Gli effluenti di allevamento /4

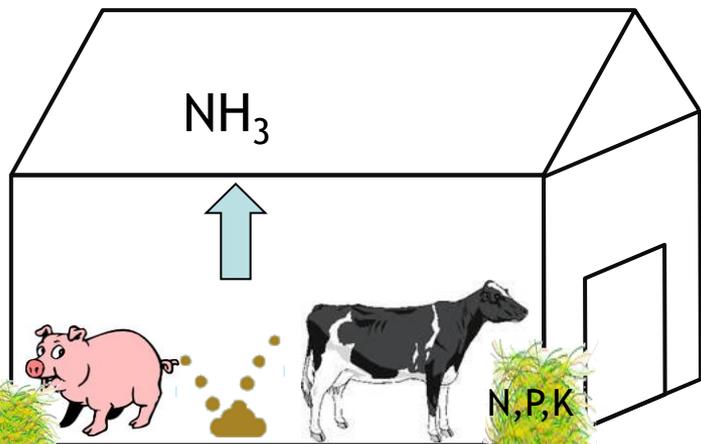
L  
I  
Q  
U  
A  
M  
E

	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

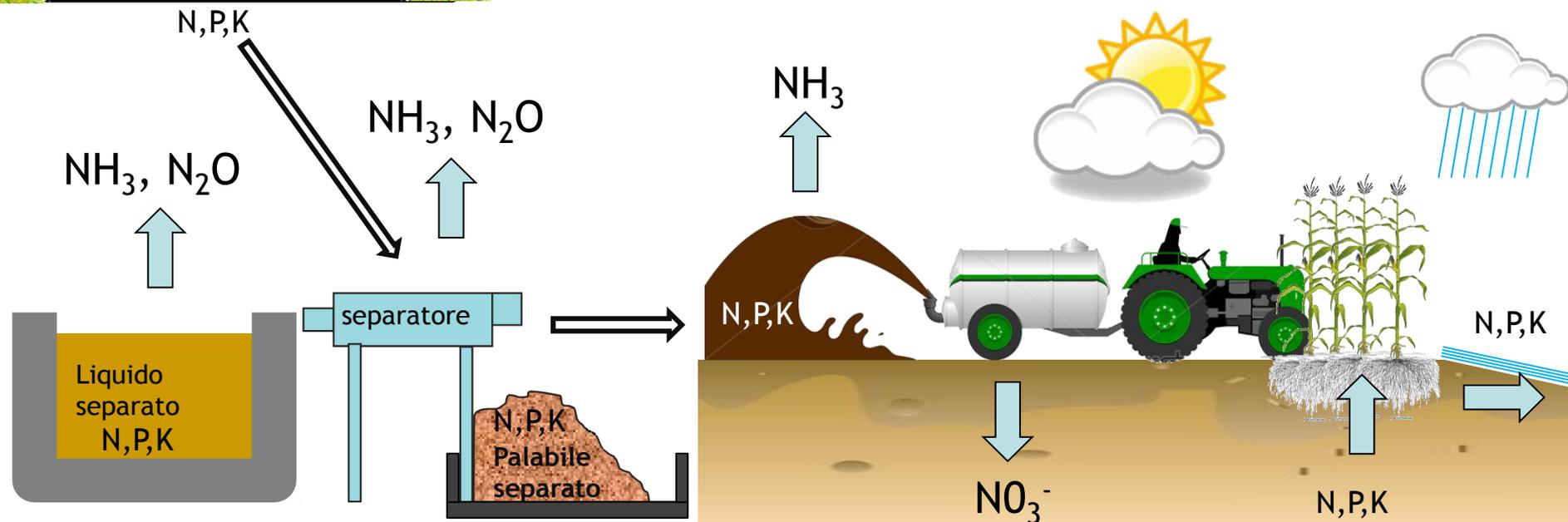
L  
E  
T  
A  
M  
E



# Filiera degli e.a. /1



- alimentazione
- stoccaggio
- trattamento
- distribuzione
- agronomica



# Filiera degli e.a. /2

## PROBLEMATICHE

- Lisciviazione dei nitrati verso il sottosuolo
- Volatilizzazione dell'ammoniaca verso l'atmosfera
- Emissione di ossidi di azoto verso l'atmosfera
- Perdita per erosione di N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$

## CAUSE

- Elevato carico zootecnico
- Utilizzazione degli e.a “scorretta” o non attenta (epoche, modalità e quantità)

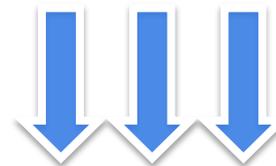


# La legislazione vigente /1

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)





Regione Lombardia  
Agricoltura

Home

Informazioni

Query predefinite

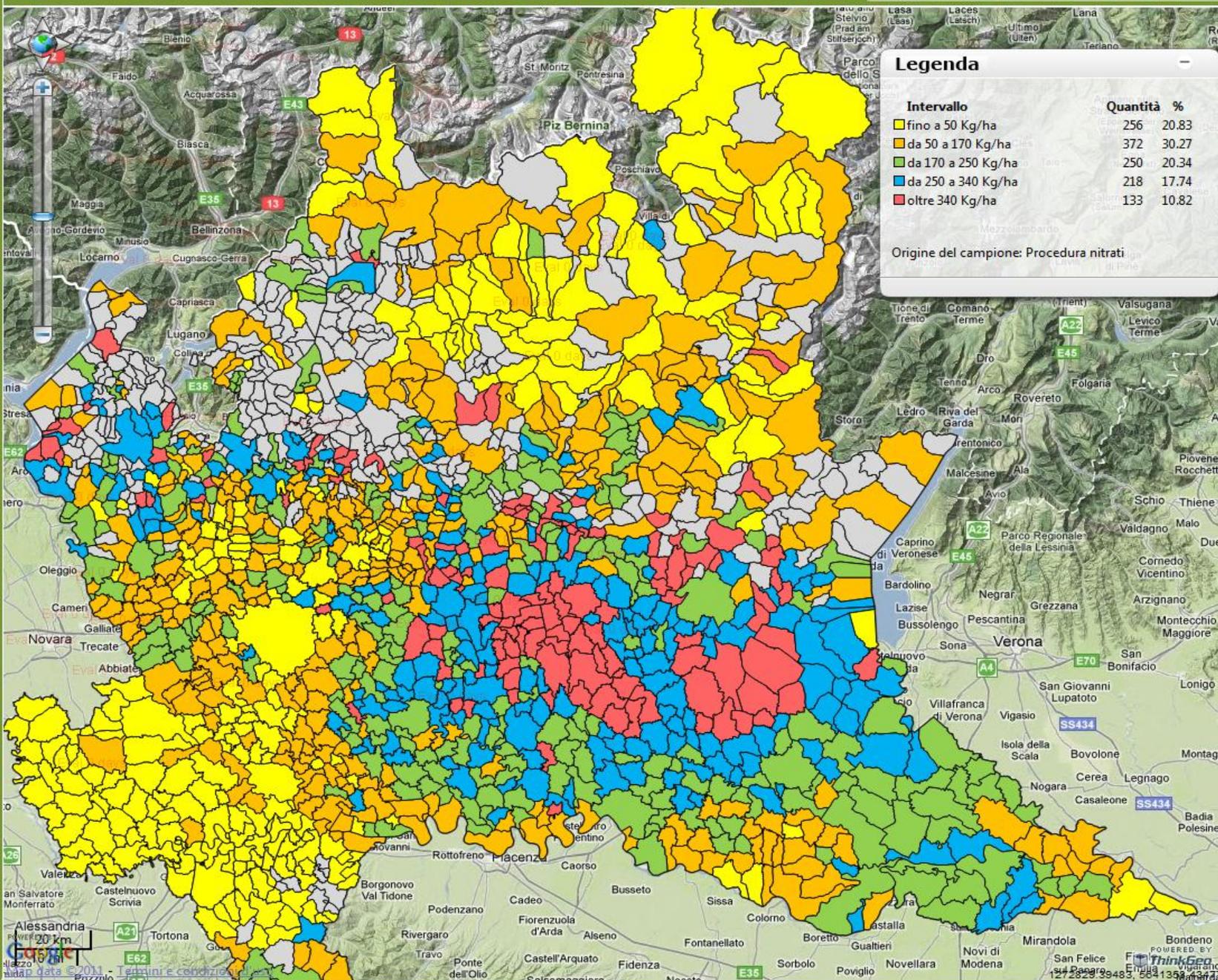
Query libere

Scenari predefiniti

Scenario libero

Contatti

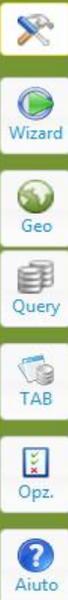
## Carico di azoto organico su SAU totale [Tutte le aziende] +



### Legenda

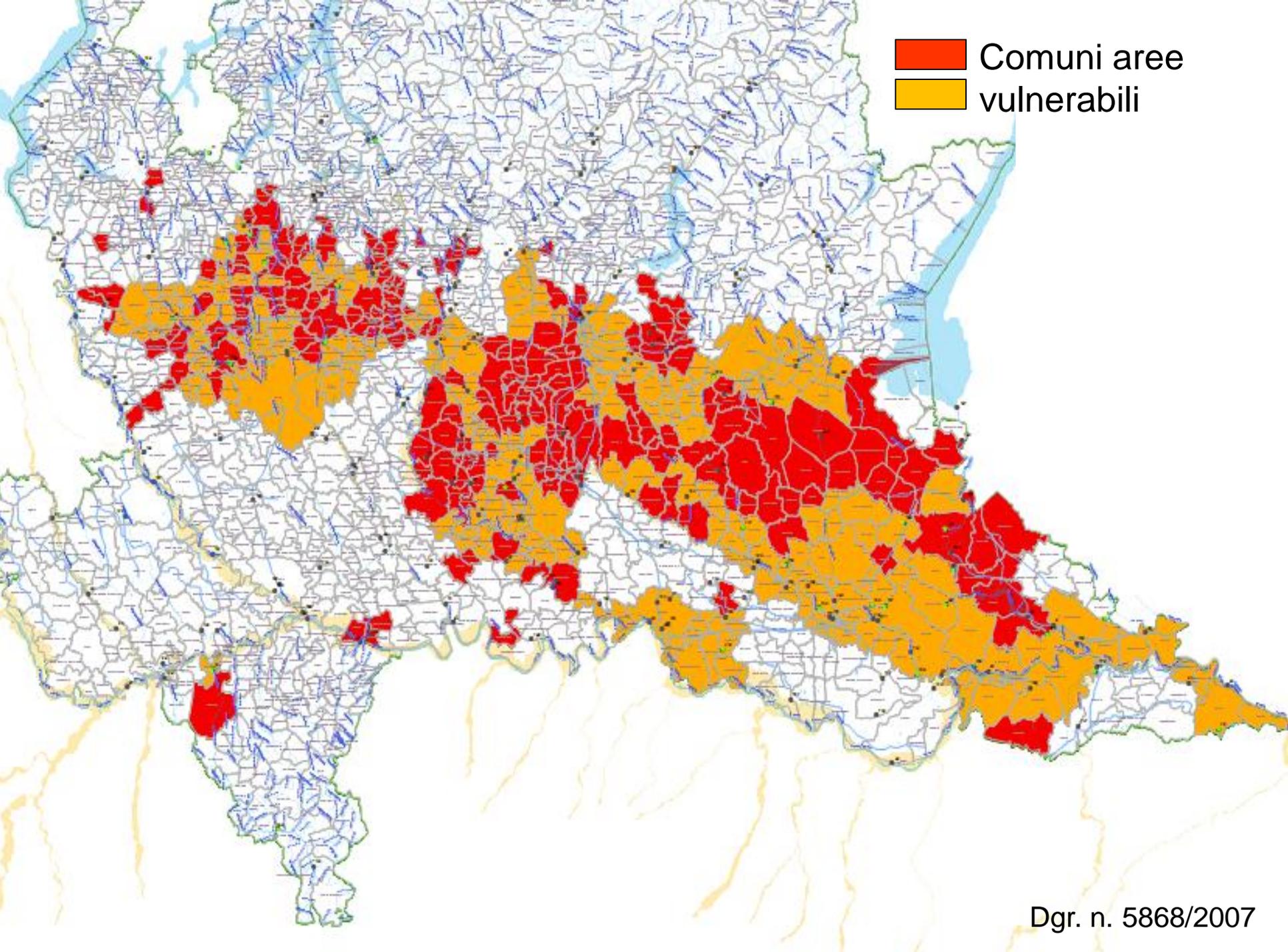
Intervallo	Quantità	%
fino a 50 Kg/ha	256	20.83
da 50 a 170 Kg/ha	372	30.27
da 170 a 250 Kg/ha	250	20.34
da 250 a 340 Kg/ha	218	17.74
oltre 340 Kg/ha	133	10.82

Origine del campione: Procedura nitrati



Sviluppato da:





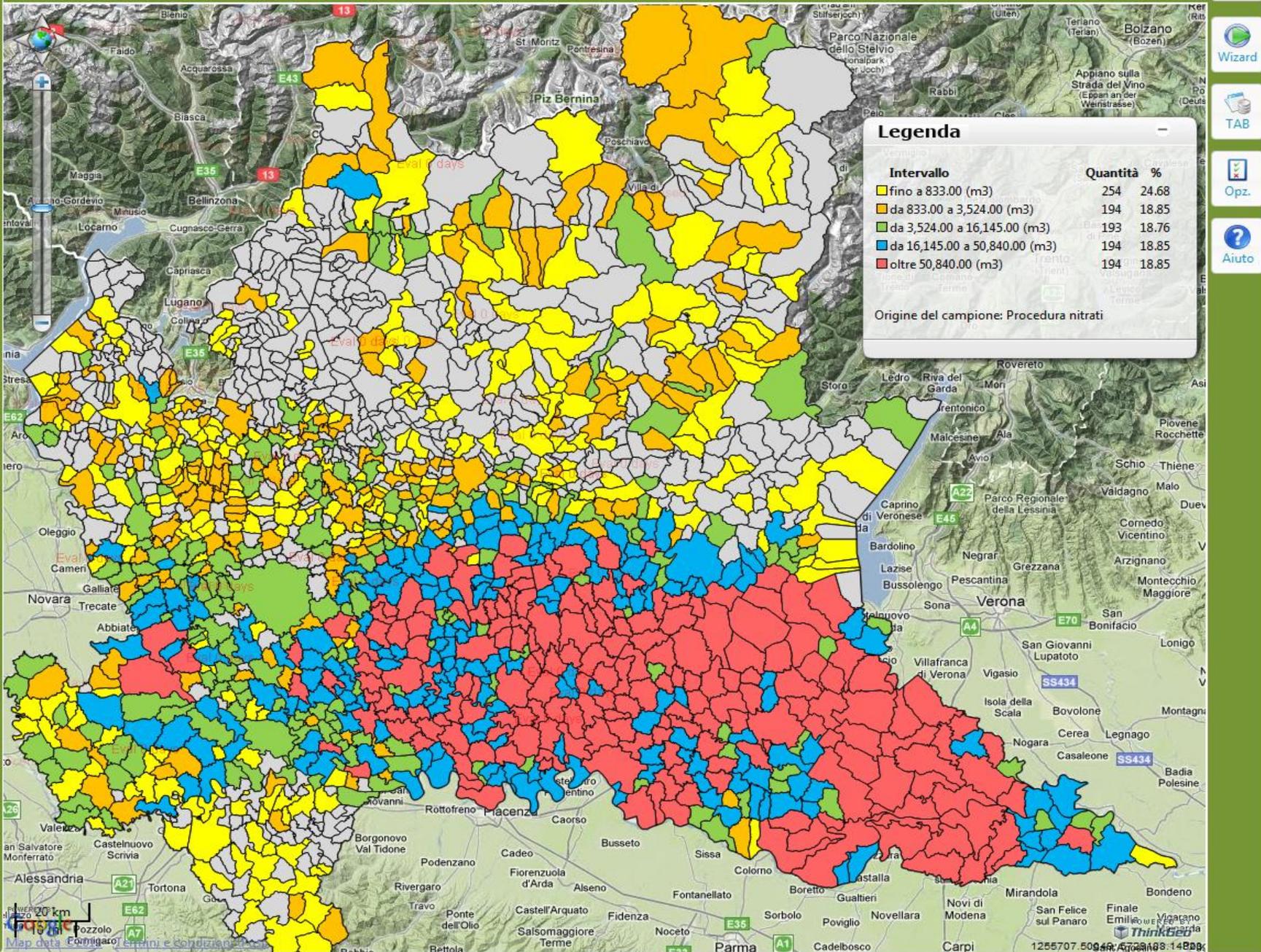
Comuni aree  
vulnerabili

**Regione Lombardia**  
Agricoltura

- Home
- Informazioni
- Query predefinite
- Query libere
- Scenari predefiniti
- Scenario libero
- Contatti

## Somma di Liquidi totali azienda (m3) +

Map navigation icons: Home, Back, Forward, Search, Layers, Full Screen, Print, Help, etc.



Sviluppato da:  
**INFORMATICA AMBIENTALE**

Wizard  
TAB  
Opz.  
Aiuto

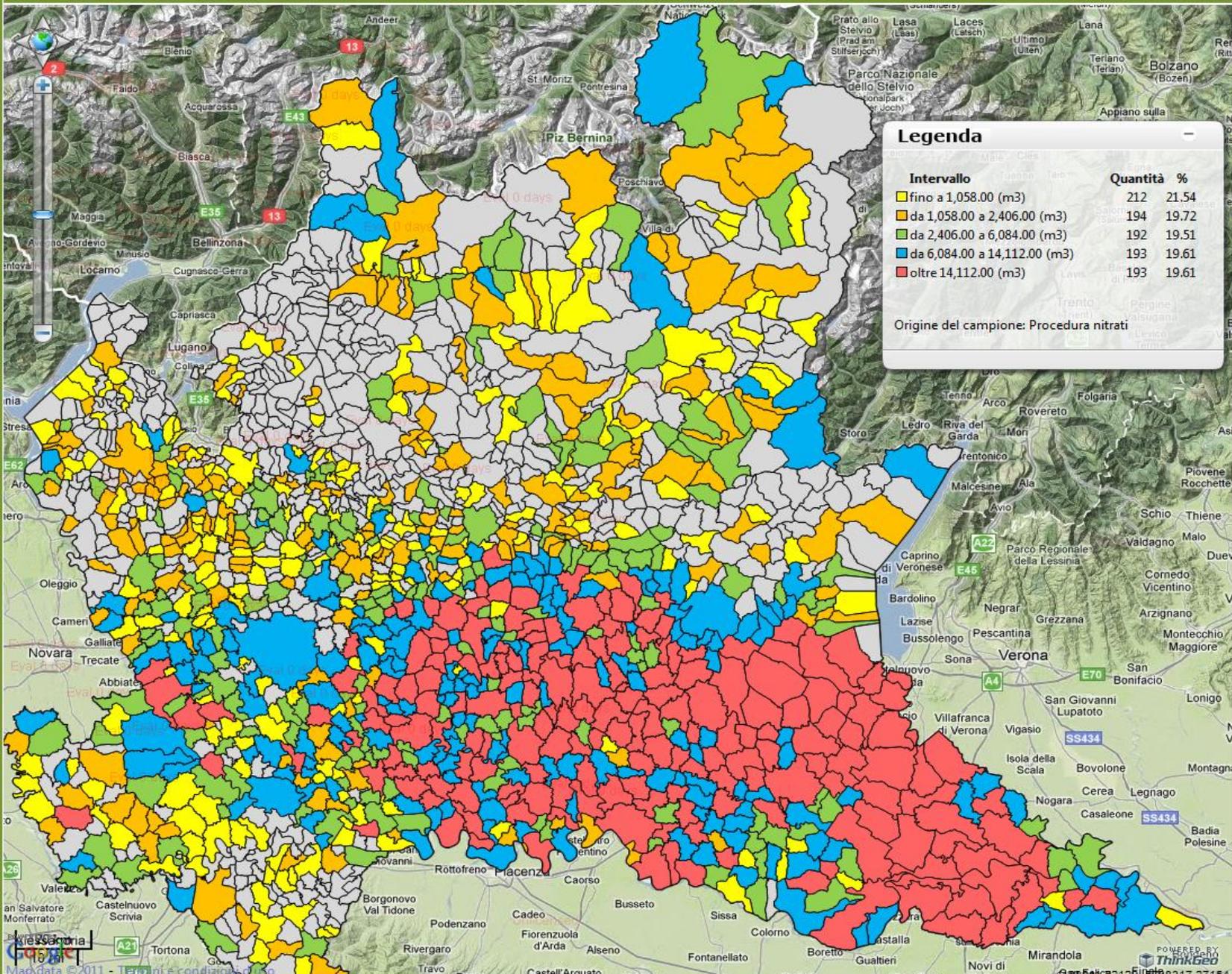
Map data: OpenStreetMap contributors, Imagery: Mapbox, Esri, DeLorme, GeoEye, etc.

**Regione Lombardia**  
Agricoltura

- Home
- Informazioni
- Query predefinite
- Query libere
- Scenari predefiniti
- Scenario libero
- Contatti

## Somma di Solidi totali azienda (m3) +

Navigation icons: Home, Back, Forward, Search, Print, Full Screen, Refresh, Help, etc.



### Legenda

Intervallo	Quantità	%
fino a 1,058.00 (m3)	212	21.54
da 1,058.00 a 2,406.00 (m3)	194	19.72
da 2,406.00 a 6,084.00 (m3)	192	19.51
da 6,084.00 a 14,112.00 (m3)	193	19.61
oltre 14,112.00 (m3)	193	19.61

Origine del campione: Procedura nitrati

# La legislazione vigente /3

## Obblighi alle aziende (strutture e distribuzione):

- *Quantitativi massimi di azoto di origine zootecnica*
  - 170 kg N/ha zone vulnerabili
  - 340 kg N/ha zone 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<sub>3</sub>)*
  - interramento non oltre le 24 ore

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /4

Obblighi alle aziende (documentazione):

- *Presentazione POA/POAs*
- *Presentazione PUA/PUAs*

Classi azoto totale (kg N)	localizzazione azienda	
	non vulnerabile	vulnerabile
0-1000	esonero	esonero
1000-3000	esonero	POAs
3000-6000	POAs	POA+PUAs
>6000	POA+PUAs	POA+PUA
Ulteriore casistica		
> 500 UBA	POA+PUA	POA+PUA
>2000 suini ingrasso	POA+PUA	POA+PUA
>750 scrofe		
>40.000 avicoli		

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /5

---

## POAs (Piano Operativo Aziendale semplificato)

- SAU aziendale con dettaglio delle particelle catastali
- Consistenza, specie e categorie animali allevati
- Impianti di mungitura e acque di diluizione
- Capacità e caratteristiche degli stoccaggi

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /6

## POA (Piano Operativo Aziendale)

- SAT aziendale con dettaglio delle particelle catastali
- Individuazioni gruppi gestionali (insieme di particelle omogenei per coltura, suolo e pratiche agronomiche)
- Consistenza, specie e categorie animali allevati
- Tipologia di stabulazione per specie e categoria
- Modalità di rimozione delle deiezioni
- Impianti di mungitura e acque di diluizione
- Caratteristiche trattamenti e.a.
- Capacità e caratteristiche degli stoccaggi
- Quantità e caratteristiche e.a. acquistati
- Caratteristiche macchine per la distribuzione

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /7

## PUAs (Piano Utilizzo Agronomico semplificato)

- POA
- Dosi, modalità e tempi di distribuzione di e.a. per gruppi gestionali
- Quantità di fertilizzanti minerali e altri tipi di ammendanti utilizzati
- Fabbisogni prevedibili delle colture

## BILANCIO COMPLESSIVO DELL'AZOTO AZIENDALE (apporti-asporti)

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /8

## PUA (Piano Utilizzo Agronomico)

- POA
- Dosi, modalità e tempi di distribuzione di e.a. per gruppi gestionali calcolata mediante l'equazione del bilancio
- Quantità e epoche di distribuzione di fertilizzanti minerali e altri tipi di ammendanti utilizzati

## BILANCIO COMPLESSIVO DELL'AZOTO AZIENDALE

$$N_c + N_f + A_n + (K_c F_c) + (K_o F_o) = (Y \times b)$$

$N_c$  = N da precedenti residui colturali

$N_f$  = N dalle fertilizzazioni organiche  
dell'anno precedente

$A_n$  = N da apporti naturali

$F_c$  = N da concime chimico

$K_c$  = efficienza concime chimico

$F_o$  = N da concime organico

$K_o$  = efficienza concime organico

$Y$  = resa

$b$  = asporti unitari

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /9

Tabelle normative per il calcolo:

- N al campo
- $P_2O_5$
- $K_2O$
- quantitativi di liquame e letami prodotti
- trattamenti

Per specie e  
categoria

Per tipologia di  
stabulazione

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /10

TABELLA 2 – Azoto prodotto da animali di interesse zootecnico: valori al campo per anno al netto delle perdite per emissioni di ammoniaca; ripartizione dell'azoto tra liquame e letame

Categoria animale e tipologia di stabulazione	Azoto al campo (al netto delle perdite)			
	Totale		nel liquame kg/t p.v. / anno	nel letame (a) kg/t p.v. / anno
	kg / capo / anno	kg/t p.v. / anno		
<b>Suini: scrofe con suinetti fino a 30 kg p.v. (b)</b> • stabulazione senza lettiera • stabulazione su lettiera	26,4	101	101	101
<b>Suini: accrescimento/ingrasso (b)</b> • stabulazione senza lettiera • stabulazione su lettiera	9,8	110	110	110
<b>Vacche in produzione (latte) (peso vivo: 600 kg/capo) (c)</b> • fissa o libera senza lettiera • libera su lettiera permanente • fissa con lettiera, libera su lettiera inclinata • libera a cuccette con paglia (groppa a groppa) • libera a cuccette con paglia (testa a testa)	83	138	138 62 39 85 53	76 99 53 85
<b>Rimonta vacche da latte (peso vivo: 300 kg/capo) (d)</b> • libera in box su pavimento fessurato • libera a cuccette senza paglia o con uso modesto di paglia • fissa con lettiera • libera con lettiera permanente solo in zona riposo (asportazione a fine ciclo) • libera con lettiera permanente anche in zona di alimentazione; libera con lettiera inclinata • vitelli su pavimento fessurato • vitelli su lettiera	36,0	120	120 120 26 61 17 120 20	94 59 103 100

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /11

**TABELLA 1 – Effluenti zootecnici: quantità di effluente prodotta per peso vivo e per anno in relazione alla tipologia di stabulazione**

Categoria animale e tipologia di stabulazione	p.v. medio (kg/capo)	Liquame (m <sup>3</sup> / t p.v. / anno)	Letame o materiale palabile		Quantità di paglia (kg/t p.v./ giorno)
			(t/t p.v. / a)	(m <sup>3</sup> / t p.v. / a)	
<b>BOVINI</b>					
<b>VACCHE E BUFALINI DA LATTE IN PRODUZIONE</b>					
• Stabulazione fissa con paglia	600	9,0	26	34,8	5,0
• Stabulazione fissa senza paglia		33			
• Stabulazione libera su lettiera permanente		14,6	22	45,0	1,0
• Stabulazione libera su cuccetta senza paglia		33			
• Stabulazione libera con cuccette con paglia (groppa a groppa)		20	15	19,0	5,0
• Stabulazione libera con cuccette con paglia (testa a testa)		13	22	26,3	5,0
• Stabulazione libera a cuccette con paglia totale (anche nelle aree di esercizio)		9,0	26	30,6	5,0
• Stabulazione libera su lettiera inclinata		9,0	26	37,1	5,0
<b>RIMONTA VACCHE DA LATTE, BOVINI E BUFALINI ALL'INGRASSO</b>					
• stabulazione fissa con lettiera	300-350 <sup>(1)</sup>	5,0	22	29,9	5,0
• stabulazione libera su fessurato	300-350 <sup>(1)</sup>	26,0			

Dgr. n. 5868/2007



# La legislazione vigente /10

**TABELLA 3 – Perdite di azoto volatile, in percentuale dell'azoto totale escreto, e ripartizione percentuale dell'azoto residuo tra frazioni liquide e solide risultanti da trattamenti di liquami suinicoli**

LINEE DI TRATTAMENTO	Perdite di azoto volatile %	Partizione % dell'N netto al campo nelle frazioni separate	
		Solide	Liquide
1. Stoccaggio a 120-180 giorni del liquame tal quale – efficienza media	28		100
– efficienza massima			
2. Separazione frazioni solide grossolane (vagliatura) + stoccaggio – efficienza media	28	6	94
– efficienza massima	31	13	87
3. Separazione frazioni grossolane (vagliatura) + ossigenazione del liquame + stoccaggio – efficienza media	42	8	92
– efficienza massima	48	16	84
4. Separazione meccanica frazioni solide (centrifuga e nastropressa) + stoccaggio – efficienza media	28	30	70
– efficienza massima	38	30	70
5. Separazione meccanica frazioni solide (centrifuga + nastropressa) + ossigenazione della frazione liquida chiarificata + stoccaggio – efficienza media	42	37	63
– efficienza massima	46	34	66
6. Separazione meccanica frazioni solide (centrifuga + nastropressa) + trattamento aerobico a fanghi attivi della frazione liquida chiarificata + stoccaggio – efficienza media	71	73	27
– efficienza massima	77	67	33

Dgr. n. 5868/2007



# Sistema esperto ValorE /1

Sistemi esperti per la **Valorizzazione** degli **Effluenti** di allevamento, la salvaguardia ambientale e la tutela del territorio Lombardo

Sistema Esperto (S.E.): strumento in grado di contenere specifiche conoscenze relative a un dominio conoscitivo circoscritto e di formulare soluzioni a problemi inerenti quel dominio. In un S.E. sono raccolte le migliori tecniche disponibili.

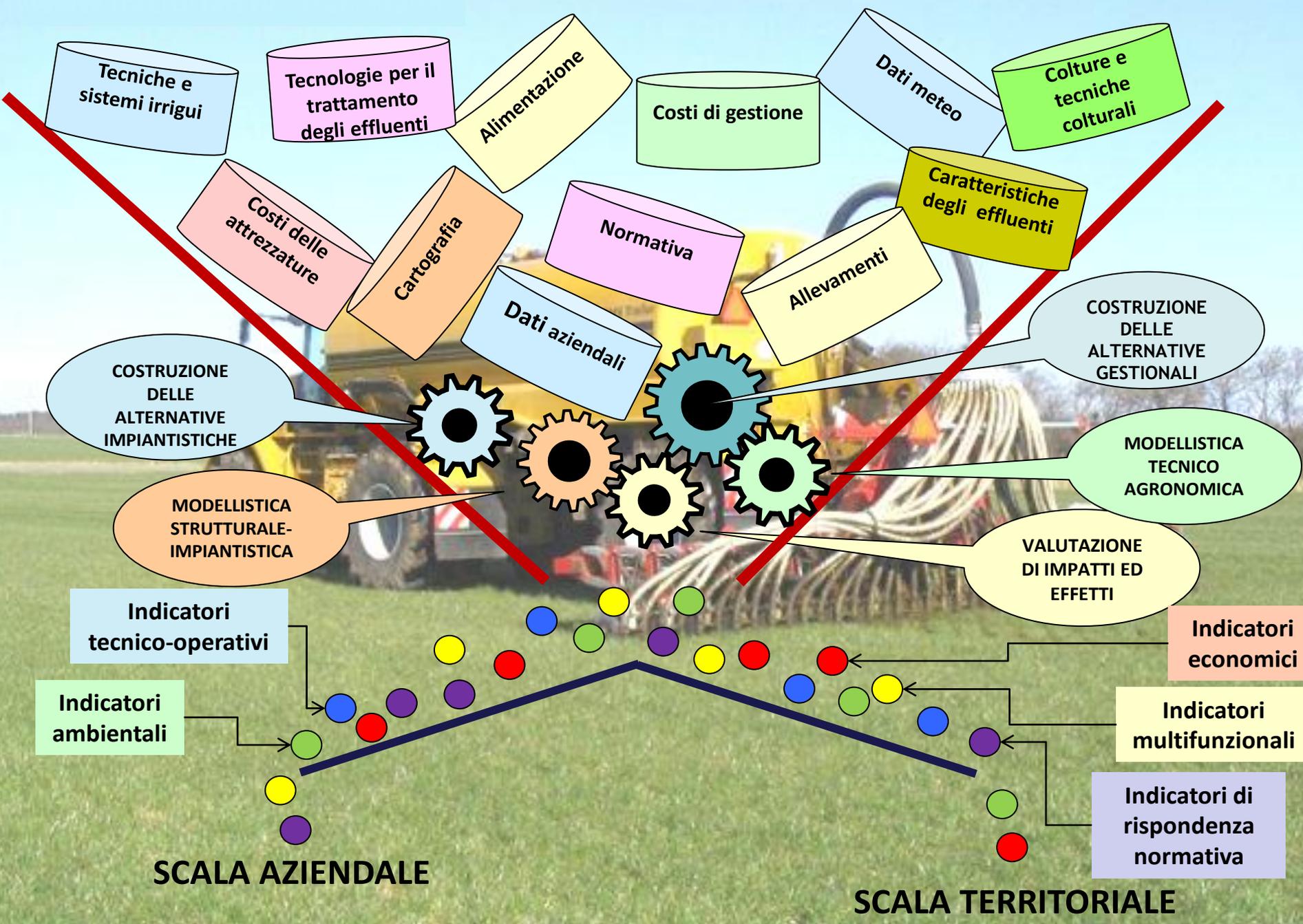


# Sistema esperto ValorE /2

## OBIETTIVI

1. Sviluppare un Sistema Esperto che permetta di simulare l'intera filiera di produzione degli effluenti di allevamento di una azienda agricola dalla produzione fino all'asportazione dell'azoto da parte delle colture e agli eventuali rilasci nell'ambiente;
2. consentire la configurazione razionale di scenari alternativi e la simulazione degli effetti degli stessi su una situazione preesistente fornendo strumenti utili alla valutazione dei risultati sotto i diversi aspetti tecnico agronomici, ambientali ed economici;
3. valutare le conseguenze dei rilasci di azoto e fosforo in termini diretti e indiretti;
4. Operare a diverse scale: aziendale, consortile, comunale, provinciale.





# Sistema esperto ValorE /2

Sono stati prodotti due sistemi esperti:

- **A scala territoriale:** uno strumento di analisi degli impatti sul territorio a seguito di interventi delle autorità politiche a livello regionale, provinciale, comunale o consortile;
- **A scala aziendale:** uno strumento che consenta di analizzare la situazione presente della gestione dei reflui zootecnici e di verificare a priori gli effetti di modifiche apportate nelle diverse fasi della filiera di produzione e della introduzione di alternative strutturali.



**A chi è rivolto:**

Imprenditori agricoli, tecnici delle amministrazioni pubbliche, agronomi e studi professionali, tecnici in genere.



# Sistema aziendale - Struttura

La struttura del prodotto ripercorre tutte le fasi della filiera di produzione e gestione degli effluenti di allevamento. Quindi analizza:

- la tipologia di animali allevati, le loro modalità di allevamento (stabulazione) e la razione animale (contenuto proteico);
- le diverse tecnologie di trattamento;
- le caratteristiche e le dimensioni degli impianti di stoccaggio;
- le epoche e le modalità della distribuzione dell'azoto al campo e relative tecnologie (macchinari e modalità operative) coinvolte;
- i principali sistemi colturali adottati;
- la dinamica delle unità azotate distribuite, che include emissioni in atmosfera, lisciviazione nel suolo e l'assorbimento da parte delle colture.



# Sistema aziendale - Caratteristiche

- ❑ Facilità di comprensione dell' interfaccia utente e della struttura del software (filiera di produzione);
- ❑ velocità di prelievo dei dati del data base regionale (Siarl);
- ❑ velocità di calcolo delle simulazioni ( lavoro in locale e non in remoto);
- ❑ ottenimento di una serie di indicatori che rappresentano sinteticamente la situazione simulata;
- ❑ disponibilità di una serie di soluzioni predefinite in alcune fasi della gestione degli effluenti con verifica immediata degli effetti sulla realtà aziendale;
- ❑ controllo della congruità dei dati prelevati dal Siarl;
- ❑ possibilità di simulare l'insieme di più aziende al fine di ipotizzare consorzi per impianti di trattamento.



# Sistema aziendale - Caratteristiche

## APPROCCIO NORMATIVO

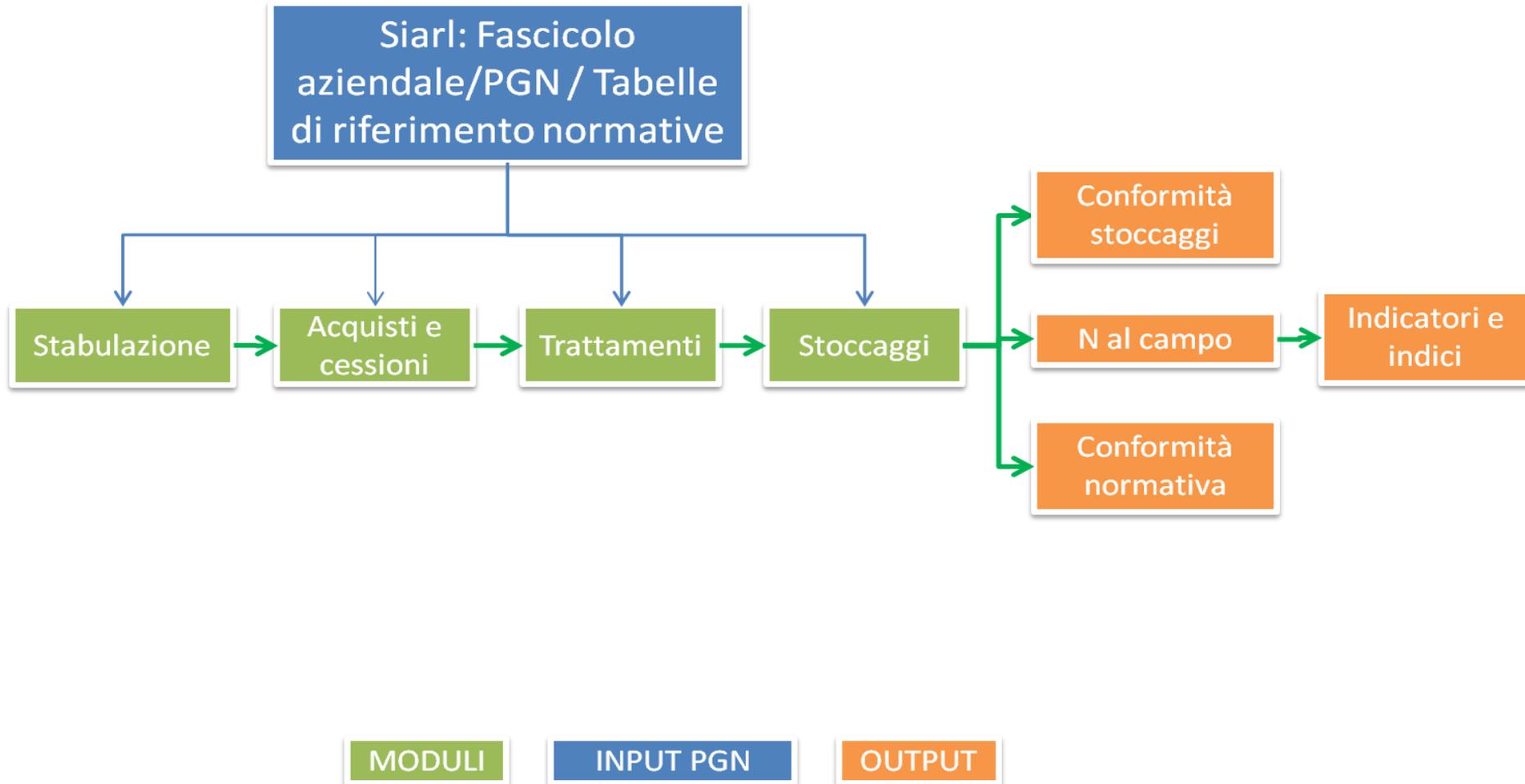
Il sistema preleva i dati dalla banca dati regionale (Siarl) e ricalcola i dati di compatibilità nitrati e conformità stoccaggi, così come da ultima presentazione PUA/POA in base a parametri fissati dalla normativa (il contenuto di azoto presente nel liquame e nel letame in base al peso vivo, la produzione di effluenti in base al tipo di stabulazione).

È in grado di simulare scenari alternativi conseguenti l'introduzione di modifiche alla gestione dei reflui o all'introduzione di alternative impiantistiche.

Questo approccio si ferma alla quantificazione dei reflui al campo in quanto la parte agronomica e il suo ruolo sugli effettivi rilasci di azoto verso le acque e l'atmosfera non è contemplata dalla vigente normativa.



# Sistema aziendale - Approccio normativo



# Sistema aziendale - Approccio modellistico /1

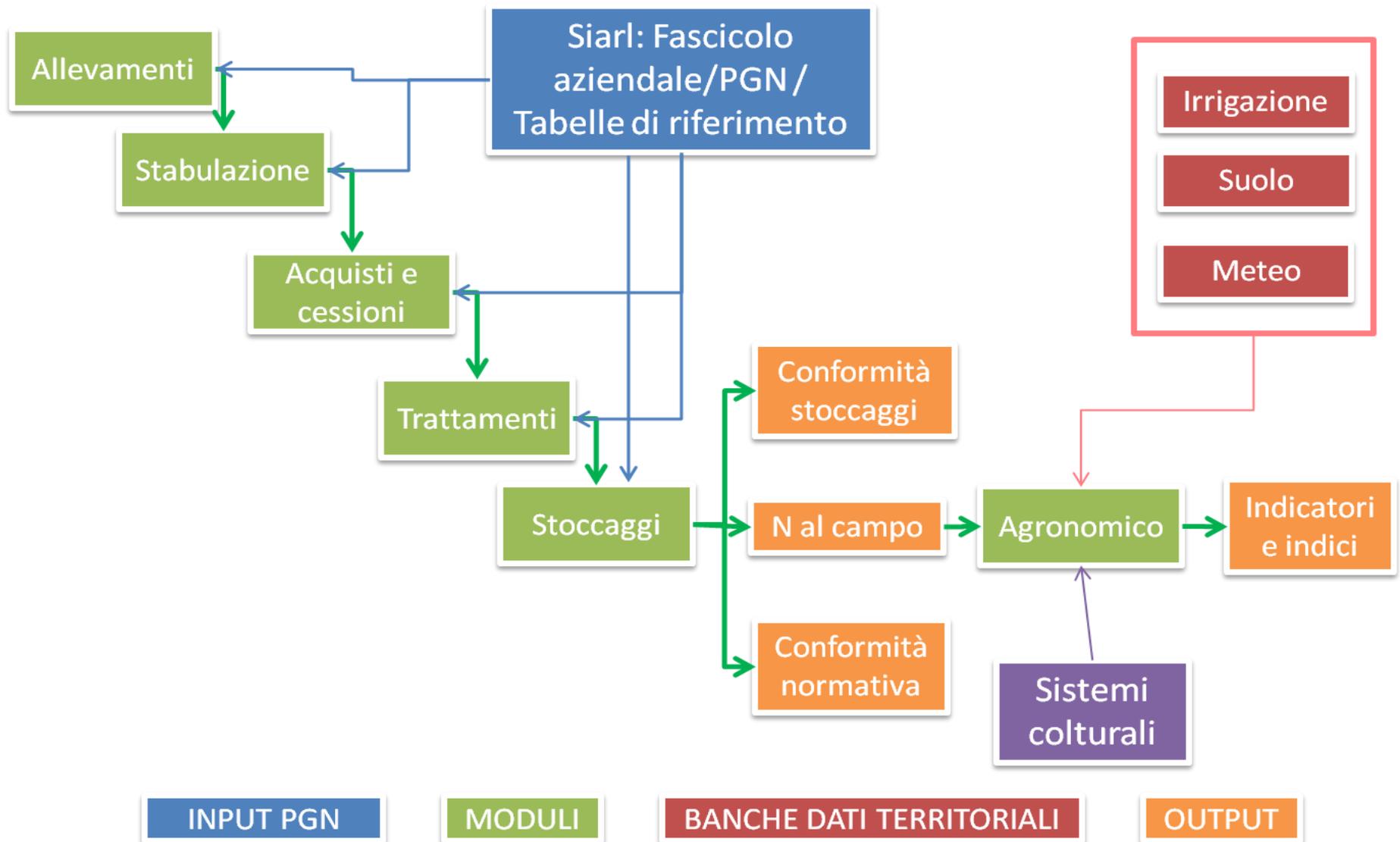
## APPROCCIO MODELLISTICO

Come nell'approccio normativo, preleva i dati dalla banca dati regionale (Siarl), ma lavora sulla base, tabelle di riferimento e dati di default di origine sperimentale o tratti dalla bibliografia scientifica nazionale ed internazionale, producendo quindi risultati più aderenti alle realtà esaminate.

Simula scenari alternativi conseguenti l'introduzione di modifiche alla gestione dei reflui o all'introduzione di alternative impiantistiche; inoltre il modulo agronomico consente di quantificare le conseguenze della distribuzione dei reflui sulle colture in termini di emissioni in atmosfera, lisciviazione in falda e assorbimento dei diversi sistemi colturali presenti in azienda.



# Sistema aziendale - Approccio modellistico /2



# Sistema aziendale - Conclusioni

Entrambi gli approcci consentono di:

- Simulare una situazione ipotetica a seguito dell'introduzione di alternative gestionali quali, ad esempio, l'adozione di colture diverse o intercalari, la modifica nel tipo di stabulazione adottato, la copertura delle vasche di stoccaggio ecc.
- Simulare gli effetti di alternative strutturali come l'introduzione di impianti di trattamento reflui di diverse tipologie e caratteristiche.
- Simulare la costituzione di un consorzio tra diverse aziende preventivamente selezionate e verificare su questa entità gli effetti dell'introduzione di un unico impianto di trattamento reflui.



# Sistema aziendale - Conclusioni

---

Il modello consente di verificare immediatamente gli effetti delle variazioni introdotte analizzandole sotto diversi aspetti: agroambientale, tecnico operativo, economico e multifunzionale.

Le diverse ipotesi formulate vengono quantificate in una serie di indicatori e indici sintetici.

In base agli indicatori prodotti l'analisi multicriteria provvede ad indicare le alternative più favorevoli sotto i diversi aspetti.



# Domande

1. In quali fasi della filiera di produzione degli e.a. avvengono perdite di N per emissioni in atmosfera ?
2. Cosa si intende per sistema esperto?
3. Quale forma di N viene tipicamente lisciviata nel suolo e perché ?
4. Quali sono le principali problematiche che riguardano la gestione degli e.a.?
5. Come si definisce l'azoto al campo?
6. Che differenza c'è tra approccio di calcolo normativo e modellistico?
7. Principali opportunità che offre il Sistema esperto Aziendale del progetto ValorE?
8. Da quali fattori dipende una corretta distribuzione alle colture degli e.a.?
9. Cosa si intende per zone vulnerabili da nitrati?
10. Quali sono i quantitativi massimi distribuibili di azoto da e.a. in Lombardia?

