

Ridurre le emissioni di ammoniaca da fertilizzanti azotati

*Nicola Colonna, Angelo Correnti, Ilaria D'Elia, Stefania Racalbuto, Magda Schimberni,
Giovanni Vialetto*

ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

Sommario

Le attività agricole contribuiscono all'inquinamento atmosferico rappresentando la principale sorgente di emissioni di ammoniaca, inquinante responsabile dei fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione a sua volta coinvolta nella formazione di polveri sottili in quanto precursore del particolato secondario. Le emissioni di ammoniaca causate dall'uso di fertilizzanti azotati rappresentano una componente non trascurabile, anche se assai spesso poco nota, delle emissioni complessive. È soprattutto l'uso di urea che fornisce un contributo rilevante alle emissioni di ammoniaca. Per ridurre tali emissioni, sarebbe pertanto necessario ridurre in primo luogo l'uso di concimi azotati ed in particolare dell'urea. Tale opzione si presenta nella realtà assai difficile da perseguire. Nel panorama dei fertilizzanti però, sono disponibili nuovi prodotti e nuove tecniche di impiego, che pur nascendo con finalità diverse dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico, si caratterizzano comunque per la loro capacità di ridurre l'impatto sull'ambiente. Nel presente articolo, sono esaminate tre diverse modalità di riduzione dell'impiego di fertilizzanti azotati, valutando per ognuna di esse le potenziali emissioni "evitate" di ammoniaca. Lo studio è stato realizzato nell'ambito della Convenzione con il Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare relativa alla predisposizione di scenari per la valutazione delle riduzioni delle emissioni di ammoniaca e delle misure per la tutela della qualità dell'aria a livello regionale.

Abstract

Ammonia emissions are one of the main causes of acidification and eutrophication processes, and one of the most important contributors to the formation of secondary PM. The European NEC directive 2001/81/CE introduced compulsory national emission ceiling for different pollutants and fixed for each countries a national ceiling for ammonia emissions to be reached in 2010. Agriculture plays a crucial role by emitting more than 90% of the total ammonia emissions. The main sources are livestock and fertilizer uses. In our activities we have studied the effects of different strategies to reduce Nitrogen fertilizer use and specifically Urea in Italy at the year 2010 and 2020. Different measures and techniques have been evaluated to estimate their effects as potential options to mitigate emissions: fertirrigation, controlled release of fertilizers and biological agriculture. Each one of this option has been evaluated in terms of NH₃ emission abatement showing that they could together provide good results in reducing ammonia air emissions.

Introduzione

L'ammoniaca (NH_3), insieme al biossido di zolfo (SO_2) e agli ossidi di azoto (NO_x), fornisce un contributo significativo ai fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione ed è un precursore del particolato secondario. Rispetto agli altri inquinanti, l'ammoniaca ha però ricevuto una minore attenzione riflessasi nell'assenza di una normativa di riferimento. Tuttavia la sua importanza è destinata a crescere poiché il contributo all'acidificazione da parte di altri inquinanti sta diminuendo e sta crescendo l'attenzione rivolta al suo contributo all'eutrofizzazione e alla formazione di particelle secondarie.

Attualmente la normativa di riferimento per la riduzione delle emissioni di ammoniaca è rappresentata dal D. Lgs. 21 maggio 2004, n. 171 "Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici", che fissa per l'ammoniaca il limite nazionale di emissione di 419 kt annue da raggiungere entro il 2010 allo scopo di "tutelare l'ambiente e la salute umana dagli effetti nocivi causati dall'acidificazione, dalla eutrofizzazione del suolo e dalla presenza di ozono al livello del suolo" (art. 1). Tale direttiva ha sostanzialmente reso vincolante il tetto alle emissioni di ammoniaca stabilito in ambito UNECE, con il protocollo della Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a grande distanza per la riduzione dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono troposferico, firmato a Göteborg il 1 dicembre 1999. Il protocollo, cui la Comunità Europea ha aderito con la decisione 2003/507/CE, prevede infatti al 2010 per l'Italia un tetto alle emissioni di NH_3 di 419 kt annue, identico a quello fissato dalla Direttiva NEC. Tale norma si riferisce alle emissioni di ammoniaca in generale, senza specificare i settori su cui intervenire, concedendo una estrema flessibilità agli Stati membri sulla scelta dei settori su cui attuare interventi di riduzione, fermo restando il rispetto del solo obbligo di un tetto alle emissioni complessive. Alla direttiva NEC si può affiancare la direttiva 96/61/CE, meglio nota come direttiva IPPC, relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento attuata in Italia con il D. Lgs. 18 febbraio, n. 59, che però, come indicato nell'allegato 1 punto 6.6, riguarda esclusivamente gli allevamenti zootecnici intensivi suinicoli (2.000 posti suini da produzione (30 kg) o 750 posti scrofe) ed avicoli (con più di 40.000 posti pollame). Il Ministero delle Politiche Agricole ha inoltre approvato con il decreto del 19 aprile 1999 il Codice di Buona Pratica Agricola (CBPA). Tale codice si riferisce in particolare alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonte agricola. La sua adozione potrà però avere ripercussioni positive anche sulle emissioni di ammoniaca, in quanto il CBPA prevede un uso più razionale dei fertilizzanti azotati, nuove tecniche di allevamento con l'introduzione di sistemi di ricovero animali e di stoccaggio degli effluenti a minor emissività, nuove tecniche di nutrizione animale che prevedono l'adozione di diete a minor contenuto di azoto e miglioramento delle tecniche di spandimento degli effluenti.

Da questa breve panoramica normativa si evince come ancora molto possa essere emanato in ambito legislativo per regolare il settore agricolo ed in particolare l'uso dei fertilizzanti.

Scopo del presente articolo è mostrare l'importanza rivestita dal ruolo dei fertilizzanti azotati relativamente alle emissioni di NH_3 e all'impatto sull'ambiente e indagare la possibilità di introdurre nuove tecniche e soluzioni per ridurre tale impatto che, se opportunamente introdotte e facilitate, potrebbero configurarsi anche come una grande opportunità di sviluppo economico e scientifico.

Le emissioni di ammoniaca

Le emissioni di ammoniaca sono riportate nell'inventario nazionale delle emissioni realizzato e gestito dall'APAT. Esaminando le emissioni relative all'anno 2000 (APAT, 2000), riportate in

figura 1, si può osservare come il settore agricolo rappresenti da solo la quasi totalità delle emissioni di ammoniaca, con un contributo pari al 95% delle emissioni totali. La figura 1 mostra, infatti, che nel 2000 le emissioni di ammoniaca provengono per il 77% dal settore zootecnico, per il 18% dall'uso di fertilizzanti azotati, per il 3% dal settore dei trasporti su strada e per il 2% dal trattamento dei rifiuti.

In particolare il 51% delle emissioni totali proviene dagli allevamenti di bovini, a cui seguono con il 10% le emissioni originate dagli allevamenti suinicoli e con il 9% quelle provenienti dagli allevamenti avicoli, mentre le emissioni causate dal consumo di fertilizzanti sono costituite quasi essenzialmente dal consumo di urea che da sola incide per il 14%.

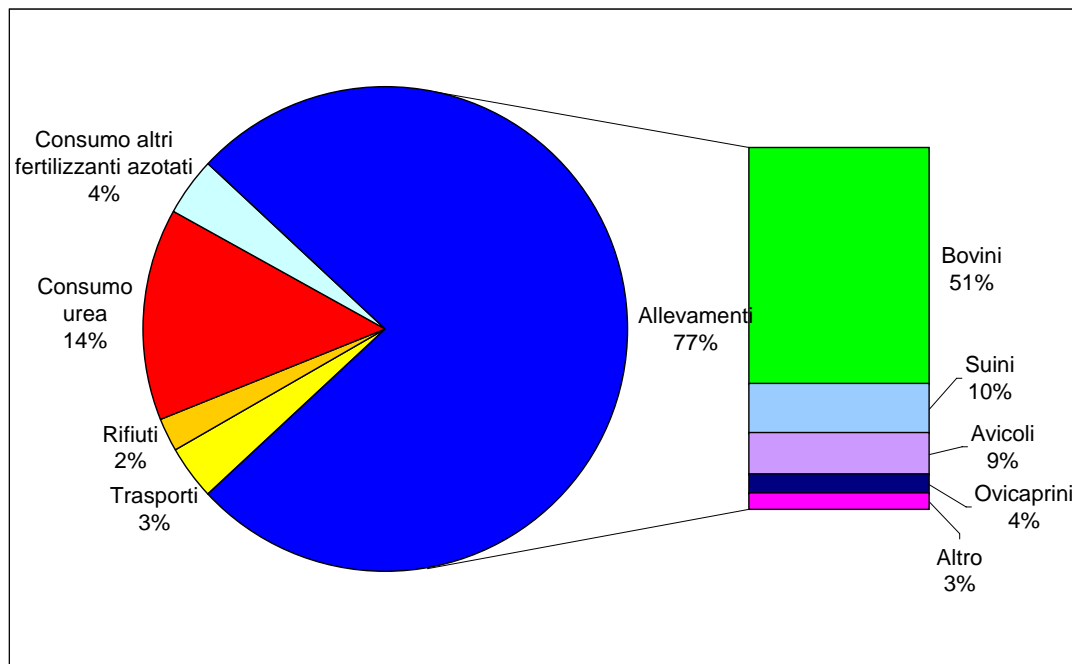


Figura 1 – Emissioni totali nazionali di NH₃ al 2000 per settore (fonte APAT).

Dall'osservazione della figura 1 emerge l'importanza del contributo dei fertilizzanti azotati alle emissioni di ammoniaca, che invece in molti casi viene ancora trascurato.

Tale tendenza è confermata più o meno inalterata anche nel breve – medio periodo, come si può constatare dall'esame dello scenario emissivo di NH₃ elaborato da ENEA ed APAT (D'Elia *et al*, 2007) e riportato in figura 2.

In figura 2 si può osservare lo scenario relativo alle emissioni di ammoniaca calcolato da ENEA ed APAT con il modello di valutazione integrata RAINS-Italia (*Regional Air Pollution Information and Simulation*) sulla base della legislazione attuale vigente (Current LEgislation., CLE) e delle tendenze economiche evolutive previste per gli anni futuri.

Le emissioni di ammoniaca sono attese rimanere sostanzialmente stabili anche nel lungo periodo, seppur con una leggera tendenza di riduzione delle emissioni. Tale risultato potrebbe dipendere anche da una sostanziale assenza di una normativa in merito. L'uso dei fertilizzanti azotati, e dell'urea in particolare, rappresenta una fonte significativa e consistente di emissioni in aria. Il loro contributo, in assenza di qualunque intervento, è destinato a rimanere sostanzialmente stabile nel futuro prossimo, se non addirittura ad incrementare, rischiando così di vanificare anche gli interventi di riduzione delle emissioni faticosamente introdotti in altri settori economici e produttivi.

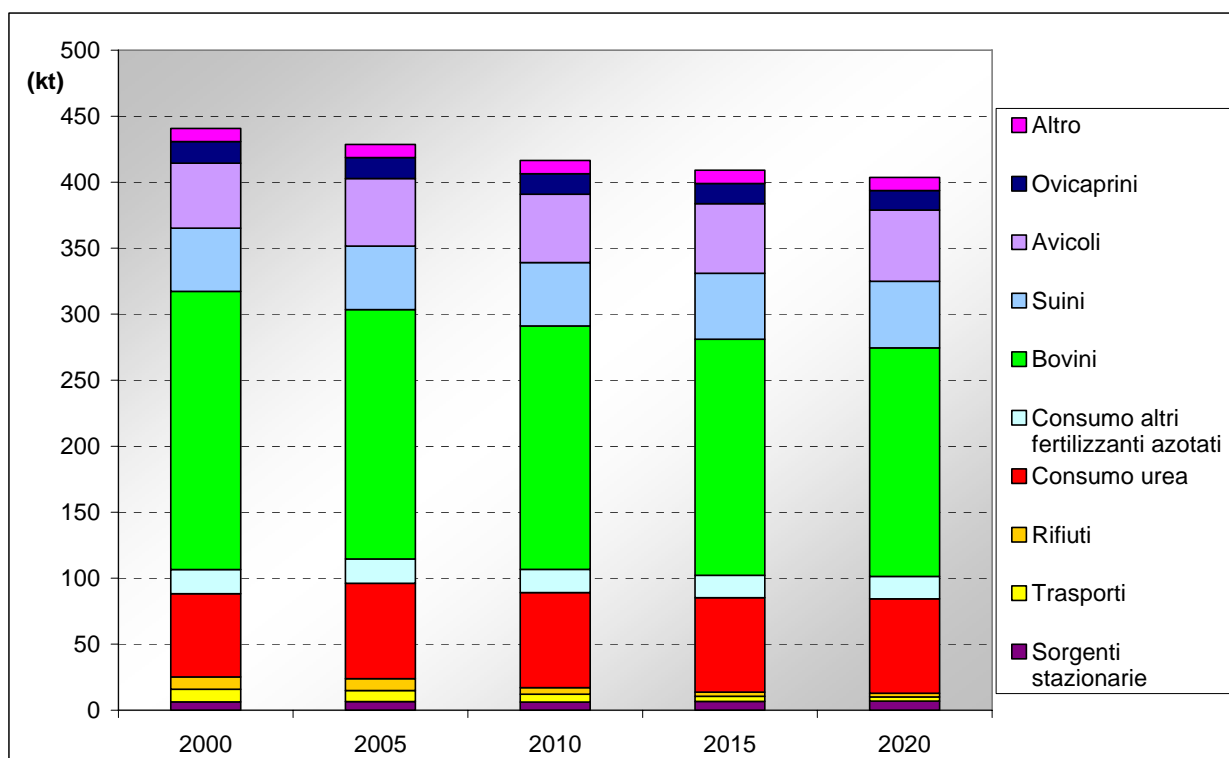


Figura 2 – Scenario di riferimento CLE delle emissioni di NH₃ diviso per settori calcolato dal modello RAINS-Italia per il periodo 2000-2020 ad intervalli di 5 anni (fonte ENEA).

I fertilizzanti azotati e l'urea

Dopo aver osservato il contributo che i fertilizzanti apportano alle emissioni di NH₃, ci si è domandati se si possa diminuire l'uso dei fertilizzanti, ed in particolare quelli azotati.

Le piante richiedono nutrienti per crescere, svilupparsi e completare il loro ciclo vitale e normalmente trovano quelli indispensabili alla loro crescita nel suolo, ma questi devono essere opportunamente bilanciati al fine di massimizzare l'efficienza d'uso di ciascun nutriente in relazione ad una determinata coltura.

I nutrienti primari o macronutrienti sono l'azoto, il fosforo e il potassio. Ad essi va, poi, aggiunta un'altra serie di nutrienti sempre indispensabili alla vita delle piante, ma in quantità minori (meso e microelementi) e che spesso sono già disponibili nei terreni. L'attività agricola ha al suo centro la gestione della fertilità organica e minerale di un terreno perché è principalmente da questa che dipende la possibilità di ottenere i prodotti attesi, nelle quantità e qualità desiderate. I fertilizzanti sono il mezzo tecnico di produzione più importante e dalla loro corretta gestione dipende gran parte dei risultati economici dell'azienda agricola. Il loro ruolo è centrale nel bilancio della coltura in quanto essi rappresentano una parte importante delle spese che l'agricoltore deve anticipare per ottenere il raccolto. Da ciò deriva, però, che anche l'efficacia della dose di fertilizzante è un obiettivo primario dell'agricoltore, al di là degli aspetti ambientali, quali le perdite per lisciviazione dei nitrati o le perdite gassose di ammoniaca. L'agricoltore ha un interesse economico forte ed immediato ad evitare le perdite di unità fertilizzanti e quindi, operando per ottimizzare le tecniche di concimazione, raggiunge lo scopo sia del contenimento dei costi che della minimizzazione delle ricadute ambientali (lisciviazione e volatilizzazione).

Azoto, fosforo e potassio sono presenti naturalmente in ogni terreno ma lo sono in forme e quantità non sufficienti a supportare la crescita equilibrata delle piante. L'assenza o la carenza di

uno o di tutti e tre questi elementi costituisce un fattore limitante. L'azoto costituisce l'elemento più importante, è un componente essenziale di molte molecole cellulari ed è il nutriente che permette di ottenere, se somministrato alle colture in quantità adeguate, il più elevato risultato in termini di resa. Può essere distribuito al terreno ed alle piante in diverse forme chimiche: nitrica, ammoniacale ed ammidica.

Appare chiaro come il ruolo dei fertilizzanti nell'agricoltura moderna sia insostituibile e, tra questi, quelli azotati sono i più importanti. In realtà non tutti i fertilizzanti azotati contribuiscono in maniera uguale all'inquinamento atmosferico ed i numeri indicano che è la sola urea a destare preoccupazioni ambientali di una certa consistenza e che il contributo degli altri fertilizzanti all'inquinamento atmosferico è molto meno rilevante. Ma perché si usa proprio l'urea?

L'urea trova largo impiego in Italia e le sue caratteristiche fisico-chimiche lo hanno reso uno dei concimi più versatili e diffusi. Anche negli altri Paesi europei è largamente utilizzata, ma quasi sempre il concime azotato più diffuso è uno dei diversi fertilizzanti contenenti il nitrato nelle sue diverse associazioni o forme. Il più elevato consumo di urea nel nostro Paese è dovuto ad una serie di motivazioni economiche, funzionali, culturali e climatiche.

Come si evince dal grafico riportato in Figura 3 (ISTAT, 2006), nel 2005 l'urea ha rappresentato da sola il 44% dei fertilizzanti azotati semplici consumati in Italia, seguita dalle forme nitriche ed ammoniacali e dai concimi azotati "altri", comprendenti anche i prodotti specialistici che mostrano una dinamica di crescita elevata nell'ultimo decennio.

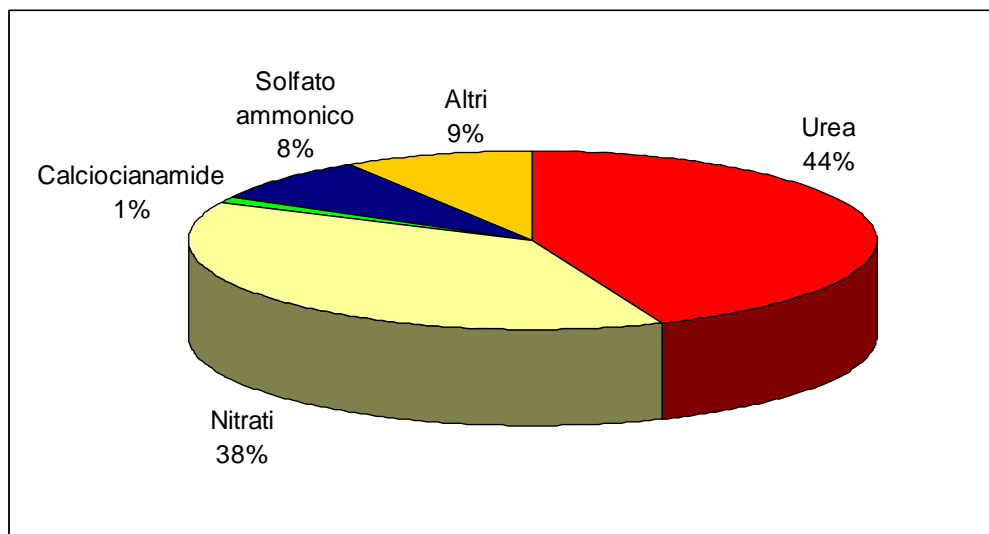


Figura 3 – Il consumo di fertilizzanti azotati semplici in Italia nel 2005 (fonte ISTAT).

L'urea associa in sé molte caratteristiche positive per l'agricoltore:

- titolo di fertilizzante elevato (su 100 kg di prodotto, circa 46 sono effettivamente Unità di Azoto);
- costo per Unità di Azoto tra i più bassi;
- elevata versatilità e facile maneggiabilità (può essere miscelata con quasi tutti gli altri concimi, ad esclusione del nitrato ammonico);
- può essere utilizzata praticamente in ogni stagione.

Queste caratteristiche intrinseche al prodotto, unite ad altri fattori che si possono definire "locali", cioè specifici dell'agricoltura italiana, ne fanno il "principe" dei fertilizzanti nel nostro Paese. I principali fattori "locali" possono essere sintetizzati nei seguenti tre: le colture tipiche

italiane, le condizioni pedoclimatiche, ed il costo dell'unità fertilizzante azotata. Appare chiaro come sia oggettivamente difficile prevedere di ridurre significativamente i consumi di urea.

Riduzione delle emissioni di ammoniaca dall'uso di fertilizzanti

Se da un lato si è visto come sia praticamente impossibile ridurre in maniera significativa l'uso dei fertilizzanti azotati in generale e dell'urea in particolare e come quanti aspetti, inclusi quelli comportamentali legati all'abitudine ed alla comodità d'uso, rendano difficile sostituire l'urea, dall'altro non si può dimenticare che negli ultimi anni si sono diffusi nuovi prodotti e formulati fertilizzanti e nuove tecniche di distribuzione. Queste innovazioni, pur non nascendo con la finalità primaria di ridurre le emissioni in atmosfera, si caratterizzano comunque per la loro capacità di avere un minor impatto sull'ambiente. Ci si è pertanto domandato se una loro adeguata diffusione non potesse diminuire in maniera apprezzabile l'impatto ambientale derivante dall'uso dei fertilizzanti azotati. In altre parole, il problema è diventato la quantificazione dei benefici ambientali in termini di riduzione di emissioni ammoniacali in aria che la loro introduzione può comportare, con lo scopo di capire se l'entità di tali riduzioni fosse tale da giustificare il loro impiego. E' evidente che nell'ambito di questo studio non potevano essere esaminate tutte le possibili tecniche e tutti i nuovi prodotti esistenti disponibili e perciò, al fine di formulare un'analisi quantitativa del grado di riduzione delle emissioni ottenibili, si è deciso di concentrare l'attenzione su alcune modalità di impiego dei fertilizzanti tra le più interessanti e promettenti, e si è provato a calcolare, per ciascuna di esse, la potenziale riduzione delle emissioni di ammoniaca. Tale studio è stato realizzato grazie all'impegno ed al finanziamento del Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Sono state esaminate tre ipotesi relative al miglioramento dell'efficienza d'uso o alla sostituzione dei fertilizzanti azotati:

- l'uso di tecniche innovative di concimazione che possono essere considerate di "fertilizzazione razionale";
- l'uso di prodotti innovativi per la concimazione;
- la sostituzione di urea con fertilizzanti organici.

In tutti i casi, l'obiettivo è stato quello di fornire una stima quantitativa di come l'evoluzione nella produzione e nell'utilizzo di fertilizzanti innovativi possa contribuire a diminuire le emissioni di ammoniaca. La diffusione di tali tecniche o prodotti, è, ad oggi, limitata da fattori di mercato ed economici, ma potrebbe essere stimolata ed incrementata, portando ad una diminuzione della quantità di fertilizzante necessaria per mantenere almeno le medesime rese produttive e ad una riduzione dell'inquinamento atmosferico causato dall'uso di fertilizzanti azotati. Tutte le ipotesi sono state sviluppate tenendo conto delle principali colture praticate in Italia e considerando la loro applicabilità alle diverse condizioni colturali e pedoclimatiche del Paese. Ogni scenario è stato costruito ipotizzando una progressiva diffusione della tecnica o del prodotto dall'anno base, il 2005, al 2020 e attribuendo un valore di riduzione d'uso dei fertilizzanti o di emissioni ammoniacali ad ettaro o kg di fertilizzante sostituito. I dati di base utilizzati per stimare il livello di diffusione al 2020 sono quelli prodotti da ISTAT, ove disponibili. Per i valori di concimazione o i coefficienti di riduzione delle emissioni si è ricorso ai dati disponibili e pubblicati nella letteratura tecnico-scientifica.

Diffusione della fertirrigazione

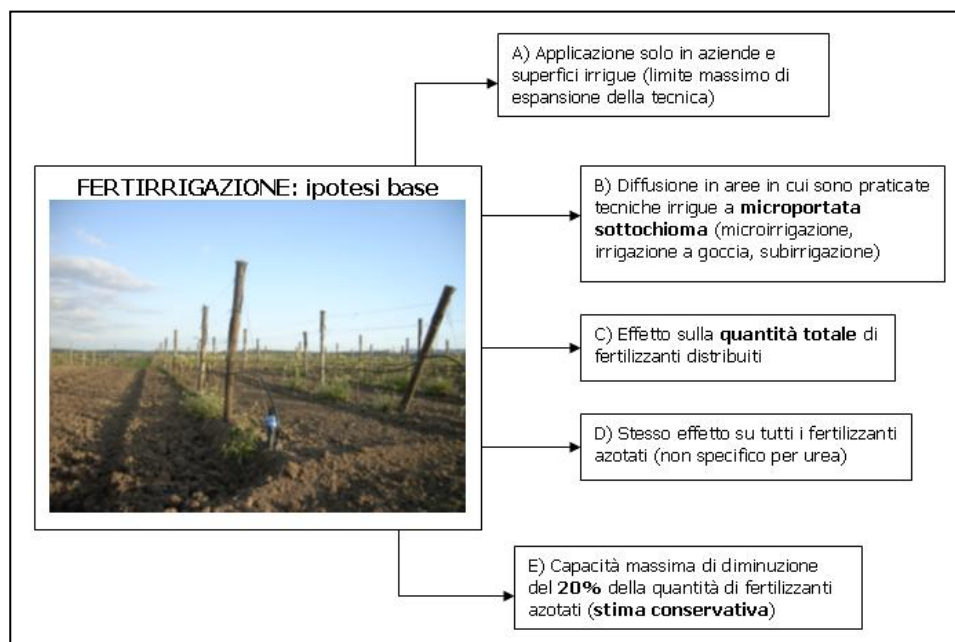
La fertirrigazione è una tecnica agronomica che prevede la distribuzione degli elementi nutritivi tramite le acque di irrigazione. Sono di seguito enumerati gli elementi informativi di base e gli assunti a partire dai quali è stata valutata l'ipotesi di diffusione di tale tecnica da oggi al 2010 e al 2020 e quali siano i suoi potenziali effetti in termini di riduzione delle emissioni ammoniacali.

Gestire razionalmente la fertirrigazione è una condizione essenziale per ottenere risultati produttivi ed economici soddisfacenti, insieme ad una maggiore efficienza d'impiego dei concimi distribuiti alle colture e ad una conseguente riduzione delle quantità di fertilizzanti e apportate. La tecnica fertirrigua è in forte espansione poiché da un lato consente risparmi gestionali e dall'altro migliora la capacità di soddisfare le esigenze nutritive delle colture stesse. Al momento attuale non necessita di meccanismi incentivanti ed è da considerarsi a tutti gli effetti una *buona pratica agricola*. Il problema che ci si trova ad affrontare è di come "quantificare" il "risparmio" effettivo ottenibile a livello nazionale dalla diffusione di tale tecnica e, di conseguenza, quantificare la diminuzione delle emissioni di ammoniaca rispetto a quelle derivanti dall'impiego di tecniche più tradizionali di distribuzione dei concimi.

Dal punto di vista dell'agricoltore il risparmio percepito è soprattutto quello gestionale e operativo, con un minor numero di passaggi sul campo o nella serra e quindi minor impiego di macchine e lavoro. È rilevante, inoltre, il vantaggio conseguente dalla possibilità di una completa automazione del sistema di distribuzione dei fertilizzanti. Un notevole miglioramento deriva anche dalla possibilità di "seguire" le esigenze fisiologiche della pianta momento per momento o, almeno, intervento irriguo per intervento irriguo. Ciò permette di diminuire le dosi complessive di concime impiegate, in quanto esse possono essere diluite nel tempo, e ancor di più di minimizzarne le perdite, in quanto non si distribuiscono eccessi di nutrienti soggetti a fenomeni di lisciviazione o volatilizzazione. Rimane il problema di come quantificare il "risparmio" effettivo ottenibile. L'estrema varietà delle colture alla quale applicare la tecnica fertirrigua e la spiccata eterogeneità dei sistemi agricoli italiani impongono un approccio semplificato ed a grande scala (nazionale) e non è possibile utilizzare approcci più sofisticati per i quali non sono disponibili dati sufficientemente numerosi ed affidabili. Gli elementi informativi di base per la formulazione di tale ipotesi sono stati tratti dai Disciplinari di Produzione regionali.

Mediante la fertirrigazione l'apporto di elementi nutritivi alle colture può essere inferiore rispetto alle dosi indicate per il pieno campo, perché la distribuzione è mirata alla zona del terreno dove si concentra maggiormente l'apparato radicale delle piante e minori sono le perdite di nutrienti. Nei Disciplinari di Produzione Integrata viene, in effetti, raccomandata una riduzione di circa il 30% degli elementi fertilizzanti rispetto alle quantità indicate per il pieno campo e questa raccomandazione può essere considerata la quantità massima di riduzione di elementi nutritivi a parità di rese produttive. Si è ritenuto ragionevole, quindi, porsi a un valore di riduzione effettiva cautelativo più basso, scelto arbitrariamente pari al 20%.

L'insieme delle ipotesi di base per l'elaborazione ed il calcolo del potenziale di riduzione sono elencati nello schema 1:



Schema 1 – Descrizione ipotesi adottate per l'elaborazione dello scenario relativo alla fertirrigazione.

Per la costruzione della procedura di calcolo sono stati utilizzati i dati ISTAT, presenti nei censimenti e/o riferiti a indagini specifiche, elencati nella Tabella 1:

Tabella 1 - Dati statistici di base utilizzati per costruire le ipotesi di diffusione della tecnica fertirrigua e il calcolo delle emissioni evitate

Livello di diffusione Fertirrigazione 2000 (censimento)	49.000	aziende
Livello di diffusione irrigazione a goccia	114.370	aziende
Livello di diffusione Microirrigazione	31.880	aziende
Superficie irrigata a Goccia	290.700	ha
Superficie irrigata a Microirrigazione	75.330	ha

Nonostante si sia assistito ad una diminuzione generalizzata delle superfici irrigate totali nel periodo 1990-2000, si reputa che tale diminuzione sia imputabile alle altre tecniche irrigue, mentre le tecniche a goccia (e simili) siano comunque in espansione e che, a causa di probabili e sempre più diffuse carenze idriche, continueranno a diffondersi. Assumendo che il totale delle superfici irrigue non aumenti, si ipotizza che al suo interno aumenti il peso percentuale delle tecniche irrigue a risparmio di acqua con diffusione della fertirrigazione al 2020 pari all'80% delle superfici irrigue a goccia e similari.

Le quantità di fertilizzante risparmiabili con l'uso della fertirrigazione possono essere calcolate stimando preliminarmente il totale delle superfici che attualmente utilizzano la fertirrigazione, formulando un'ipotesi di possibile diffusione di tale tecnica e successivamente, sulla base dei disciplinari di produzione, stimando la minore quantità di fertilizzante consumata in funzione della tipologia di tecnica utilizzata.

Nella Tabella 2 sono riportati i valori impiegati per le ipotesi di diffusione della tecnica negli anni a venire. Assumendo una superficie media per azienda di 2,5 ha (dimensioni tipiche di una

azienda medio – piccola), si ottiene una superficie irrigua totale di circa 366.030 ha ed una superficie fertirrigua totale di 122.500 ha circa. Dall'ipotesi che entro il 2020 l'80% delle aziende irrigue, dotate di sistemi di irrigazione a microportata, adottino tecniche di fertirrigazione si ottiene lo scenario riportato in Tabella 2.

Tabella 2 – Numero totale aziende fertirrigue e relative superfici al 2000 (fonte ISTAT), al 2010 e 2020 con ipotesi di diffusione delle tecniche fertirrigue in aziende dotate di sistemi di irrigazione a microportata dell'80% al 2020.

	2000	2010	2020
Aziende fertirrigue (n°)	49.000	91.758	134.516
Superficie irrigua con tecniche irrigazione a microportata (ha)	366.030	392.040	420.364
Superficie fertirrigua (ha)	122.500	229.396	336.291

Una volta individuati i terreni soggetti alla fertirrigazione, dai disciplinari di produzione per coltura di riferimento si può risalire alla quantità di fertilizzante impiegato. Se le aziende usassero tecniche tradizionali, per le colture considerate si avrebbe un consumo di fertilizzante azotato medio pari a 160 kg/ha, consumo che si riduce a circa 128 kg/ha con l'utilizzo di tecniche fertirrigue, che consentono così un risparmio di 32 kg/ha di fertilizzante. Il prodotto tra la quantità di fertilizzante risparmiato per ettaro e la superficie totale delle aziende fertirrigue fornisce la quantità totale di fertilizzante risparmiato. Nel calcolo si è, inoltre, ipotizzato che la riduzione di uso del fertilizzante azotato si applica all'urea e agli altri fertilizzanti azotati secondo i valori percentuali riscontrati nell'analisi delle serie storiche di consumo (al 2000 il consumo totale di fertilizzante azotato era attribuibile per il 44% all'urea e per il 56% agli altri fertilizzanti azotati).

I risultati relativi allo scenario “fertirrigazione” sopra descritto sono riportati nella tabella 4, che raccoglie anche i risultati degli scenari formulati con le ipotesi illustrate nel seguito.

Diffusione dei concimi a lento effetto

I concimi detti “a lento effetto” o “a lento rilascio” sono prodotti formulati per modulare la disponibilità di azoto nel tempo evitando o diminuendo, quindi, le perdite a cui le diverse forme azotate possono andare incontro nel suolo o in atmosfera.

I concimi a lento effetto sono stati studiati e messi in commercio proprio al fine di limitare le perdite di azoto, tenendo presenti soprattutto i meccanismi che ne regolano la disponibilità in relazione al sistema suolo/pianta. Teoricamente il concime a lento effetto “ideale” dovrebbe rilasciare l'azoto via via che la pianta, nelle sue diverse fasi fenologiche, lo richiede per crescere. Naturalmente tale condizione è puramente teorica e nella realtà non può essere raggiunta con alcun prodotto. Le industrie del settore hanno messo a punto, però, formulati complessi in cui sono riunite più forme azotate tradizionali insieme ad una frazione di azoto a lento effetto; in tal modo sono stati ottenuti prodotti innovativi che si avvicinano a soddisfare le diverse esigenze della pianta durante tutte le fasi di crescita. Sono disponibili in commercio formulati diversi per ciascuna tipologia di colture. Il rilascio del nutriente è comunque influenzato da molteplici fattori (clima, attività microbica del suolo, etc.) che rendono difficile “seguire” le reali esigenze della pianta. In letteratura sono riportati i risultati di alcune sperimentazioni che danno un'idea della complessità del problema e forniscono dati sull'efficienza d'uso di tali formulati.

Si è cercato di stimare il contributo che la diffusione di questi tipi di formulati innovativi potrebbe dare alla diminuzione delle perdite di azoto per volatilizzazione. Si è scelto di seguire un approccio diverso da quello delle altre ipotesi di riduzione delle emissioni di ammoniaca poiché non esistono dati statistici che consentano di valutare il reale grado di penetrazione di questi formulati sul mercato, anche se una serie di informazioni raccolte presso gli operatori del settore e presso l'ISTAT confermano l'aumento del loro impiego. I limiti principali di questo esercizio sono dovuti alla presenza sul mercato di molti formulati commerciali che contengono prodotti azotati a lento effetto, ma le informazioni sulla maggiore efficacia e diffusione dei vari formulati sono scarse ed inoltre non sono disponibili coefficienti di calcolo universalmente validi per stimare la reale diminuzione della volatilizzazione di ammoniaca. Alcuni studi effettuati in Piemonte (Balsari P. e Gioelli F., 2002) mostrano una riduzione delle emissioni pari a quasi il 70%; altre pubblicazioni si concentrano più sull'efficienza d'uso, che è un indicatore indiretto della minore volatilizzazione, ma non forniscono dati in proposito.

Nei suoli l'idrolisi dell'urea ad ammonio e biossido di carbonio procede rapidamente a causa dell'attività dell'ureasi e ciò porta ad un incremento dello ione ammonio e dei livelli di pH, con conseguenti perdite dell'azoto di origine ureica tramite volatilizzazione dell'ammoniaca. Uno dei metodi che possono essere impiegati per limitare tale fenomeno è aggiungere all'urea prodotti inibitori dell'attività ureasica. Tale metodo è stato proposto per la sua efficacia nel ridurre la volatilizzazione e nell'incrementare l'efficienza d'uso dell'azoto. In pratica un inibitore che ritarda l'attività ureasica permette di mantenere intatta la molecola di urea per alcuni giorni e favorisce, soprattutto in condizioni di elevata umidità atmosferica o in presenza di precipitazioni, la sua diffusione nel suolo attraverso l'idrolisi per formazione dello ione ammonio. Quest'ultimo può essere adsorbito dal terreno per scambio cationico, essere fissato dalle argille o essere facilmente assorbito dalle piante, diminuendo così la probabilità di volatilizzare come ammoniaca.

Data la rilevanza del problema, sono stati testati nel tempo molti prodotti come potenziali inibitori ureasici e ad oggi almeno uno ha mostrato in molteplici esperimenti la sua efficacia: l'NBPT [N-(n-butil)fosfotriammide]. In un esperimento condotto nel 2000 in Italia in diverse condizioni colturali, Nistri et al. evidenziano come l'inibitore NBPT possa contribuire a diminuire le perdite per volatilizzazione di valori compresi tra il 42% e il 55%. Sulla base di questi dati è evidente che ci si possa aspettare anche un minore impiego di urea, in quanto sono minori le perdite di azoto per volatilizzazione e quindi aumenta l'efficienza.

Alla luce di quanto sopra esposto, si è voluto indagare l'effetto prodotto da una sostituzione di fertilizzanti azotati tradizionali con concimi a lento effetto, nell'ipotesi che il loro impiego porti ad una diminuzione media delle perdite per volatilizzazione pari al 40%. Tale valore arbitrario può essere considerato, allo stato attuale delle conoscenze, potenzialmente conservativo in quanto al di sotto dei valori ottenuti sperimentalmente in alcune prove realizzate in Italia (anche se non suffragati da prove estese condotte in diverse aree pedoclimatiche del Paese). Nei calcoli delle emissioni di ammoniaca derivanti dall'uso di fertilizzanti effettuati dall'APAT, all'urea tal quale viene attribuito un fattore di emissione di N pari al 15%. Nel caso delle "uree modificate" (complesstate, polimerizzate, rivestite o addittivate), si può ipotizzare l'applicazione di un fattore di emissione medio ridotto del 40% e quindi il nuovo fattore di emissione da applicare è pari al 9%.

Per calcolare gli effetti complessivi della diffusione dei nuovi formulati ureici con costi superiori a quelli dei concimi tradizionali, si è scelta a titolo di esempio una coltura diffusa di tipo industriale - il pomodoro - per la quale sia potenzialmente vantaggioso dal punto di vista economico l'impiego dei nuovi formulati.

Sono state messe a confronto due modalità di concimazione:

- A) nuovo formulato applicato alla coltura in unica dose, con tre forme azotate, urea modificata, urea tal quale e azoto ammoniacale;
- B) tutto azoto ureico somministrato come urea tal quale.

I risultati della simulazione sono illustrati nella Tabella 3, in cui si evidenzia che, nell'ipotesi formulata, si può ottenere una riduzione di emissioni di azoto pari a 2,4 kg per ettaro di pomodoro concimato ed una conseguente riduzione di quasi 3 kg di ammoniaca emessa.

Tabella 3 - Riduzione delle emissioni di azoto nell'ipotesi formulata

Ipotesi	Concimazione	kg	Fattore di emissione di N	N emesso	Differenza (kg)
A	Urea lento rilascio	40	9%	3,6	
	Urea tal quale	52	15%	7,8	
	Totale			11,40	
B	Tutta urea tal quale	92	15%	13,80	+ 2,40

In realtà sarebbe necessario mettere a confronto molteplici piani di concimazione, specifici per i diversi contesti pedoclimatici italiani, che utilizzino altre forme azotate e forme diverse di uree modificate ed il confronto dovrebbe essere effettuato a parità di produzione unitaria e per molteplici colture. In questo senso non si può prescindere da attività sperimentali specifiche, che si prefiggano di rispondere esattamente alla domanda: quale può essere la diminuzione delle emissioni di ammoniaca se si sostituissero gli attuali fertilizzanti azotati tradizionali con i concimi azotati a lento effetto?

Si è provato a rispondere a tale domanda ipotizzando che al 2010 e al 2020 il consumo di urea venga sostituito rispettivamente per il 2,5% ed il 5,0% dai nuovi formulati ureici a lenta cessione. Si rimanda alla tabella 4 per l'analisi dei risultati ottenuti in questo scenario.

Diffusione della fertilizzazione organica

Se il problema delle emissioni di ammoniaca in atmosfera è circoscritto alla sola urea, è spontaneo pensare che sia sufficiente sostituire l'urea con altri fertilizzanti azotati per ottenere il risultato desiderato. La sostituzione dei concimi ammoniacali, e quindi anche dell'urea, con altri fertilizzanti azotati (di sintesi o di natura organica) è teoricamente possibile anche al 100%. Razionalmente, però, la fattibilità della sostituzione dell'urea con altri fertilizzanti di sintesi non può essere vista in maniera svincolata da un confronto con i costi della fertilizzazione alternativa, che sono più elevati rispetto a quelli che si hanno con l'impiego dell'urea. Altro aspetto importante da considerare, qualora si pensasse di sostituire l'urea con altri fertilizzanti azotati di sintesi, è quello del rischio ambientale dovuto alla lisciviazione dei concimi a base di nitrati. Il dilavamento di questi ultimi, infatti, comporta l'inquinamento delle acque superficiali e di falda e quindi il loro impiego è in contraddizione con le metodologie previste dal Codice di Buona Pratica Agricola. Inoltre con l'impiego dei fertilizzanti di sintesi in sostituzione dell'urea andrebbe fatta, caso per caso, una valutazione dell'efficienza della concimazione azotata eseguita.

Non vi è dubbio, poi, che praticando la fertilizzazione organica è possibile giungere alla sostituzione totale o parziale dell'urea. I principali limiti alla diffusione di questo metodo di concimazione, che dal punto di vista tecnico è consigliabile sia per l'apporto sicuramente più completo dei nutrienti alle colture che per gli effetti benefici complessivi sullo stato chimico-

fisico del suolo, risiedono nei costi più elevati e nelle difficoltà di reperimento della sostanza organica.

La sostanza organica impiegabile in agricoltura può essere:

- di origine vegetale (residui colturali, sovescio);
- di origine animale (deiezioni);
- di origine animale e vegetale, derivante da scarti quali la “frazione umida” dei rifiuti solidi urbani (compost).

Sulla base di tali considerazioni si è provato ad elaborare un’ ipotesi di sostituzione dell’ urea e degli azotati di sintesi con fertilizzanti organici. Per fare ciò, ci si è basati su un fenomeno assai importante e ricco di conseguenze positive per l’ambiente a cui si è assistito nel decennio scorso nel nostro Paese, e cioè l’espansione delle superfici agricole coltivate secondo il metodo dell’agricoltura biologica. La diffusione dell’agricoltura biologica ha avuto una dimensione tale che, nel panorama europeo, l’Italia si colloca ormai ai primissimi posti sia per quanto riguarda le superfici agricole coltivate in modo biologico, che per il numero di operatori del settore. L’agricoltura biologica, regolata da normative comunitarie di cui la principale è il Regolamento CE 2092/91, prevede il rispetto di specifici disciplinari di produzione, in cui sono anche indicate le sostanze chimiche utilizzabili per la difesa antiparassitaria, per il diserbo e per la fertilizzazione. È noto che con l’adozione delle tecniche di agricoltura biologica, dove vengono utilizzati fertilizzanti organici e ammendanti, si osserva una riduzione delle emissioni di ammoniaca normalmente derivanti dai fertilizzanti ammoniacali di sintesi. Il principale meccanismo di contenimento delle emissioni in aria di questo inquinante risiede nella lenta mineralizzazione della materia organica e, quindi, in una più efficiente utilizzazione degli elementi nutritivi, tra cui l’azoto, da parte delle piante. Si è pensato, così, di formulare un’ ipotesi di diffusione dell’agricoltura biologica da cui poter conseguentemente stimare il potenziale di riduzione delle emissioni di ammoniaca.

L’agricoltura biologica in Italia ha di recente attraversato un periodo di notevole espansione grazie alle favorevoli condizioni climatiche, agronomiche e di mercato ed agli incentivi economici comunitari messi a disposizione delle imprese agricole per il passaggio alla gestione biologica. Dal 1990 l’agricoltura biologica è passata da circa 13.000 ettari ad oltre un milione di ettari nel 2005 con una flessione nel 2003 dovuta alla sospensione dei contributi comunitari in alcune regioni (APAT, 2004). La produzione è maggiormente concentrata nelle regioni meridionali e quasi il 70% delle superfici destinate a biologico è rappresentato da colture estensive (foraggiere, prato, prato-pascolo e cereali) (SINAB - Sistema d’Informazione Nazionale sull’Agricoltura Biologica, 2005). Dall’analisi dei dati 2004-2005 emerge che, tranne per le frutticole, vi è stato un aumento generalizzato della SAU in biologico.

In Figura 4 sono riportati l’andamento della Superficie Agricola Utilizzata totale (ISTAT, 2006) e quello della Superficie Agricola – in biologico ed in conversione. Dall’analisi della suddetta figura si evince come, dopo una flessione nel periodo 2003-2004, la superficie in biologico sia incrementata ed occupi ora circa il 9% della SAU totale. L’osservazione dei dati storici riportati in figura 4 mostra, inoltre, un incremento dell’agricoltura biologica nel quinquennio 2000-2005 pari al 3%.

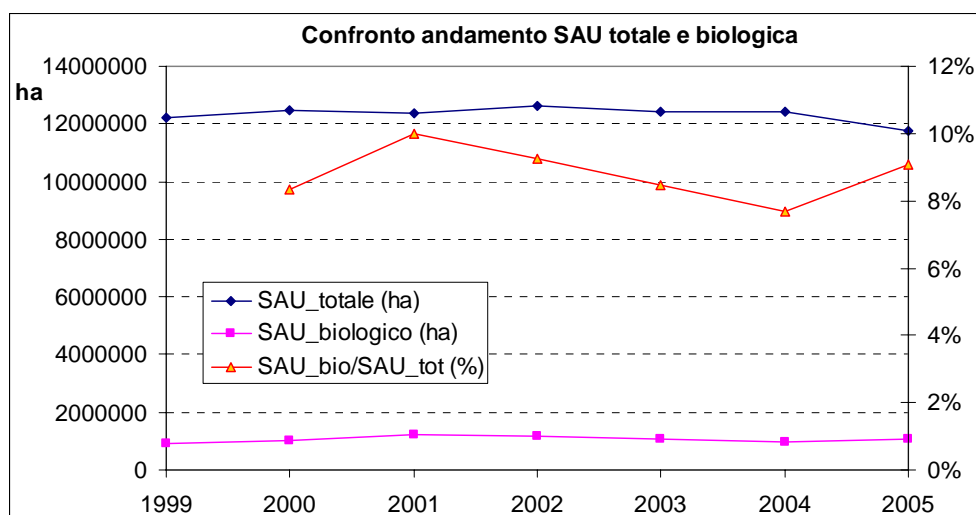


Figura 4 – Confronto trend Superficie Agricola totale e in biologico considerando il 2000 come anno di riferimento.

Diversi elementi possono suffragare l'ipotesi di sviluppo dell'agricoltura biologica nei prossimi anni. Il cauto ottimismo per una sensibile ripresa del contesto economico europeo che stanno manifestando gli economisti lascia pensare che nel prossimo futuro ci sarà un aumento generalizzato dei consumi che inciderà sul trend del settore dell'agricoltura biologica. La riforma del Regolamento Comunitario sull'agricoltura biologica, le novità nelle politiche di sviluppo rurale ed agroambientale ed il sostegno dato alla ricerca agricola lasciano intravedere, nel prossimo futuro, il delinearsi di uno scenario positivo. Il Piano d'Azione Nazionale per l'agricoltura biologica e i prodotti biologici, conseguente a quello europeo, mira a risolvere carenze note e a rimuovere ostacoli del nostro sistema produttivo ed istituzionale che condizionano negativamente il settore. Il piano mira anche al rafforzamento ed alla qualificazione del ruolo dell'Italia quale Paese produttore sui mercati mondiali. Nel nostro Paese, inoltre, si sta sempre più affermando la convinzione che un obiettivo strategico da perseguire sia quello dell'implementazione delle politiche ambientali e di quelle per la salute pubblica nazionali. Tali elementi inducono, pertanto, a ritenere legittima un'ipotesi di espansione delle superfici coltivate ad agricoltura biologica.

Dai dati della serie storica relativa alla SAU per il biologico e dalle stime dell'ISTAT relative al consumo di fertilizzanti azotati per l'anno 2005 (figura 3) si osserva una diminuzione dei fertilizzanti azotati del 3% rispetto all'anno 2000. Ad una riduzione dei concimi minerali corrisponde, tuttavia, un incremento dei formulati organici (concimi ed ammendanti) consentiti in agricoltura biologica, che dipende in parte anche dai programmi dell'Unione Europea a sostegno dell'agricoltura ecocompatibile e biologica (ISTAT, 2006). Si è, così, assunto che l'incremento del 3% osservato dal 2000 al 2005 per le superfici agricole biologiche si ripeta anche nei quinquenni successivi fino al 2020. Per quanto riguarda, invece, la quantità di fertilizzante azotato distribuito, ritenendo eccessivamente ottimista e sicuramente non realistica l'ipotesi che tutta la riduzione osservata fosse dovuta all'incremento del biologico, si è ipotizzato in via prudenziale che l'1% del 3% di riduzione osservata dal 2000 al 2005 sia imputabile all'agricoltura biologica. Si è, così, ipotizzato che, a seguito della diffusione del 3% per ogni quinquennio dell'agricoltura biologica, il consumo di fertilizzanti azotati si riducesse dell'1% nei quinquenni successivi fino al 2020. Si è, quindi, calcolata la quantità di ammoniaca emessa sulla base delle seguenti ipotesi:

- titolo di azoto medio pari al 24%;

- fattore di emissione medio per l'azoto pari all'8,5%;

Tali assunzioni derivano dall'osservazione dei dati storici nel periodo 2000-2005.

I risultati ottenuti sulla base delle ipotesi sopra formulate sono riportati in tabella 4.

Risultati

La tabella 4 riassume i risultati dei tre scenari analizzati e, quindi, i diversi potenziali di riduzione delle emissioni di ammoniaca valutati rispetto alle emissioni 2005 con le seguenti tre ipotesi:

1. **FERTIRRIGAZIONE:** diffusione, per il 2020, nell'80% delle aziende irrigue dotate di sistemi di irrigazione a microportata;
2. **CONCIMI LENTO EFFETTO:** sostituzione 2.5% e 5% dei fertilizzanti azotati tradizionali rispettivamente al 2010 e 2020;
3. **AGRICOLTURA BIOLOGICA:** incremento del 3% delle superfici agricole biologiche ogni 5 anni dal 2005 fino al 2020, con relativa riduzione del consumo di fertilizzanti azotati dell'1%.

Tabella 4 – Scenari di riduzione delle emissioni di NH₃ derivanti da differenti ipotesi sui fertilizzanti azotati: fertirrigazione, concimi lento effetto, agricoltura biologica (*fonte: ENEA*).

Riduzione emissioni di NH ₃ (t)	2005	2010	2020
Scenario 1: FERTIRRIGAZIONE	anno riferimento	-1.154	-2.309
Scenario 2: CONCIMI LENTO EFFETTO		-1.857	-3.724
Scenario 3: AGRICOLTURA BIOLOGICA		-4.718	-4.762

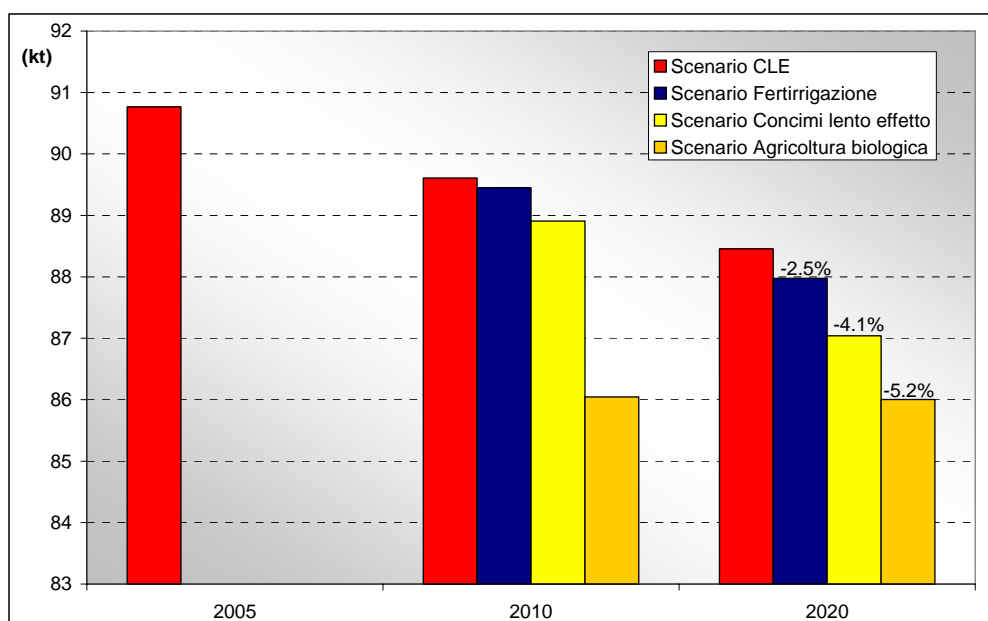


Figura 5 – Scenari di riduzione delle emissioni di NH₃ derivanti da differenti ipotesi su fertilizzanti azotati: fertirrigazione, concimi lento effetto, agricoltura biologica.

Dall'analisi della Tabella 4 e della figura 5 si evince che le potenziali emissioni evitate, seppur limitate, non sono trascurabili e che, se sommate ad analoghe quantità provenienti dalla diffusione di altre tecniche innovative di fertilizzazione, potrebbero condurre a riduzioni

apprezzabili delle emissioni di ammoniaca. La diffusione di queste tecniche può, pertanto, rappresentare un idoneo mezzo per perseguire, oltre che obiettivi di miglioramento nella gestione e nell'impatto ambientale dei fertilizzanti stessi, anche una riduzione delle emissioni in aria di ammoniaca.

Conclusioni

L'uso di fertilizzanti azotati è responsabile di consistenti emissioni di ammoniaca. Tra di essi l'urea, il concime azotato di più largo uso in Italia, determina le emissioni più elevate. La riduzione del suo impiego sembrerebbe, quindi, una via inevitabile da perseguire per ridurre l'impatto sull'ambiente atmosferico e la salute umana, riducendo al tempo stesso sia i fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione, che il formarsi di particolato secondario. Ma la riduzione dell'uso di fertilizzanti azotati, ed in particolare di urea, non si presenta come una operazione facilmente conseguibile a causa degli ostacoli, anche di natura comportamentale, che si frappongono. Malgrado ciò, l'evoluzione spontanea del mercato dei fertilizzanti e delle tecniche agricole ha portato all'introduzione ed alla progressiva diffusione di tecniche alternative di concimazione, di modalità innovative di distribuzione e di nuovi prodotti specialistici. La loro introduzione generalizzata e diffusa può portare, come si è visto, a riduzioni non trascurabili delle emissioni che possono contribuire significativamente a garantire il rispetto degli obiettivi posti dalle direttive europee. Con il presente articolo sono state esaminate preliminarmente soltanto alcune ipotesi di differenti modalità di impiego di fertilizzanti. Ma già da questi esempi si può desumere come la diffusione capillare di tali modalità innovative potrà portare indubbiamente ad un miglioramento dell'impatto sull'ambiente atmosferico, riducendo la quantità di fertilizzanti utilizzati, e conseguentemente le emissioni di ammoniaca. Gli scenari presentati hanno, però, bisogno di essere affinati per poter essere efficacemente utilizzati a supporto delle politiche. Per raggiungere tale obiettivo è auspicabile che la ricerca sia orientata a definire con precisione i fattori di emissione legati alle diverse tecniche di concimazione e che le statistiche settoriali migliorino la loro capacità di fornire con tempestività e continuità dati sulla diffusione delle tecnologie nella realtà agricola italiana.

Riferimenti

APAT, *Annuario dei dati ambientali. Edizione 2004*, ISBN 88-448-0147-7.

APAT, <http://www.sinanet.apat.it/it/sinanet/sstoriche>, Anno 2000.

Balsari P., Gioelli F., 2002. Analisi delle emissioni di ammoniaca da concimi tradizionali e contenenti azoto stabilizzato. *L'Informatore Agrario*, 16:43-46.

D'Elia I., Contaldi M., De Lauretis R., Pignatelli T., Vialetto G., 2007. "Scenari di emissioni di inquinanti atmosferici in Italia". *Ingegneria Ambientale*, 6:308-318.

ISTAT, *La distribuzione per uso agricolo dei fertilizzanti – Anno 20053*, Statistiche in breve giugno 20064.

Klimont, Z., Brink, C.; *Modelling of Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases from Agricultural Sources in Europe*. IIASA, Interim Report IR-04-048, September 2004.

Klimont, Z.; *Scenario di emissione di baseline per l'Italia realizzato dallo IIASA nell'ambito del Programma CAFE della Commissione Europea*. Comunicazione privata, Agosto 2005.

Nastri A., Gioacchini P., Marzadori C., Giovannini C., Vittori Antisari L., Gessa C., 2002. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilized with urea. *Biol Fertil Soils*, 36:129-135.

SINAB – Sistema d'Informazione Nazionale sull'Agricoltura biologica,
<http://www.sinab.it/programmi/biostatistiche.php?tp=sit&par=39>