

Regione Siciliana



Assessorato Agricoltura e Foreste
Dipartimento Regionale Interventi Strutturali

Assessorato Territorio ed Ambiente
Dipartimento Regionale Territorio ed Ambiente

Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola

Note esplicative

Febbraio 2005

Regione Siciliana

Assessorato Agricoltura e Foreste
Dipartimento Regionale Interventi Strutturali

Assessorato Territorio ed Ambiente
Dipartimento Regionale Territorio ed Ambiente

Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola

Note esplicative

Tavolo Tecnico Regionale sulle Acque – Tavolo di Settore n. 3 “Protezione zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da prodotti fitosanitari”:

S. Anzà, M. Bagnato, G. Caruso, M. Cassarà, R. De Gregorio, D. Di Cristina, D. Di Ferro, V. Ferraro, F. Guaitoli, F. Intravaia, A. Lo Bello, M. G. Matranga, A. Nuccio, P. Pendino, S. Sansone

Autori:

Vito Ferraro⁽¹⁾, Fabio Guaitoli⁽¹⁾, Maria Gabriella Matranga⁽¹⁾.

Contributi specifici:

- *Salvatore Anzà⁽²⁾, Bernadette Labruzzo⁽³⁾, Angela Tiziana Lavore⁽³⁾, Tiziana Sabella⁽³⁾, Silvana Sardisco⁽³⁾ - (Geologia).*
- *Antonino Drago⁽⁴⁾ - (Clima)*

Collaborazioni:

Salvatore Anzà⁽²⁾, Rosa De Gregorio⁽⁵⁾, Angelo Nuccio⁽⁵⁾, Gianfranco Urso⁽¹⁾

Ringraziamenti:

- *Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente - Sicilia*
- *Ispettorato Regionale Veterinario di Palermo*
- *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Palermo*
- *Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia*

(1) Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste - U.O. 49 Pedologia, Cartografia tematica e Tutela ambientale.

(2) Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente - U.O. Qualità dei corpi idrici.

(3) Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente (*Tirocinio formativo presso il Servizio 1- Tutela acque e rifiuti*).

(4) Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste - U.O. 50 SIAS.

(5) Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste - U.O. 17 Interventi in materia agroambientale.

Indice

INDICE	3
<u>I. PREMESSA</u>	<u>4</u>
<u>II. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA</u>	<u>6</u>
<u>III. LA VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE</u>	<u>11</u>
1 GEOLOGIA	11
1.1 ASPETTI LITOSTRUTTURALI ED IDROGEOLOGICI	11
1.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI	13
2 LA RETE DI MONITORAGGIO E LA QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	14
3 CLIMA	19
4 SUOLI	22
5 USO DEL SUOLO E ORDINAMENTI COLTURALI	31
6 ZOOTECNIA	35
7 LA CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	41
<u>IV. LA VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI</u>	<u>43</u>
1 ASPETTI GENERALI	43
2 LA RETE DI MONITORAGGIO E LA QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI	46
<u>V. CARTA REGIONALE DELLE ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA</u>	<u>49</u>
<u>VI. BIBLIOGRAFIA</u>	<u>52</u>

I. Premessa

La buona pratica agricola è la base di ogni rapporto corretto fra agricoltura e ambiente, certi che un'agricoltura sostenibile è la base di una civiltà sostenibile

La Comunità Europea già negli anni 80 aveva constatato che in alcune Regioni degli Stati membri il contenuto di nitrati nelle acque era in aumento e già elevato rispetto alle norme fissate nella Direttiva 75/440/CEE. Inoltre, era emerso che la causa principale dell'inquinamento che colpiva le acque era rappresentata dai nitrati di origine agricola. Da ciò ne è conseguita la consapevolezza che, per tutelare la salute umana, le risorse viventi e gli ecosistemi acquatici, e per salvaguardare altri usi legittimi dell'acqua, fosse necessario ridurre l'inquinamento idrico causato o provocato da nitrati provenienti da fonti agricole nonché impedire un ulteriore inquinamento di questo tipo. Considerando che l'inquinamento idrico dovuto ai nitrati in uno Stato membro si ripercuote sulle acque di altri Stati membri, è emersa la necessità di un'azione a livello comunitario.

Con la Direttiva 91/676/CEE la Comunità si è proposta di dare indicazioni sul controllo e sulla riduzione dell'inquinamento idrico risultante dall'uso di quantità eccessive di fertilizzanti e dallo spandimento di deiezioni di animali allevati.

Gli Stati membri a loro volta devono, considerando la situazione idrogeologica, pedologica ed agricola del proprio territorio, individuare le aree vulnerabili (quelle in cui le acque di falda contengono o possono contenere, ove non si intervenga, oltre 50 mg/L di nitrati) e progettare ed attuare i necessari programmi d'azione per ridurre l'inquinamento idrico provocato da composti azotati di origine agricola nelle zone vulnerabili. I suddetti programmi d'azione devono comportare misure che costituiranno interventi obbligatori per gli agricoltori e che mireranno a limitare l'impiego in agricoltura di tutti i fertilizzanti contenenti azoto e a stabilire restrizioni specifiche nell'impiego di concimi organici animali.

La Regione Siciliana, come previsto dalla Direttiva richiamata ed in relazione agli impegni assunti nel Piano di Sviluppo Rurale 2000 - 2006, ha realizzato la prima approssimazione della "Carta della vulnerabilità all'inquinamento da nitrati di origine agricola" ed ha predisposto il "Programma di azione obbligatorio per le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola" (DDG n.193 del 17/02/2003). Nel programma sono definite una serie di norme, di obbligatoria applicazione per quelle aziende agricole che ricadono nelle zone individuate come vulnerabili, relative alla gestione dei fertilizzanti e ad altre pratiche agronomiche nonché le misure vincolanti descritte nel Codice di Buona Pratica Agricola,

approvato con decreto interministeriale del 19/4/1999 (GURI n°102 del 4/5/1999 Supplemento Ordinario). E' stata inoltre prevista una serie d'interventi, curati dal Servizio IX – Servizi allo Sviluppo dell'Assessorato regionale Agricoltura e Foreste, per favorire l'adempimento degli obblighi previsti attraverso azioni di divulgazione e formazione dei tecnici e degli operatori agricoli, azioni finalizzate ad approfondire la conoscenza dei reali impatti determinati dall'agricoltura in termini di inquinamento ed interventi volti ad integrare il monitoraggio della qualità delle acque. Il Decreto legislativo 152/99 sottolinea che l'indagine preliminare di riconoscimento può essere suscettibile di sostanziali approfondimenti e aggiornamenti, sulla base di nuove indicazioni e conoscenze; proprio alla luce delle indicazioni dei tecnici che operano sul territorio, dei primi dati sul monitoraggio delle acque superficiali e profonde, delle nuove conoscenze sull'acquifero e sulla sua vulnerabilità nonché quelle sull'uso del suolo e relativi ordinamenti colturali e carichi zootecnici è stato realizzato l'aggiornamento metodologico per la definizione della nuova "Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola" in scala 1:250.000.

II. Descrizione della metodologia

Per la realizzazione dell'indagine preliminare di riconoscimento ci si è avvalsi di una metodologia, messa a punto facendo riferimento ai criteri ed agli indirizzi previsti dall'allegato 7 al decreto legislativo 152/99, che ha permesso la realizzazione della Carta Regionale in cui la valutazione della vulnerabilità è fornita in termini qualitativi. Sono state individuate le "zone vulnerabili" e le "zone non vulnerabili" del territorio regionale, comprendendo nelle prime le aree che scaricano direttamente o indirettamente composti azotati in acque già inquinate o che potrebbero esserlo in conseguenza di tali scarichi; chiaramente il rischio di inquinamento è dovuto all'utilizzazione in agricoltura dei fertilizzanti azotati e degli effluenti di allevamento.

Si ricorda in proposito che la normativa impone che per individuare i corpi idrici interessati vengano seguiti alcuni criteri di carattere generale, tenendo conto di:

- presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO₃ nelle acque dolci superficiali, in particolare quelle destinate alla produzione di acqua potabile);
- presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO₃) nelle acque dolci sotterranee;
- presenza di eutrofizzazione oppure la possibilità del verificarsi di tale fenomeno nell'immediato futuro nei laghi naturali di acque dolci o altre acque dolci, estuari, acque costiere e marine.

Ai fini dell'individuazione delle zone vulnerabili la norma prevede inoltre, per le Regioni, l'obbligo di valutare:

- le caratteristiche fisiche e ambientali delle acque e dei terreni che determinano il comportamento dei nitrati nel sistema acqua/terreno;
- il risultato conseguibile attraverso i *Programmi d'azione* adottati;
- le eventuali ripercussioni che si avrebbero nel caso di mancato intervento.

In particolare, per quanto riguarda le acque sotterranee, ai fini dell'individuazione delle zone vulnerabili il già citato Allegato 7 indica i seguenti fattori critici:

- presenza di un acquifero libero o parzialmente confinato in connessione idraulica con la superficie (tale elemento è condizionato anche dalla soggiacenza);
- presenza di una litologia di superficie e dell'insaturo prevalentemente permeabile (sabbia, ghiaia o litotipi fratturati);

- presenza di suoli a capacità di attenuazione tendenzialmente bassa (ad es. suoli prevalentemente sabbiosi, o molto ghiaiosi, con basso tenore di sostanza organica, poco profondi);
- presenza di situazioni accertate di compromissioni qualitative delle acque sotterranee dovuta a fattori antropici di origine prevalentemente agricola o zootecnica

Alla luce dei principi e dei criteri fissati dal contesto normativo di riferimento, l'individuazione delle zone vulnerabili da nitrati è stata pertanto effettuata considerando i fattori che interagiscono con gli agenti inquinanti:

- le caratteristiche litologiche e idrogeologiche del sottosuolo e dei corpi idrici, che determinano la “vulnerabilità intrinseca degli acquiferi”;
- la tipologia dei suoli in qualità di potenziali filtri degli inquinanti di falda (capacità di attenuazione dei suoli);
- l'andamento climatico in quanto influente sulla dinamica del ciclo dell'azoto;
- il fattore antropico (coltivazioni ed allevamenti, tipologia e quantità di fertilizzanti, tipologia e quantità delle deiezioni del bestiame).

L'analisi e la valutazione degli studi, delle cartografie e dei database geografici disponibili ci hanno permesso di selezionare dei parametri ritenuti necessari e sufficienti per la valutazione della vulnerabilità. Ogni parametro selezionato è stato valutato in termini qualitativi per intervalli opportunamente descritti o preordinati per situazioni tipo; l'approccio di tipo qualitativo presenta il vantaggio di essere facilmente applicabile in assenza di dati derivati da una metodologia quantitativa, ma al contempo potrebbe risultare fortemente penalizzante qualora la valutazione sia fatta esclusivamente secondo il criterio della massima limitazione. Ad ogni parametro “misurato qualitativamente” è stata attribuita una determinata classe; per l'attribuzione delle classi sono state realizzate delle *matching tables* in cui le qualità e caratteristiche, cioè i parametri ambientali, di ciascuna *unità cartografica territoriale* (*land map unit*: area omogenea nelle caratteristiche ambientali) sono state confrontate con i requisiti necessari per rientrare in una determinata classe di rischio o classe di capacità di attenuazione. I metodi di attribuzione delle classi mediante tabella di confronto sono diversi; i più utilizzati sono quello soggettivo (a stima di esperto) e quello della limitazione più severa, in cui si dà più peso al fattore maggiormente limitante. Nel primo caso si ha il vantaggio di giungere direttamente ad una valutazione secondo una stima basata sull'esperienza, ma trattandosi di un giudizio soggettivo è suscettibile di variazioni se cambia il valutatore. Il secondo caso presenta il vantaggio di essere molto cautelativo, ed è analogo alla cosiddetta “legge del minimo” in agricoltura, con la quale si stabilisce che la produzione di una coltura è

condizionata dalla disponibilità dell'elemento nutritivo presente nel suolo al livello più basso; tuttavia a volte risulta essere eccessivamente penalizzante. Poiché entrambi gli approcci presentano vantaggi e svantaggi, si è ritenuto opportuno procedere secondo una metodologia mista che tiene conto dell'esperienza dei valutatori, evitando i rischi derivanti da un'attribuzione di classi rigidamente aritmetica o, all'opposto, da un'estrema soggettività. Le indicazioni fornite dalle *matching tables* hanno permesso la realizzazione di diverse Carte tematiche intermedie, utilizzate per arrivare alla definizione finale della nuova *Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola* in scala 1:250.000. E' stata adottata una metodologia di *Land evaluation* che si ispira ai metodi di *zonazione per aree omogenee*, seguendo un percorso metodologico in cui l'elemento centrale è costituito dalla sovrapposizione cartografica per *overlay* informatico delle Carte tematiche e dove, in particolare, sono state utilizzate le tecniche dell'*incrocio unione* e dell'*incrocio per intersezione*. L'elaborato finale costituisce un importante strumento di programmazione regionale, e rappresenta la base per l'impostazione dei Piani d'azione e delle attività di monitoraggio agroambientale; la Carta sarà inoltre utile per i successivi studi e aggiornamenti cartografici a maggiore dettaglio finalizzati alla protezione delle acque.

I dati e le informazioni a livello regionale utilizzati per l'ottenimento della cartografia intermedia e per la realizzazione delle *matching tables* sono stati derivati dal database climatico regionale e dal database pedologico regionale nonché dalle seguenti carte di base: *Carta litologica della Sicilia*, *Carta dei corpi idrici significativi*, *Carta dei suoli della Sicilia*, *Carta delle precipitazioni medie annue*, *Carta dell'evapotraspirazione potenziale media annua*, *Carta dell'uso del suolo della Sicilia*.

La scala di lavoro adottata per realizzare la cartografia intermedia e finale è quella di riconoscimento (1:250.000); di seguito viene sintetizzato il percorso di realizzazione della cartografia, che è illustrato anche nello schema riportato in figura 1:

- l'analisi congiunta dei dati di geologia strutturale ed idrogeologici e dei dati messi a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che ha avviato uno studio finalizzato alla caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei per la definizione dello stato di qualità delle acque, ha permesso di effettuare una prima stima della vulnerabilità intrinseca e la definizione della *Carta della vulnerabilità intrinseca di massima*;
- l'elaborazione dei dati climatici e pedologici su scala regionale ha permesso la definizione rispettivamente della *Carta dell'indice di aridità* e della *Carta della capacità di attenuazione dei suoli*. Utilizzando la tecnica dell'incrocio

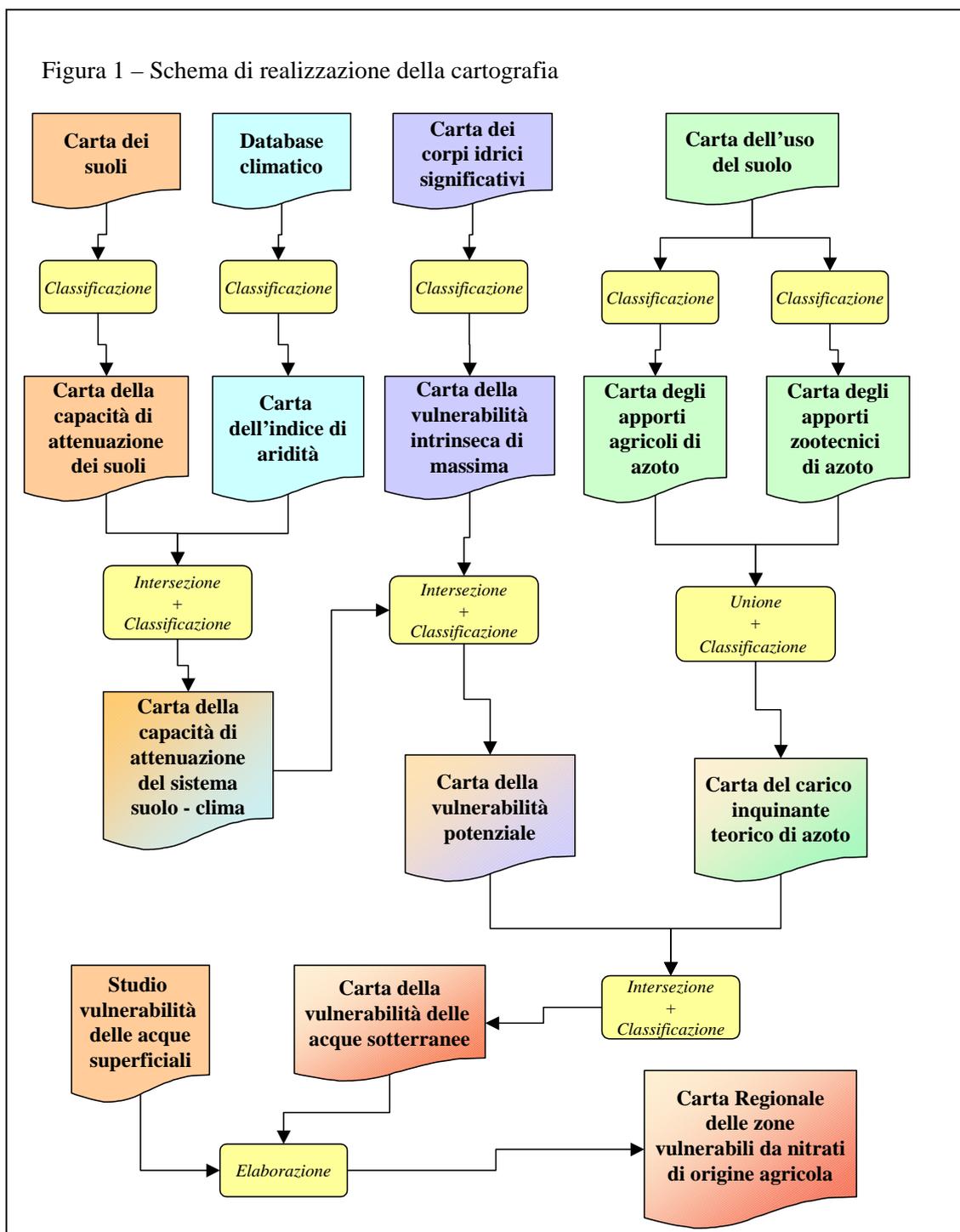
per intersezione da queste due carte intermedie si è ottenuta la *Carta della capacità di attenuazione del sistema suolo-clima*;

- dal successivo incrocio per intersezione della *Carta della capacità di attenuazione del sistema suolo-clima* con la *Carta della vulnerabilità intrinseca di massima* si è ottenuta la *Carta della vulnerabilità potenziale*;
- l'elaborazione dei dati della Carta dell'uso del suolo e dei dati sulle aziende zootecniche ha permesso la definizione rispettivamente della *Carta degli apporti agricoli di azoto* e della *Carta degli apporti zootecnici di azoto* dal cui incrocio per unione è derivata la *Carta del carico inquinante teorico di azoto*;
- l'incrocio per intersezione della *Carta del carico inquinante teorico di azoto* con la *Carta della vulnerabilità potenziale* ha generato la *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee da nitrati di origine agricola*;
- l'ulteriore elaborazione della *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee da nitrati di origine agricola* e delle informazioni derivanti dall'analisi sullo scorrimento superficiale (*runoff potenziale*) e dai dati sul monitoraggio delle acque superficiali ha generato la *Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola* in scala 1:250.000.

Si fa presente che tutti gli incroci tra i diversi tematismi sono stati effettuati attraverso procedure di geoprocessing con l'ausilio dei softwares ARCGIS della ESRI.

Nei paragrafi seguenti si riporta la metodologia di realizzazione delle carte tematiche intermedie.

Figura 1 – Schema di realizzazione della cartografia



III. La vulnerabilità delle acque sotterranee

1 Geologia

1.1 Aspetti litostrutturali ed idrogeologici

Per quanto riguarda le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche ed idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi ci si è basati sui dati messi a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Palermo, che ha avviato uno studio finalizzato alla caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei per la definizione dello stato di qualità delle acque, secondo quanto previsto in merito dal decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. Attraverso tali attività conoscitive sono state definite le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geochemiche delle strutture più importanti a livello regionale, avvalendosi di una rete di monitoraggio che ha permesso di ricavare dati quali-quantitativi sulla geometria dei principali corpi idrici e sulla qualità delle acque sotterranee.

Sono stati preliminarmente individuati i corpi idrici significativi (Fig. 2) della regione, da intendersi come strutture idrogeologiche di interesse regionale, costituite da uno o più acquiferi con comportamento autonomo o in comunicazione idraulica con altre idrostrutture contigue con cui si possono realizzare scambi idrici.

L'analisi congiunta dei dati di geologia strutturale e dei dati idrogeologici ha permesso di riconoscere contatti tettonici che assolvono un ruolo idrogeologico, mettendo a contatto reciproco i complessi permeabili e impermeabili. Ad esempio la presenza di sistemi di faglie d'ampia estensione areale e a notevole rigetto complessivo può rappresentare un criterio per l'individuazione dei limiti dei corpi idrici, soprattutto quando si ritrovano a contatto idraulico formazioni geologiche a diverso grado di permeabilità.

Con tale approccio sono stati individuati nel complesso 231 corpi idrici di base, appartenenti a 14 grandi bacini idrogeologici significativi. Va ricordato inoltre che i corpi idrici del territorio siciliano possono schematicamente essere raggruppati in quattro principali classi:

- corpi idrici in rocce carbonatiche;
- corpi idrici in rocce vulcaniche;
- corpi idrici in rocce elastiche;
- corpi idrici in rocce metamorfiche e plutoniche.

a) Corpi idrici in rocce carbonatiche

Si tratta di corpi idrici con notevole estensione nelle aree di affioramento (Madonie, Monti di Trabia – Termini Imerese, di Bagheria, di Palermo di Trapani, Sicani, Iblei) e nei quali è predominante il flusso in rete carsica e/o in fratture. Insieme al complesso etneo sono i maggiori corpi idrici della Sicilia e sono inoltre di importanza strategica per l'approvvigionamento idrico di molti centri urbani dell'isola. In molti casi questi corpi idrici proseguono nel sottosuolo come acquiferi confinati o semiconfinati al di sotto di coperture terrigene. Tali corpi idrici ospitano acquiferi prevalentemente calcareo-dolomitico e calcarei caratterizzati da grande capacità di immagazzinamento e ricarica, ma con vulnerabilità elevata.

b) Corpi idrici in rocce vulcaniche

Si rinvengono principalmente nel sistema vulcanico dell'Etna e nella parte nord dell'area iblea. La caratteristica principale di questi corpi idrici è di ospitare acquiferi multifalda sovrapposti, ubicati in corrispondenza delle colate di lava e separati da materiali piroclastici fini a permeabilità bassa o nulla. Il flusso idrico è condizionato dalla porosità primaria, che può essere localmente molto elevata, per le reti di frattura a media scala.

La loro capacità di ricarica è molto variabile, la capacità d'immagazzinamento è ridotta, ed è legata direttamente alla morfologia ed estensione areale e laterale delle colate laviche che ospitano le falde idriche. La loro vulnerabilità è elevata.

c) Corpi idrici in rocce clastiche

Sono distinguibili due tipologie principali:

- corpi idrici affioranti sia lungo la costa che nell'entroterra, allocati in calcareniti, sabbie e conglomerati (Piana di Bagheria, Palermo, Carini, Marsala, Gela), il flusso idrico è condizionato in maniera dominante dalla porosità primaria e subordinatamente dalla rete di fratture, la vulnerabilità è alta;
- corpi idrici ospitati negli orizzonti arenaceo-conglomeratici più permeabili delle successioni terrigene (porzioni periferiche dei monti Sicani, delle Madonie, dei monti di Trabia-Termini Imerese, del bacino di Ciminna), prevale la circolazione nella rete di fratture, la permeabilità è da media a bassa e la vulnerabilità è media.

d) Corpi idrici in rocce metamorfiche

Si localizzano esclusivamente nei Peloritani e la permeabilità è controllata dai piani di scistosità/fratturazione e a grande scala da discontinuità tettoniche. La permeabilità è da medio-bassa ad alta.

1.2 Considerazioni relative alla vulnerabilità intrinseca degli acquiferi

La valutazione di massima della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi siciliani è stata fatta utilizzando sia i dati messi a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia che altri dati bibliografici, ed in base a tali elementi sono stati elaborati modelli idrogeologici preliminari ed estremamente semplificati, sulla base di considerazioni di carattere generale relative alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geochimiche delle strutture interessate.

Per l'elaborazione ci si è avvalsi, come si è già detto, di tecniche GIS che hanno permesso la georeferenziazione, la vettorializzazione e la mappatura dei bacini idrogeologici. Sulla base dei dati disponibili, e tenendo conto della scala di riferimento adottata, l'approccio alla valutazione della vulnerabilità intrinseca è stato di tipo qualitativo, così come previsto dall'Allegato 7 allo stesso decreto legislativo 152/99. I dati utilizzati (in particolare litologia, geochimica, permeabilità ed assetto strutturale del corpo idrico) hanno permesso di effettuare una prima stima della vulnerabilità intrinseca - per la quale sono state individuate tre classi: alta, media e bassa - con la conseguente definizione di una prima elaborazione della *Carta della vulnerabilità intrinseca di massima* (Fig. 3), che si sviluppa a scala regionale con tutti i limiti connaturati alla metodologia seguita.

In proposito sembra infine necessario ricordare che un insieme di molteplici fattori - fra i quali occorre citare un quadro conoscitivo delle matrici ambientali ancora non sufficientemente definito, la scala di restituzione cartografica prevista dalla norma (1:250.000), e l'approccio metodologico generale del decreto legislativo 152/99 - imponevano una procedura semplificata nell'ambito della quale sono stati considerati accettabili, in questa fase, taluni rilevanti margini di incertezza esistenti e gli inevitabili errori legati alle approssimazioni introdotte.

E' evidente tuttavia che, quando saranno a regime tutte le attività previste per il monitoraggio dei corpi idrici (che in diversi settori sono ormai partite) e con l'acquisizione di ulteriori elementi conoscitivi sulla geometria degli acquiferi e sulla qualità delle acque, si perverrà alla ricostruzione di "modelli idrogeologici" sempre più affidabili e rappresentativi delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geochimiche del sistema (geometria e meccanismi di ricarica degli acquiferi, rapporti tra le falde, rapporti tra acque superficiali e acque sotterranee, caratteristiche qualitative delle acque sotterranee), che al momento attuale non è possibile definire in modo rigoroso.

Nei successivi aggiornamenti della carta, pertanto, si procederà alla revisione dei criteri di valutazione della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei, in funzione dei dati e dei nuovi elementi che si renderanno disponibili.

2 La rete di monitoraggio e la qualità delle acque sotterranee

Scopo principale delle osservazioni è stata la verifica delle caratteristiche idrogeologiche e geochimiche preliminarmente definite, oltre che la verifica della qualità dei corpi idrici in relazione alla possibilità di contaminazione a causa di composti azotati provenienti da attività antropiche, in particolare di origine agricola e zootecnica. Per una migliore definizione del quadro conoscitivo la rete di monitoraggio (Fig. 4) è stata infittita nelle aree dove le notizie tratte dalla bibliografia non riuscivano a dare informazioni sufficienti a formulare modelli idrogeologici e geochimici ben definiti (Peloritani, Sicani, Marsala-Mazara).

Sono stati inizialmente campionati 450 punti d'acqua (sorgenti, pozzi, gallerie drenanti). Su tutti i campioni è stata eseguita l'analisi dei parametri di base previsti nella tabella 19 del D.Lgs. 152/99, e degli elementi in tracce (parametri addizionali); inoltre su 50 punti sono state eseguite le analisi dei composti organici e fitofarmaci (parametri addizionali). E' stata effettuata, ovviamente, la determinazione del tenore dei nitrati.

Dai dati idrogeochimici ottenuti è emersa la necessità di estendere la rete di campionamento ad altri punti d'acqua, necessari per risolvere alcuni problemi connessi ad una migliore definizione dei corpi idrici e alla loro caratterizzazione. In totale sono stati prelevati ed analizzati, ai fini della zonizzazione, 557 campioni nei corpi idrici ubicati in aree con maggiore vulnerabilità intrinseca e/o con maggior grado di antropizzazione, in funzione del numero e della tipologia dei centri di pericolo.

La figura 4 mostra la mappa dei punti di campionamento, disaggregati per classi e distribuiti all'interno dei diversi complessi idrogeologici, nella quale sono evidenziati i punti nei quali il tenore dei nitrati (espressi come NO_3) è risultato superiore ad una soglia "di attenzione" che in via cautelativa è stata posta uguale a 40 mg/L.

Risulta evidente che le situazioni più gravi riguardano la Piana di Mazara-Marsala e la Piana di Catania (con oltre il 70 % dei campioni oltre la soglia). Da tenere sotto controllo anche alcuni dei corpi idrici dei Monti di Trapani (39 % oltre la soglia di attenzione, ma con solo 8 % dei campioni che manifesta fenomeni di inquinamento rilevante), che costituiscono un importante riferimento nel panorama idrogeologico della Sicilia occidentale, dato che soddisfano le esigenze idropotabili di molti centri abitati della zona.

Esiste infine una piccola area a NW di Augusta che denota una situazione di compromissione locale che non desta tuttavia preoccupazione a scala regionale.

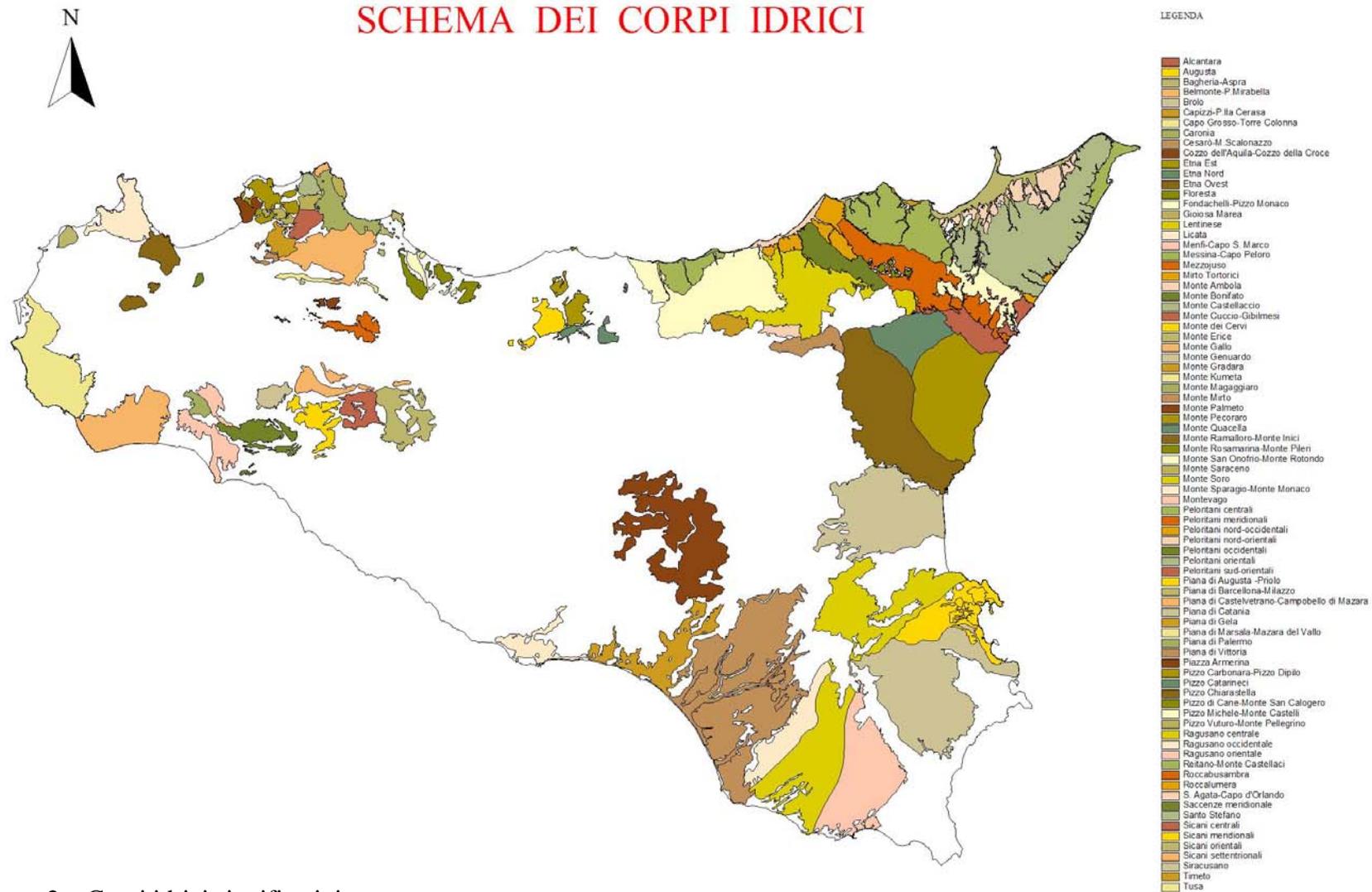


Figura 2 – Corpi idrici significativi

CARTA DELLA VULNERABILITA' INTRINSECA DI MASSIMA

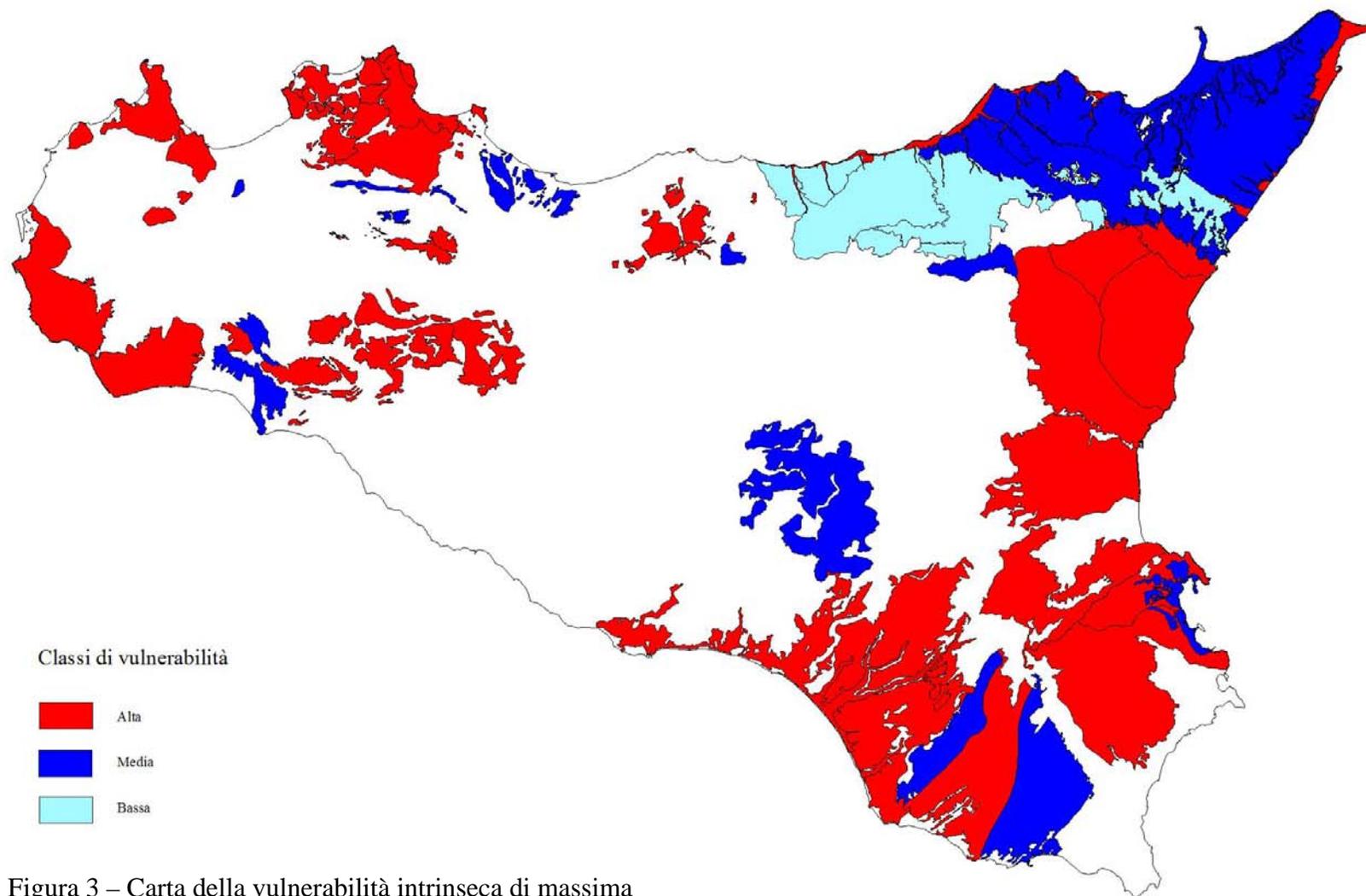


Figura 3 – Carta della vulnerabilità intrinseca di massima

CORPI IDRICI SOTTERRANEI - PUNTI DI CAMPIONAMENTO

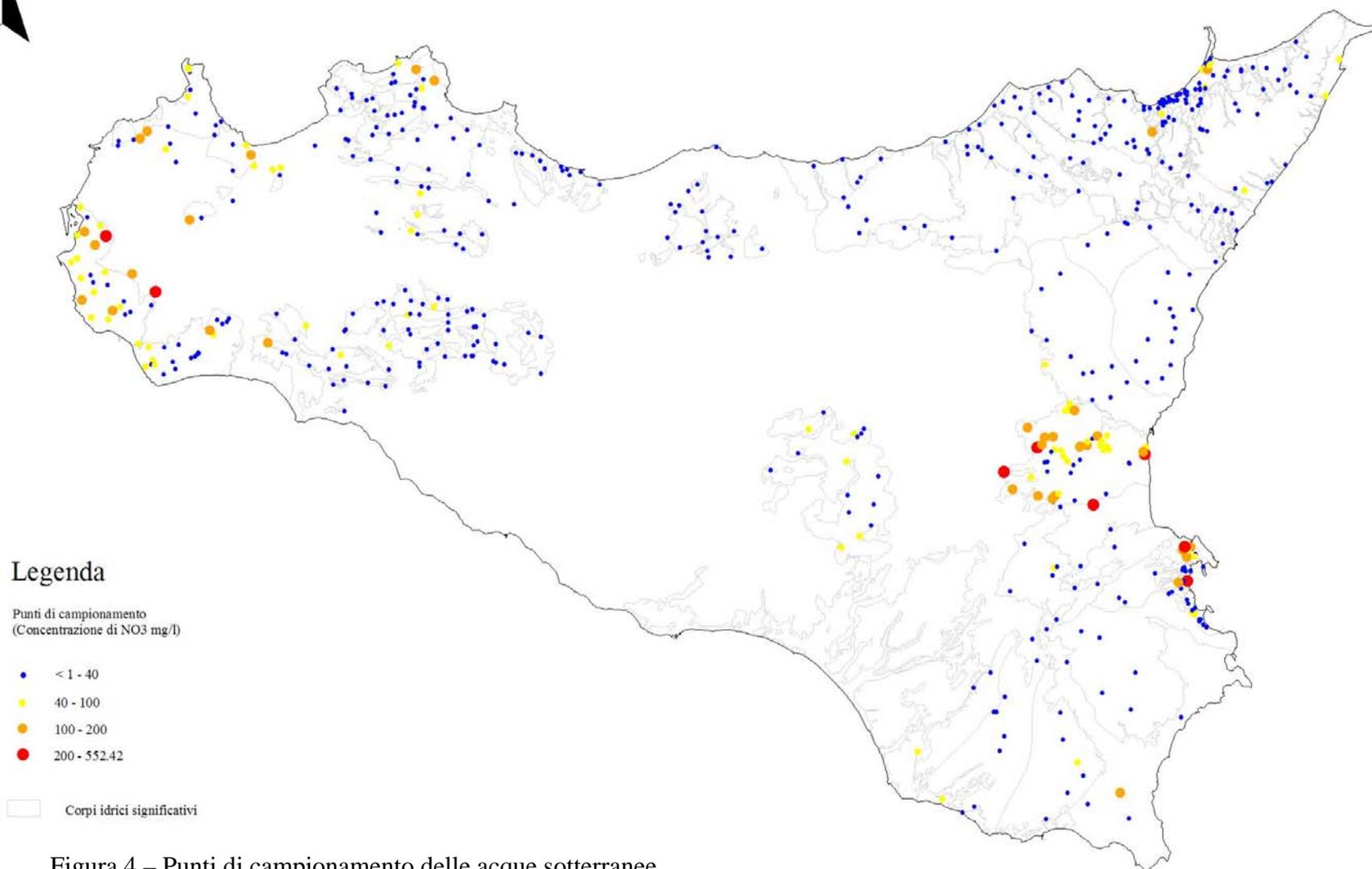


Figura 4 – Punti di campionamento delle acque sotterranee

3 Clima

La caratterizzazione climatica in relazione al rischio di rilascio di nitrati nell'ambiente è basata sull'indice di aridità (Ia). Le elaborazioni climatiche sono state realizzate a partire da dati di base di temperatura e precipitazioni relativi a stazioni del Servizio Idrografico Regionale per il periodo 1965-1994.

L'indice di aridità è dato in tal caso dal rapporto P/ETP, dove con P si indicano le precipitazioni mediane annue e con ETP si indica l'evapotraspirazione potenziale media annua. Per la stima dell'ETP si è utilizzato il metodo di Penman-Monteith. Va però precisato che, per la regione Sicilia, non sono disponibili serie storiche sufficientemente lunghe su una estesa rete di stazioni e per tutte le variabili meteorologiche che tale algoritmo di calcolo richiede (radiazione solare, velocità del vento, temperatura e umidità relativa dell'aria). L'unica variabile di cui si dispone è in tal senso la temperatura dell'aria. Si è così ricorso ad una doppia stima su tre stazioni della Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN) dell'UCEA (Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali), utilizzando contemporaneamente i metodi di Penman-Monteith e di Thornthwaite. Quest'ultimo metodo consente infatti una buona stima dell'ETP, almeno come medie su periodi abbastanza lunghi (mese, anno), a partire dai soli dati di temperatura dell'aria.

Attraverso i parametri della retta di regressione lineare fra i due metodi, si è quindi proceduto alla stima, su tutto il territorio regionale, dell'ETP secondo il metodo Penman-Monteith, utilizzando come carta di base quella ottenuta con il metodo di Thornthwaite, già pubblicata nell'”Atlante climatologico della Sicilia”.

L'elaborato finale è rappresentato appunto dalla *Carta regionale dell'indice di aridità* in scala 1:250.000 (Fig. 5), con una suddivisione in tre classi:

- $Ia < 0,5$, clima semiarido-arido;
- $Ia 0,5-0,65$, clima asciutto-subumido;
- $Ia > 0,65$, clima umido.

Le aree del territorio regionale con clima umido sono quelle della catena montuosa settentrionale, dei monti Sicani, delle parte più alta degli Iblei e dei versanti nord-orientali dell'Etna. In queste aree l'effetto combinato di alti valori di precipitazioni e di bassi valori di ETP porta ad avere appunto situazione di clima umido. Condizioni intermedie, con clima asciutto-subumido si ritrovano nelle restanti aree settentrionali di collina, nelle aree centrali montuose e nelle aree collinari degli Iblei. Le aree che presentano un clima semiarido-arido sono infine quelle di pianura e bassa collina dei settori occidentali, centro-meridionali e

orientali. I bassi quantitativi di precipitazioni totali annue, congiuntamente agli alti livelli radiativi ed elevate temperature, che portano ad avere alti valori di ETP, conferiscono a tali ultime zone evidenti condizioni di semi-aridità o aridità.

L'elaborazione appena descritta esprime bene, anche se sommariamente, le caratteristiche idrologiche medie dell'ambiente regionale, in termini di potenziale disponibilità idrica annua del territorio. Tale indice può essere utilmente considerato per gli aspetti che riguardano il potenziale rischio di rilascio di nitrati negli acquiferi profondi, mentre poco può dire circa i fenomeni di scorrimento e trasporto superficiale.

A quest'ultimo proposito, invece, possono essere utilizzati due indici sintetici (valore cumulato delle precipitazioni nei periodi autunnale e invernale, distribuzione regionale delle precipitazioni di massima intensità) che, congiuntamente alle caratteristiche dei suoli rispetto a tale problematica, possono consentire una caratterizzazione sommaria del territorio regionale dal punto vista del potenziale rischio di rilascio di nitrati attraverso lo scorrimento idrico superficiale e, quindi, i successivi movimenti nell'ambito del reticolo idrografico.

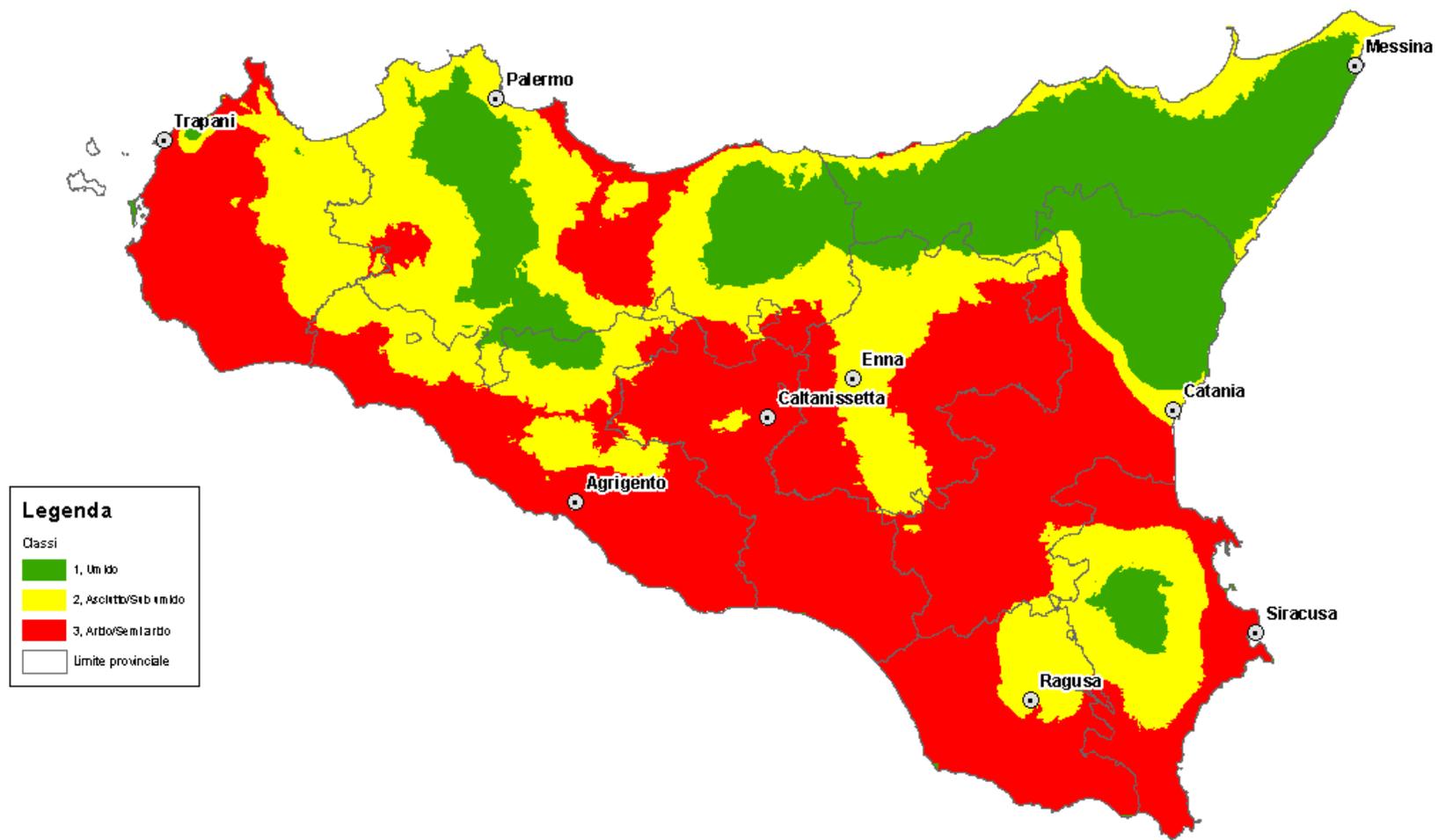


Figura 5 – Carta regionale dell'indice di aridità

4 Suoli

Il suolo è un sistema naturale caratterizzato da un continuo scambio di energie e materia con l'ambiente circostante, che svolge molteplici funzioni tra cui anche quella di filtro nei confronti di potenziali inquinanti. Questa capacità filtrante è strettamente correlata ai caratteri e alle qualità dei diversi tipi pedologici, di conseguenza l'analisi dell'attitudine dei suoli ad influenzare il passaggio dei nitrati di origine agricola nelle acque profonde deve essere condotta utilizzando tutte quelle informazioni normalmente contenute negli studi e nelle carte pedologiche. Allo scopo sono stati utilizzati i dati sui suoli disponibili a livello regionale inseriti nel Sistema Informativo Territoriale dell'Assessorato Agricoltura e Foreste, costruito con le informazioni derivate dalla Carta dei suoli della Sicilia in scala 1:250.000 di G. Fierotti e coll. e dai rilevamenti pedologici realizzati dall'U.O.49 dell'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste. L'elaborazione dei dati cartografici ed alfanumerici ha permesso la definizione di una prima carta tematica intermedia: la *Carta della capacità di attenuazione dei suoli* (Fig. 6), dove le unità cartografiche pedologiche sono classificate in relazione alla loro maggiore o minore attitudine protettiva, cioè la capacità dei suoli ad evitare o limitare il rischio di rilascio dei nitrati. I criteri ed il percorso metodologico adottati sono di seguito descritti. E' da sottolineare che l'uso di cartografia a così piccola scala crea qualche problema in termini di precisione e di dettaglio nella cartografia derivata ottenuta, ma al contempo fornisce una soddisfacente visione d'insieme di tutto il territorio regionale.

L'attitudine protettiva dei singoli tipi pedologici è stata valutata attraverso un modello che considera la *capacità di ritenzione idrica* e la *permeabilità*. Il significato ed il ruolo che a ciascun parametro pedologico si è voluto assegnare nel modello di valutazione adottato viene di seguito esposto, sottolineando che un suolo avrà un'attitudine protettiva tanto maggiore, quanto più alta sarà la sua capacità di ritenzione idrica e quanto più bassa sarà la sua permeabilità.

La *capacità di ritenzione idrica* (o acqua disponibile, AWC, available water capacity) si riferisce alla quantità di acqua, utilizzabile dalla maggior parte delle colture, che un suolo è in grado di trattenere; essa è data dalla differenza tra la quantità di acqua presente nel suolo alla capacità di campo e quella presente al punto di appassimento e comunemente è espressa come mm di acqua per cm di profondità di suolo.

Maggiore sarà la quantità d'acqua che il suolo è in grado di trattenere a disposizione delle radici dei vegetali, minore sarà il rischio che l'acqua e i nitrati in essa disciolti percolino oltre il franco di coltivazione verso la falda. E' un caratteristica strettamente legata alla granulometria ed allo spessore del tipo pedologico considerato; si è quindi proceduto a calcolare la capacità di ritenzione idrica dei suoli, moltiplicando la loro profondità in centimetri per l'AWC in mm/cm riferita alla loro tessitura.

AWC mm/cm	
Tessitura	AWC mm
grossolana	1
media	2
fine e molto fine	1,5

I dati di tessitura e profondità sono stati desunti dalla cartografia pedologica e dal database già citati, che ci ha permesso una classificazione delle tessiture in tre classi (grossolana, media e fine) e dello spessore in cinque classi (0-25 cm – molto sottile, 25-50 cm – sottile, 50-100 cm – medio, 100-150 cm – elevato, >150 cm – molto elevato). Ai valori di AWC così ottenuti è stata attribuita una determinata classe di capacità di attenuazione; lo schema di attribuzione delle classi di AWC è riportato nella sottostante tabella :

Tabella 1: schema di attribuzione delle classi di capacità di attenuazione

AWC suolo (mm)	Classe di attenuazione
0 - 50	BASSA
50 - 100	MEDIA
> 100	ALTA

La classificazione dei parametri pedologici secondo i criteri suesposti ha comunque comportato qualche problema dovuto essenzialmente al dettaglio della cartografia tematica utilizzata ed al tipo di unità cartografiche (insieme di aree rappresentate sulla carta con un analogo contenuto pedologico composto da associazioni di suoli) utilizzate nella carta dei suoli regionale. L'associazione di suoli infatti comprende, all'interno di una stessa unità cartografica, due o più tipi pedologici che, pur mantenendo una comune origine pedogenetica, possono avere caratteristiche e qualità e, conseguentemente, una gestione molto differenti. In questi casi, quindi, si è ritenuto opportuno fare riferimento al tipo di suolo "dominante" per estensione superficiale nell'associazione; quando ci si è ritrovati in compresenza di suoli con caratteristiche gestionali molto diverse ed estensione simile, si è scelta una via prudenziale e si è fatto riferimento al suolo con le caratteristiche più limitanti.

La *permeabilità* è intesa come permeabilità primaria verticale per porosità, ovvero la conducibilità idraulica satura, ed è riferita all'orizzonte meno permeabile del profilo. E' stata effettuata una stima della permeabilità secondo la metodologia proposta dal Soil Survey Manual (USDA – Soil Conservation Service, 1993), che prende in considerazione alcune caratteristiche dei suoli quali la tessitura, il tipo di struttura e la porosità. La succitata metodologia prevede una stima della permeabilità in tre livelli: Elevata – Media – Bassa; anche in questo caso alle diverse unità cartografiche che compongono la Carta dei suoli regionale è stata attribuita una classe di permeabilità, seguendo, per le associazioni di suolo, gli stessi principi indicatori esposti per la classificazione dell'AWC.

L'analisi e l'elaborazione dei parametri pedologici di cui sopra ha permesso la realizzazione di una tabella di attribuzione delle classi di capacità di attenuazione dei suoli, (Tab.2) con cui è stata realizzata la *Carta della capacità di attenuazione dei suoli*.

Tabella 2 - Classi di capacità di attenuazione dei suoli

UC	Suoli principali (FAO 1974)	Incidenza %	AWC suoli principali	Permeabilità suoli principali	Suoli secondari (FAO 1974)	Incidenza %	AWC suoli secondari	Permeabilità suoli secondari	Classe di capacità di attenuazione
0	Aree Urbane	100		0					NON DEFINITA
1	litosuoli	20	<50	media					BASSA
2	litosuoli	20	<50	media	luvisuoli cromici	20	<50	media	BASSA
3	luvisuoli cromici (25%), cambisuoli eutrici e/o calcici (20%)	45	50-100	media					MEDIA
4	litosuoli (45%), regosuoli eutrici (20%)haploxerolls)	65	<50	media					BASSA
5	litosuoli	55	<50	media	cambisuoli eutrici (andic xerochrepts)	15	50-100	elevata	BASSA
6	litosuoli	45	<50	media	cambisuoli eutrici	20	50-100	media	BASSA
7	litosuoli	50	<50	media	luvisuoli cromici	20	50-100	media	BASSA
8	litosuoli	50	<50	media	cambisuoli districi	25	50-100	media	BASSA
9	litosuoli	45	<50	media	luvisuoli ortici (20 % typic e/o mollic haploxeralfs), cambisuoli eutrici (20%)	40	>100	media	BASSA
10	regosuoli eutrici (40%), litosuoli (35%)	75	<50	elevata	cambisuoli eutrici (andic xerochrepts)	15	>100	elevata	BASSA
11	regosuoli calcarei (50%), litosuoli (20%)	70	<50	media	cambisuoli eutrici e/o vertici	20	>100	media	BASSA
12	cambisuoli eutrici e/o vertici (30%), fluvisuoli eutrici e/o vertisuoli cromici e/o pellici (20%)	50	>100	media	regosuoli eutrici	40	50-100	media	MEDIA
13	regosuoli eutrici	55	50-100	media	cambisuoli eutrici e/o vertici	35	>100	media	MEDIA
14	regosuoli eutrici	50	50-100	media	fluvisuoli eutrici e/o vertisuoli cromici e/o pellici	40	>100	bassa	MEDIA
15	regosuoli eutrici	50	<50	elevata	cambisuoli eutrici (25% andic xerochrepts), luvisuoli ortici (15%)	40	50-100	elevata	BASSA
16	cambisuoli eutrici (30%), luvisuoli ortici (20%)	50	50-100	media	regosuoli eutrici	40	50-100	media	MEDIA
17	fluvisuoli eutrici e cambisuoli eutrici e/o vertici	90	>100	media					ALTA
18	fluvisuoli eutrici (65%), vertisuoli cromici e/o pellici (20%)	85	>100	media					ALTA
19	vertisuoli cromici e/o pellici	95	>100	bassa					ALTA
20	cambisuoli eutrici (50%), cambisuoli calcici (20%)	70	50-100	media	litosuoli	20	<50	media	MEDIA
21	litosuoli (25%), regosuoli eutrici (20%)	45	50-100	media	cambisuoli calcici	40	>100	media	MEDIA
22	cambisuoli eutrici	50	>100	media	vertisuoli cromici e/o pellici (20%) cambisuoli vertici (20%)	40	>100	bassa	ALTA
23	cambisuoli eutrici (50%), cambisuoli calcici (20%)	70	>100	media	rendzine	15	50-100	media	ALTA
24	cambisuoli eutrici	50	>100	media	fluvisuoli eutrici	35	>100	media	ALTA
25	cambisuoli eutrici (55%), luvisuoli ortici (20%)	75	>100	media	regosuoli eutrici e litosuoli	15	<50	media	ALTA
26	cambisuoli districi	50	>100	media	litosuoli	20	<50	media	ALTA
27	cambisuoli eutrici (75%), luvisuoli ortici (15%)	90	>100	media					ALTA
28	cambisuoli eutrici (andic xerochrepts)	50	>100	media	litosuoli	35	50-100	media	MEDIA
29	luvisuoli ortici	60	50-100	media	luvisuoli cromici	30	50-100	media	MEDIA
30	luvisuoli cromici	70	50-100	media	litosuoli	15	<50	media	MEDIA
31	luvisuoli cromici (50%), cambisuoli calcici (20%)	70	50-100	media	litosuoli	20	<50	media	MEDIA
32	Arenosuoli gleici	100	<50	elevata					BASSA
33	Dune e regosuoli (sabbiosi)	100	<50	elevata					BASSA

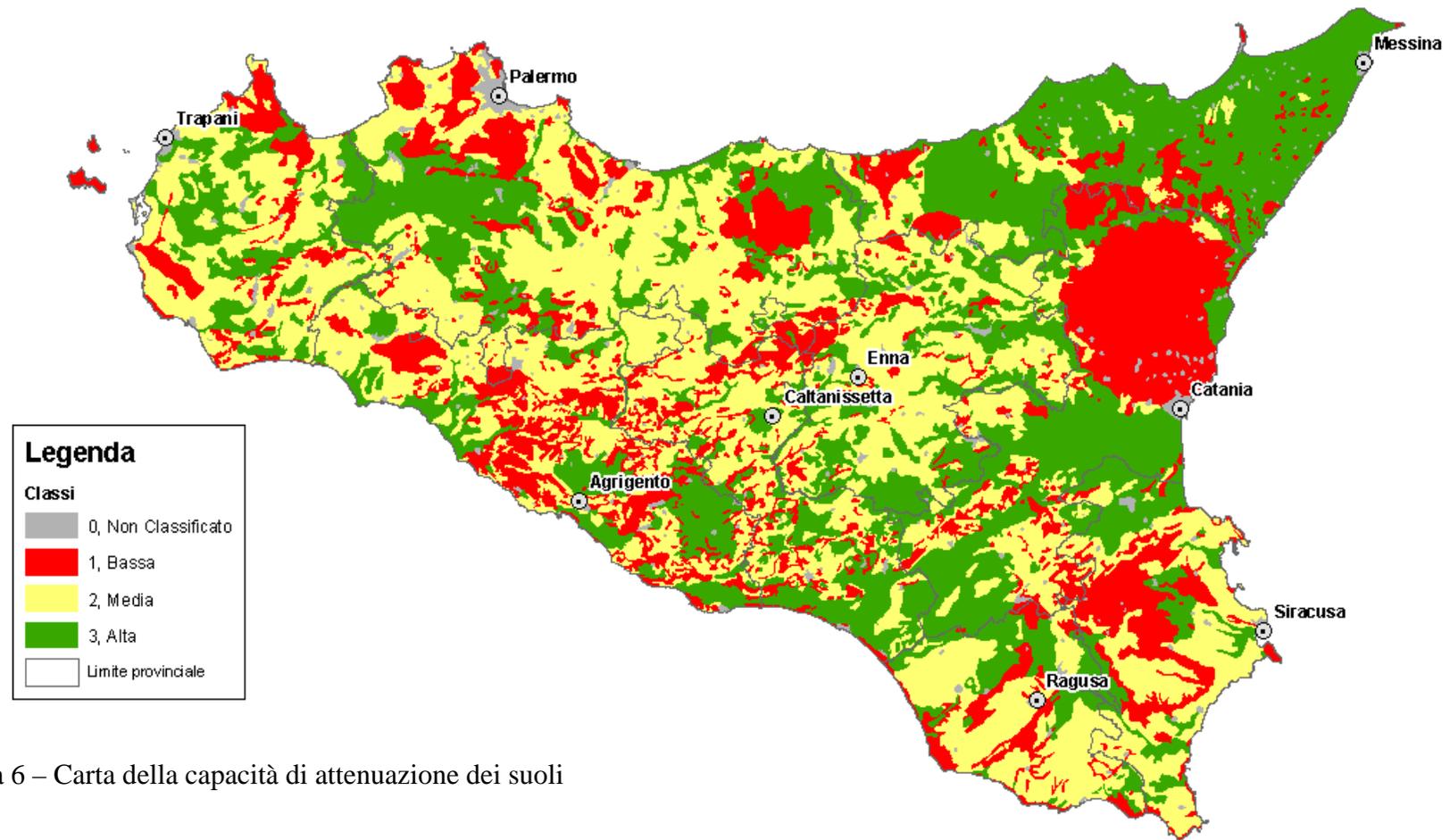


Figura 6 – Carta della capacità di attenuazione dei suoli

I dati desunti dalla *Carta della capacità di attenuazione dei suoli* sono stati rielaborati con quelli della *Carta dell'indice di aridità* (vedi paragrafo sul clima) ed è stata definita una tabella in cui viene illustrato lo schema di attribuzione delle classi di capacità di attenuazione del sistema suolo-clima (Tab. 3). Dalla matrice risultano nove diversi incroci che sono stati classificati in tre classi di capacità di attenuazione: alta - media - bassa. L'incrocio tra i due tematismi ha prodotto la *Carta della capacità di attenuazione del sistema suolo-clima* (Fig. 7). In questa carta viene evidenziato il ruolo che il sistema suolo-clima svolge in termini di capacità protettiva: alla classe "alta" corrisponde una bassa percolazione di acqua alla base del profilo e di conseguenza una alta capacità protettiva del sistema suolo-clima nei confronti di inquinanti idrosolubili come i nitrati. Per la realizzazione di questo tematismo non sono stati presi in considerazione gli apporti di acqua per scorrimento da posizioni topograficamente più elevate, poiché i dati attualmente a disposizione non permettono un'analisi precisa di tale problematica; questa verrà affrontata negli aggiornamenti successivi di maggiore dettaglio, previsti dal D.Lgs. 152/99, che verranno realizzati quando saranno disponibili i dati di due progetti regionali sul monitoraggio della Direttiva Nitrati e sulla dinamica dell'azoto nel suolo.

Tabella 3 Schema di attribuzione delle classi di capacità di attenuazione del sistema suolo – clima

Capacità di attenuazione del sistema suolo - clima			
Capacità di attenuazione suoli	Indice di Aridità		
	<i>Umido</i>	<i>Asciutto/Sub umido</i>	<i>Arido / Semiarido</i>
<i>Bassa</i>	Bassa	Bassa	Bassa
<i>Media</i>	Bassa	Media	Media
<i>Alta</i>	Media	Alta	Alta

Dall'incrocio per intersezione della *Carta della capacità di attenuazione del sistema suolo-clima* con la *Carta della vulnerabilità intrinseca di massima* si è ottenuta la *Carta della vulnerabilità potenziale* (Fig. 8), che evidenzia il comportamento del sistema clima-suolo-geologia nei confronti della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei. Nella tabella 4 è riportato lo schema di attribuzione delle classi di vulnerabilità risultante dalla sovrapposizione dei due tematismi suddetti; i nove incroci ottenuti sono stati classificati in tre classi di vulnerabilità.: alta, media e bassa; si sottolinea che la classe alta è indicativa di un alto contributo, in termini di passaggio di acqua, alla ricarica dei corpi idrici profondi, quindi individua una maggiore probabilità di inquinamento da sostanze idrosolubili.

Tabella 4 – Schema di attribuzione delle classi di vulnerabilità potenziale

Vulnerabilità potenziale			
Vulnerabilità intrinseca di massima	Capacità di attenuazione sistema suolo - clima		
	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Bassa</i>
<i>Alta</i>	Media	Alta	Alta
<i>Media</i>	Bassa	Media	Media
<i>Bassa</i>	Bassa	Bassa	Bassa

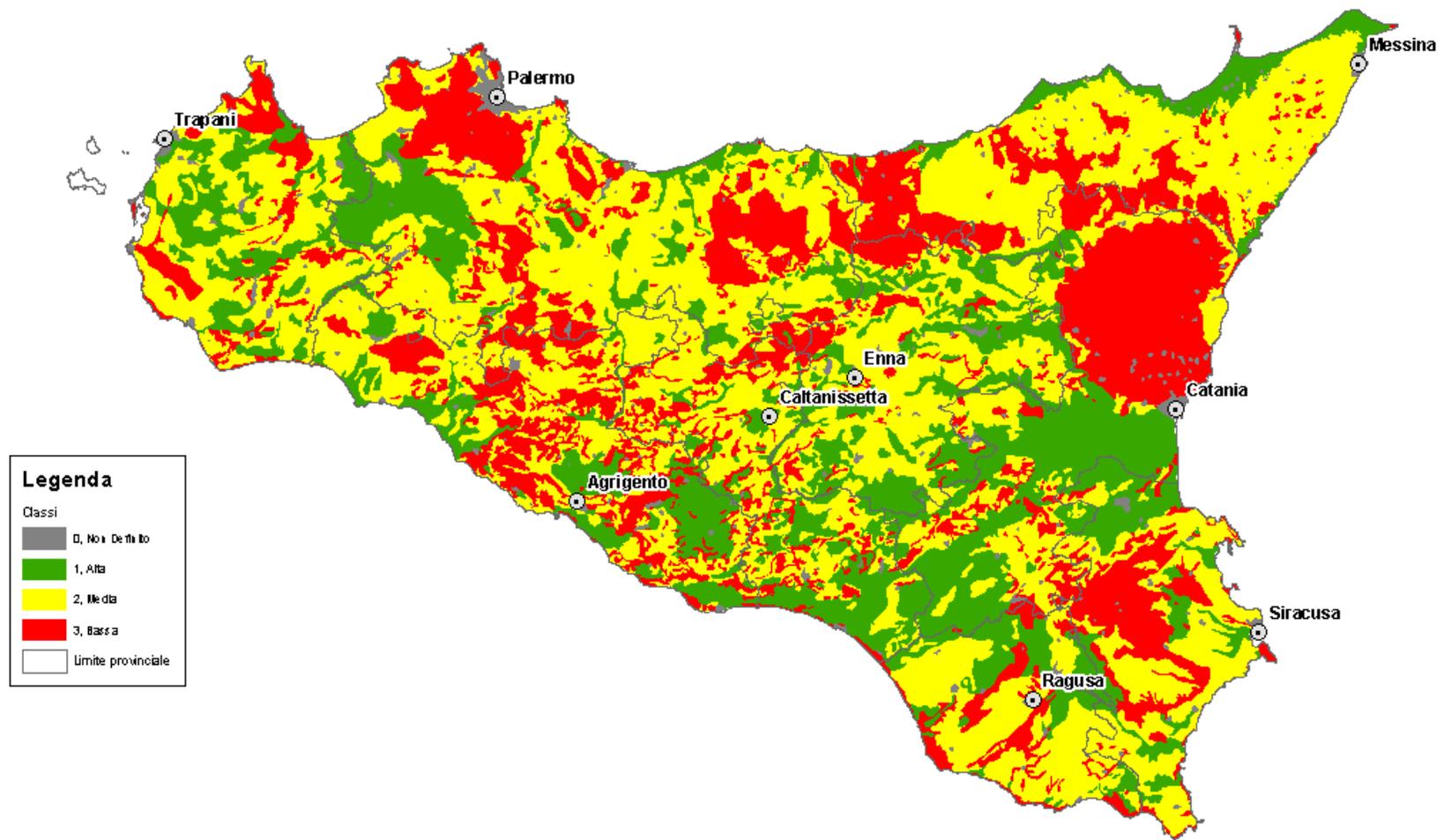


Figura 7 – Carta della capacità di attenuazione del sistema suolo - clima

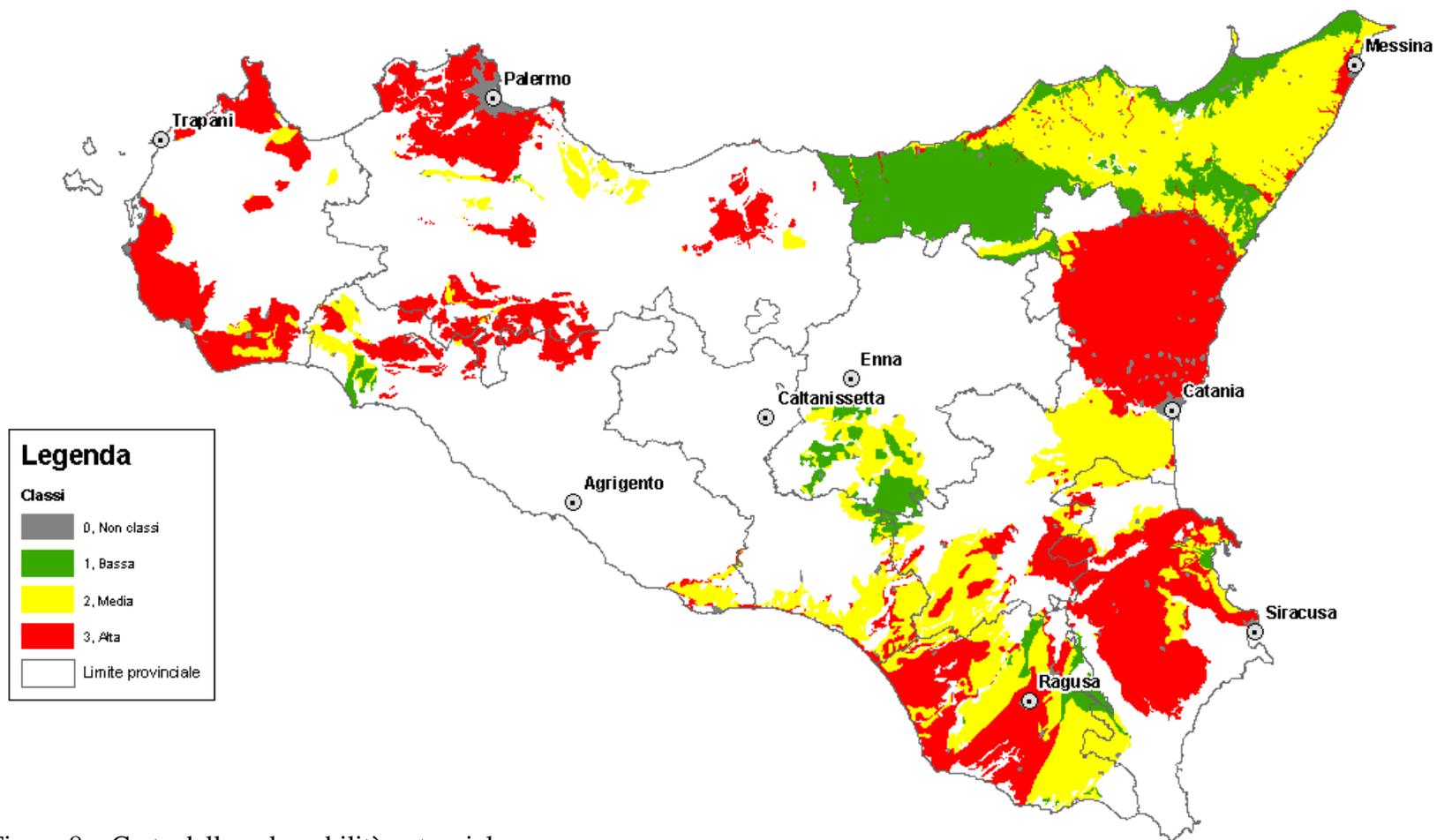


Figura 8 – Carta della vulnerabilità potenziale

5 Uso del suolo e ordinamenti colturali

L'uso agricolo del territorio costituisce una delle condizioni che generano il rischio di inquinamento da nitrati; ciò è da mettere in relazione alle caratteristiche ed alla gestione dei diversi agro-ecosistemi, che determinano effetti diretti ed effetti indiretti. Gli effetti diretti sono legati agli apporti azotati alle differenti colture con le concimazioni; quelli indiretti dipendono dalle tecniche colturali, in particolare l'irrigazione e le lavorazioni del terreno che, interferendo sul bilancio idrico del suolo, influenzano il flusso d'acqua che raggiunge la falda e che può veicolare gli inquinanti. L'analisi dell'uso agricolo del suolo e degli ordinamenti colturali, condotta a livello regionale (escluse le isole minori), ha permesso di definire il rischio di inquinamento derivante dall'utilizzazione agricola dei suoli e di realizzare la *Carta degli apporti agricoli di azoto* (Fig. 9); sovrapponendo quest'ultimo tematismo agli apporti azotati legati all'uso zootecnico (tematismo descritto nel paragrafo seguente) si è pervenuti ad una valutazione qualitativa del carico inquinante teorico di azoto. Lo strato informativo utilizzato per stimare gli apporti azotati delle colture agricole è stato derivato dalla Carta delle Aree di Studio per l'Irrigazione (CASI), progetto specifico dello "Studio sull'uso irriguo della risorsa idrica, sulle produzioni agricole irrigate e sulla loro redditività" realizzato dall'INEA nell'ambito del Programma Operativo Multiregionale "Ampliamento e adeguamento della disponibilità e dei sistemi di adduzione delle risorse idriche nelle Regioni Obiettivo 1". La CASI è stata realizzata con una metodologia che comprende più fasi a cui corrispondono livelli di approfondimento sempre maggiori ed è rappresentata da un database geografico sull'uso del suolo/copertura del suolo in formato vettoriale; in particolare come base di lavoro sono stati utilizzati i seguenti documenti:

- una carta (CASI 2) a livello regionale in scala 1:250.000 basata sui dati, disponibili al 1998, DTM, CORINE Land Cover e cartografia delle aree consortili attrezzate realizzata dal Consorzio ITA per conto del MiPAF;
- una carta (CASI 3) in scala 1:100.000 delle aree agricole con attitudine all'irrigazione, con ingrandimenti al 50.000 nelle aree irrigue, derivata dall'interpretazione di immagini satellitari Landsat TM riprese in tre anni diversi (scelte nell'arco temporale dal '93 al '98) ed in tre differenti stagioni (primavera, estate, autunno).

Il maggiore dettaglio riservato alle aree irrigue è risultato di grande utilità poiché è proprio in queste aree che si concentrano la frutticoltura (compresi gli agrumi) e l'orticoltura (compresa la floricoltura), entrambe espressioni di un'agricoltura intensiva ritenuta la maggiore responsabile del potenziale rilascio di azoto in falda. In particolare, l'orticoltura

intensiva, sia protetta che di pieno campo, è stata ritenuta l'uso agricolo regionale che presenta il maggiore rischio potenziale di rilascio di azoto in falda; ciò è dovuto all'utilizzo di più elevate quantità di fertilizzanti azotati, ad un numero maggiore di colture che si succedono sullo stesso appezzamento nel corso dell'anno e all'interramento di materiale organico rappresentato dai residui colturali della coltura precedente, tutte condizioni che concorrono ad un aumento della dotazione di azoto nel suolo. Una sintetica analisi dell'agricoltura siciliana evidenzia che la frutticoltura e l'orticoltura sono presenti nelle aree pianeggianti, principalmente costiere, ed occupano il 7,5% circa della superficie regionale, mentre i seminativi in asciutto, colture estensive a basso o nullo rischio potenziale che con determinati avvicendamenti colturali possono addirittura svolgere un ruolo protettivo, occupano il 32% circa della superficie regionale e sono diffusi nelle aree collinari. Altri comparti produttivi significativi per l'economia agricola siciliana sono l'olivicoltura e la viticoltura, che interessano rispettivamente il 10% circa (di cui meno dell'1% in irriguo) e il 6% circa (di cui circa il 3% in irriguo) del territorio regionale; l'analisi delle tecniche colturali per entrambe le colture ha permesso di considerarle a basso rischio di inquinamento da nitrati, ad eccezione della gestione in irriguo che, a causa dei maggiori input chimici, è stata ritenuta a medio rischio di inquinamento da nitrati.

L'analisi degli agro-ecosistemi regionali ha consentito la realizzazione di un documento intermedio relativo, la *Carta degli apporti agricoli di azoto*, redatto sulla base dei dati di uso agricolo del suolo ed in cui è stato preso in considerazione il contributo che i differenti tipi di utilizzazione del suolo danno al pericolo di trasporto di azoto nelle acque di percolazione; per la definizione di questo documento intermedio è stata elaborata una tabella (tab.5), di seguito riportata, in cui sono stati valutati gli apporti azotati delle differenti tipologie di uso agricolo organizzati in tre classi: alto, medio e basso

TABELLA 5 – Schema di attribuzione delle classi di apporto agricolo di azoto.

Classe uso del suolo		Superficie (1)		Classe apporto azoto
Codice	Descrizione	ettari	%	
1	Superfici artificiali	96.584	3,80	Non classificabile
211	Seminativi non irrigui	800.527	31,48	Basso
2121	Seminativi irrigui - Colture erbacee in pieno campo a ciclo primaverile - estivo	4.976	0,20	Basso
2122	Seminativi irrigui - Colture orticole da pieno campo a ciclo estivo - autunnale o estivo - primaverile	39.459	1,55	Alto
2123	Seminativi irrigui - Colture orticole da pieno campo a ciclo primaverile - estivo	588	0,02	Alto
2125	Colture in serra e sotto plastica	9.641	0,38	Alto
2211	Vigneti irrigui	78.068	3,07	Medio
2212	Vigneti non irrigui	69.394	2,73	Basso
2221	Frutteti e frutti minori irrigui	138.232	5,44	Alto
2222	Frutteti e frutti minori non irrigui	6.018	0,24	Basso
2231	Oliveti irrigui	21.172	0,83	Medio
2232	Oliveti non irrigui	226.226	8,90	Basso
231	Prati stabili irrigui	218	0,01	Basso
232	Prati stabili non irrigui	176.196	6,93	Basso
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	24.175	0,95	Basso
242	Sistemi colturali e particellari complessi	29.550	1,16	Medio
243	Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	9.270	0,36	Basso
3	Territori boscati e ambienti semi-naturali	803.912	31,61	Non classificabile
4	Zone umide	1.302	0,05	Non classificabile
5	Corpi idrici	7.545	0,30	Non classificabile
Superficie totale (1)		2.543.054		

(1) Isole minori escluse

Classe di apporto azotato di origine agricola	
Basso	Minore di 100 Kg/ettaro di azoto
Medio	Da 100 a 200 Kg/ettaro di azoto
Alto	Oltre 200 Kg/ettaro di azoto

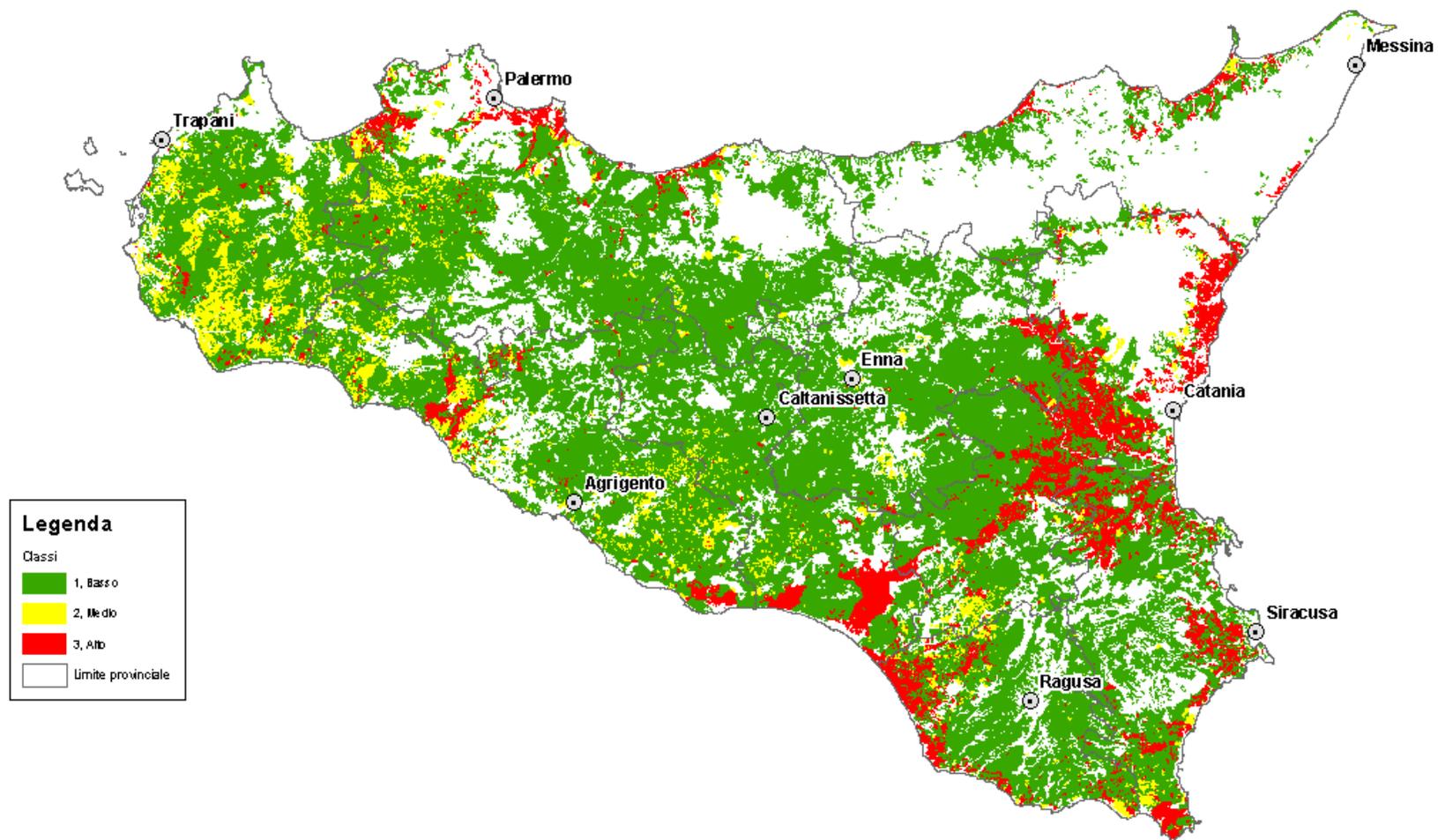


Figura 9 – Carta degli apporti agricoli di azoto

6 Zootecnia

Le aziende agricole della Sicilia che, secondo i dati ISTAT – V censimento dell'agricoltura del 2000, praticano l'allevamento di bestiame risultano essere 18.443, pari ad appena il 5,0% del totale. Si tratta di un dato inferiore del 38,5% a quello rilevato nel 1990, che indica l'abbandono della pratica zootecnica da parte di un gran numero di aziende. Gli allevamenti più diffusi sono quello bovino (49% delle aziende allevatrici) e quello ovi-caprino, con un'incidenza del 46,6%. Il settore zootecnico siciliano è caratterizzato da una preponderante presenza degli allevamenti, sia bovini che ovi-caprini, di tipo estensivo. La forma di allevamento più diffusa è quella libera (allevamento brado) nelle sue diverse accezioni, mentre molto meno diffusa è la stabulazione semifissa o fissa. La massima concentrazione di capi allevati si riscontra nelle aree di collina e di montagna, dove sono prevalenti i sistemi semiestensivi ed estensivi, caratterizzati da un basso livello di produttività e con un limitato ricorso al capitale ed un elevato uso della terra; i sistemi zootecnici intensivi con alti livelli tecnologici, ad elevata intensità di capitale e poco uso di terra sono rari e perlopiù diffusi nelle aree di pianura. Particolare attenzione merita la zootecnia dell'area iblea (provincia di Ragusa), che dal punto di vista tecnico ed economico è la più importante della regione. Nel territorio ibleo le aziende zootecniche sono orientate prevalentemente verso l'allevamento bovino per la produzione del latte, che viene venduto direttamente alle ditte acquirenti oppure viene trasformato in azienda per la produzione del tipico formaggio ragusano. Le aziende dedite all'allevamento bovino sono ubicate prevalentemente sull'altopiano ibleo, tradizionalmente vocato a questo tipo di utilizzazione, e hanno una superficie media di circa 25-30 ettari, valore nettamente superiore alle media regionale e nazionale, ma che si spiega con l'indirizzo produttivo estensivo asciutto della maggior parte delle aziende zootecniche. Queste caratteristiche strutturali della zootecnia regionale determinano un'incidenza pressoché nulla sul rischio di inquinamento da nitrati, anzi i sistemi di pascolo consentono la salvaguardia e il miglioramento della fertilità del suolo a lungo termine e contribuiscono allo sviluppo di un'agricoltura sostenibile.

Per stimare i carichi di azoto originati dalle attività zootecniche sono state considerate le seguenti voci:

- numero di capi allevati, bovini e ovi-caprini, presenti in ogni comune (dati forniti dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia);
- quantificazione del carico di azoto originato dalle attività zootecniche;

- determinazione della superficie agricola per comune utilizzata dagli animali al pascolo, che rappresenta il sistema di allevamento che caratterizza la zootecnia regionale.

Si fa presente che per la quantificazione del carico di azoto derivante da attività zootecniche non si è tenuto conto dei suini, poiché rappresentano un'esigua percentuale del patrimonio zootecnico regionale e non si dispone del dato ripartito per comune.

Il documento tematico intermedio che ha permesso di misurare il peso della zootecnia regionale nella definizione del carico inquinante teorico è rappresentato dalla *Carta degli apporti zootecnici di azoto* (Fig. 10), realizzata secondo una metodologia (illustrata nella Fig. 11) che ha alla base il fattore che caratterizza gli allevamenti regionali: l'alimentazione al pascolo. Inizialmente sono state delineate per ogni comune le aree normalmente pascolate dagli animali nei diversi periodi dell'anno, anche in relazione alle fasi fenologiche delle colture interessate dal pascolamento (corrispondenti alle seguenti classi di uso del suolo: Seminativi in aree non irrigue – Prati stabili – Seminativi o foraggere associati a colture permanenti – Territori boscati e ambienti seminaturali); in seguito tutte le specie animali sono state valutate in termini di unità di bestiame adulto (UBA) ed è stato stimato l'apporto annuale al suolo, con le deiezioni, di unità di azoto espresso in Kg di azoto per ettaro. Per stabilire il livello di apporti azotati di origine zootecnica sostenibili dagli agro-ecosistemi di riferimento, e che di conseguenza si ritiene non debbano creare rischi di inquinamento, si è fatto riferimento alle norme del Regolamento (CEE) 2092/91, relativo al metodo di produzione biologica dei prodotti agricoli, dove si determina che su un ettaro non possa gravare un carico azotato di origine animale superiore a 170 Kg di azoto per anno (equivalenti a due bovini maschi di due anni e oltre o a due vacche da latte). Dall'osservazione della carta si evince che l'apporto di azoto derivante dalla zootecnia è pressoché nullo in tutti i territori comunali, tranne in due casi dovuti essenzialmente alla ripartizione della consistenza del numero di capi su una esigua superficie comunale; tuttavia, considerando ancora una volta che la caratteristica della maggior parte degli allevamenti regionali è l'alimentazione al pascolo, è molto probabile che il carico si distribuisca sui comuni limitrofi. Le classi relative agli apporti azotati di origine zootecnica sono riportate di seguito:

Classe di apporto azotato di origine zootecnica	
Basso	Minore di 170 Kg/ettaro di azoto
Medio	Da 170 a 250 Kg/ettaro di azoto
Alto	Oltre 250 Kg/ettaro di azoto

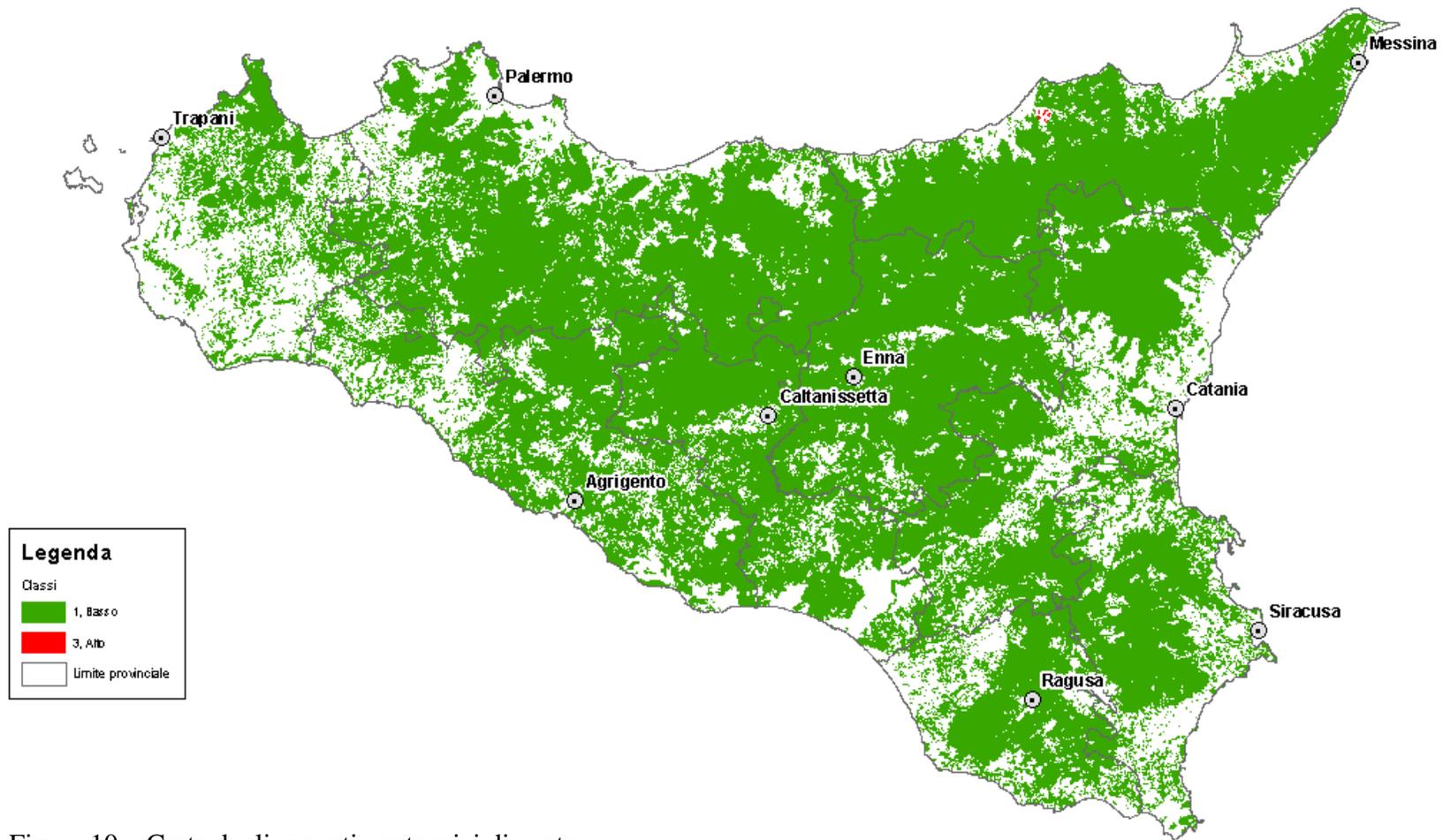
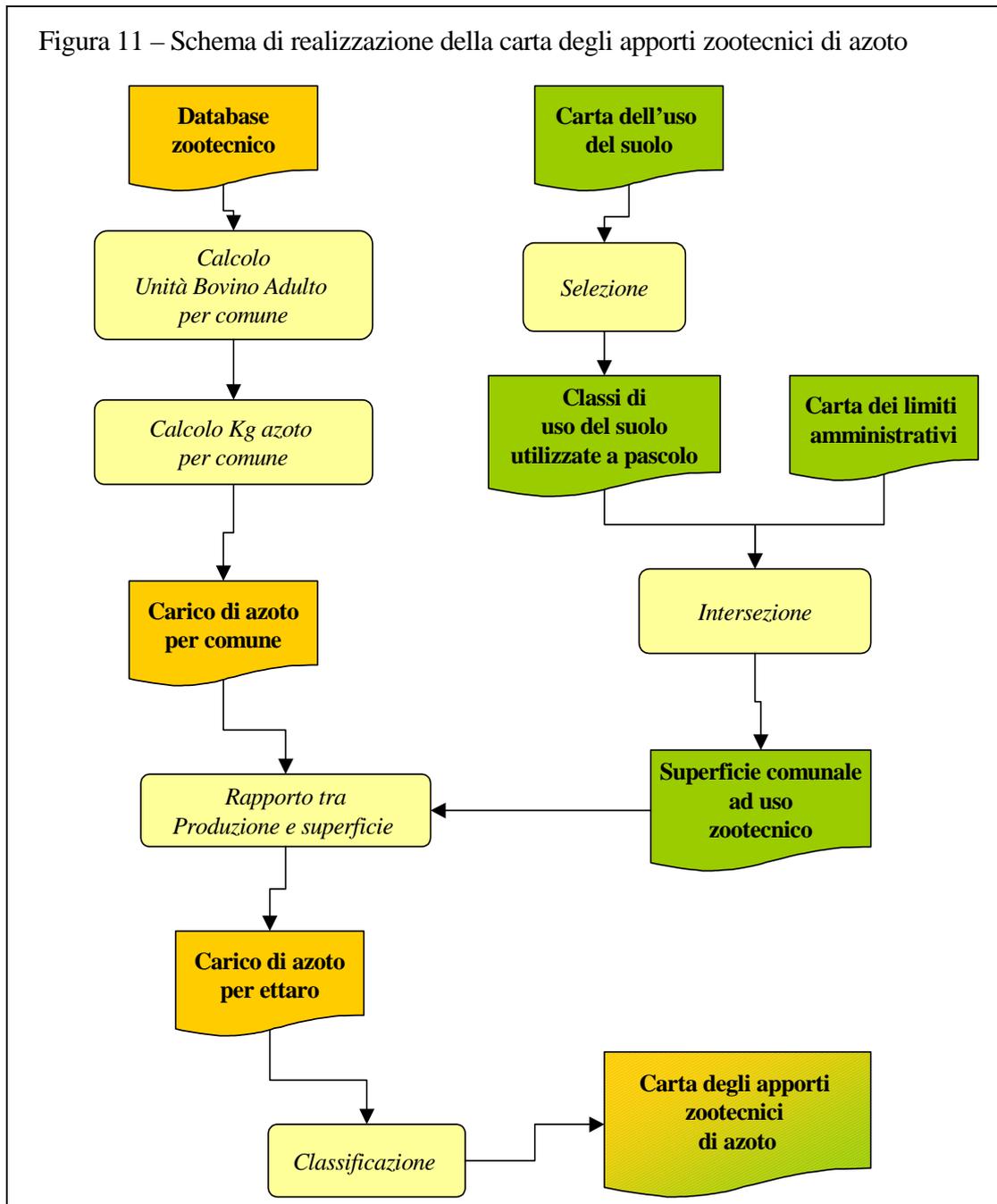


Figura 10 – Carta degli apporti zootecnici di azoto

Figura 11 – Schema di realizzazione della carta degli apporti zootecnici di azoto



I due documenti tematici intermedi relativi agli apporti di azoto al suolo, la *Carta degli apporti agricoli di azoto* e la *Carta degli apporti zootecnici di azoto* sono stati sovrapposti con la tecnica dell'incrocio per unione ed è stata ottenuta la *Carta del carico inquinante teorico di azoto* (Fig. 12). Per l'attribuzione delle classi è stata definita una tabella (Tab.6) riportata in seguito:

Tabella 6 – Schema di attribuzione delle classi di carico inquinate teorico di azoto

Carico Inquinante Teorico di azoto			
Apporto Zootecnico	Apporto Agricolo		
	<i>Basso</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
<i>Basso</i>	Basso	Medio	Alto
<i>Medio</i>	Medio	Medio	Alto
<i>Alto</i>	Alto	Alto	Alto

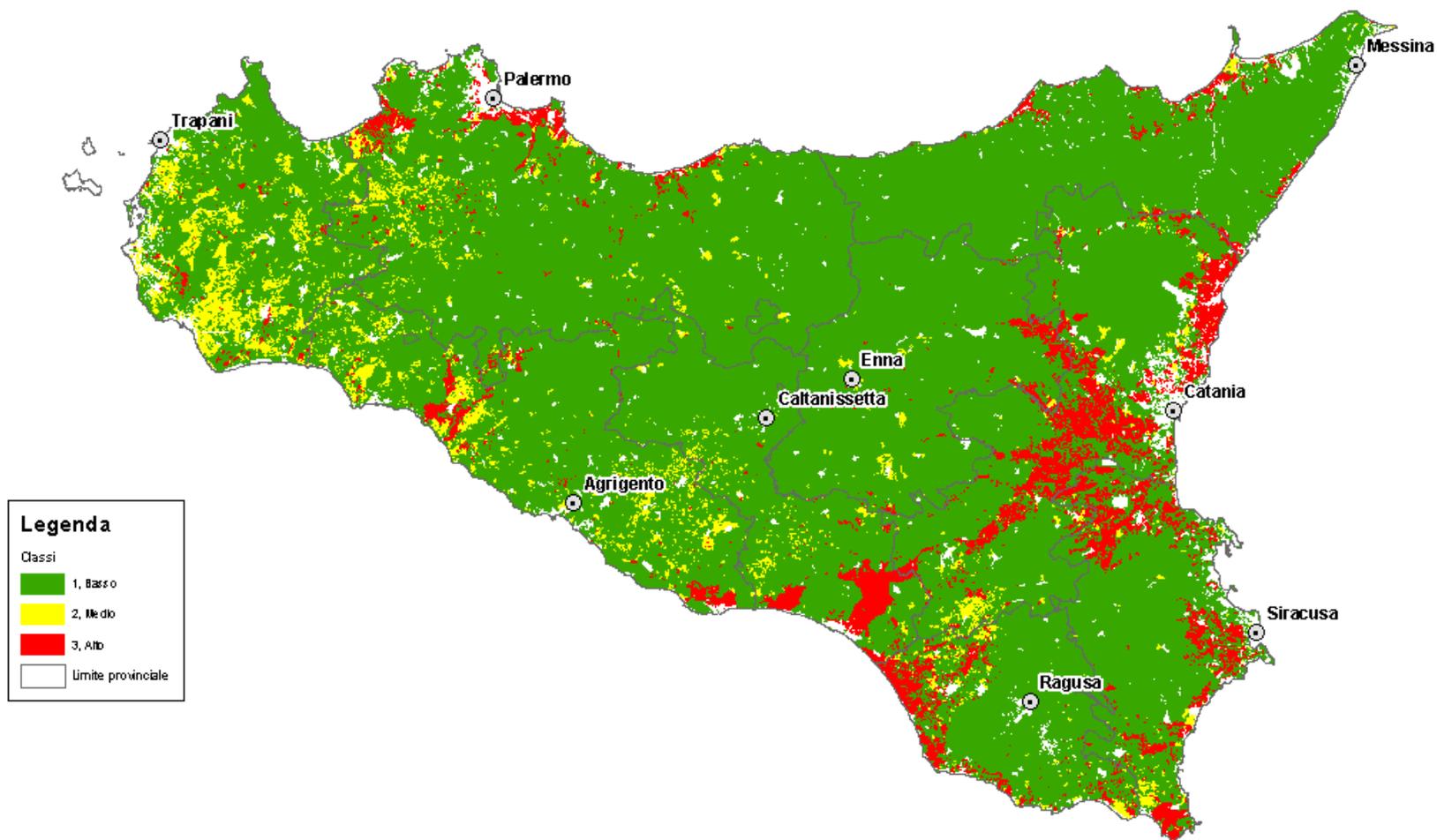


Figura 12 – Carta del carico inquinante teorico di azoto

7 La Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee

Per la valutazione della vulnerabilità delle acque sotterranee i due documenti intermedi fondamentali del percorso sono stati la *Carta della vulnerabilità potenziale* e la *Carta del carico inquinante teorico di azoto*. La realizzazione della *Carta della vulnerabilità potenziale* ha permesso di valutare il rischio d'inquinamento da nitrati delle acque sotterranee attraverso l'analisi dei parametri ambientali (caratteristiche geologiche, capacità attenuative del suolo e condizioni climatiche), coinvolti nei processi che influenzano il movimento dei nitrati, mentre la *Carta del carico inquinante teorico di azoto* fornisce indicazioni sui fattori antropici (agricoltura e zootecnia) che apportano azoto al suolo. La sovrapposizione di questi due strati informativi ha consentito di ottenere la *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee da nitrati di origine agricola*.(Fig. 13) Anche in questo caso è stata utilizzata la tecnica dell'incrocio per intersezione ed è stata elaborata una tabella (Tab. 7), riportata in seguito, in cui sono state distinte tre classi di vulnerabilità: alta media e bassa.

TABELLA 7 – Schema di attribuzione delle classi di vulnerabilità da nitrati di origine agricola

Vulnerabilità delle acque sotterranee			
Vulnerabilità potenziale	Carico inquinante teorico di azoto		
	<i>Basso</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
<i>Bassa</i>	Bassa	Bassa	Media
<i>Media</i>	Bassa	Media	Alta
<i>Alta</i>	Bassa	Media	Alta

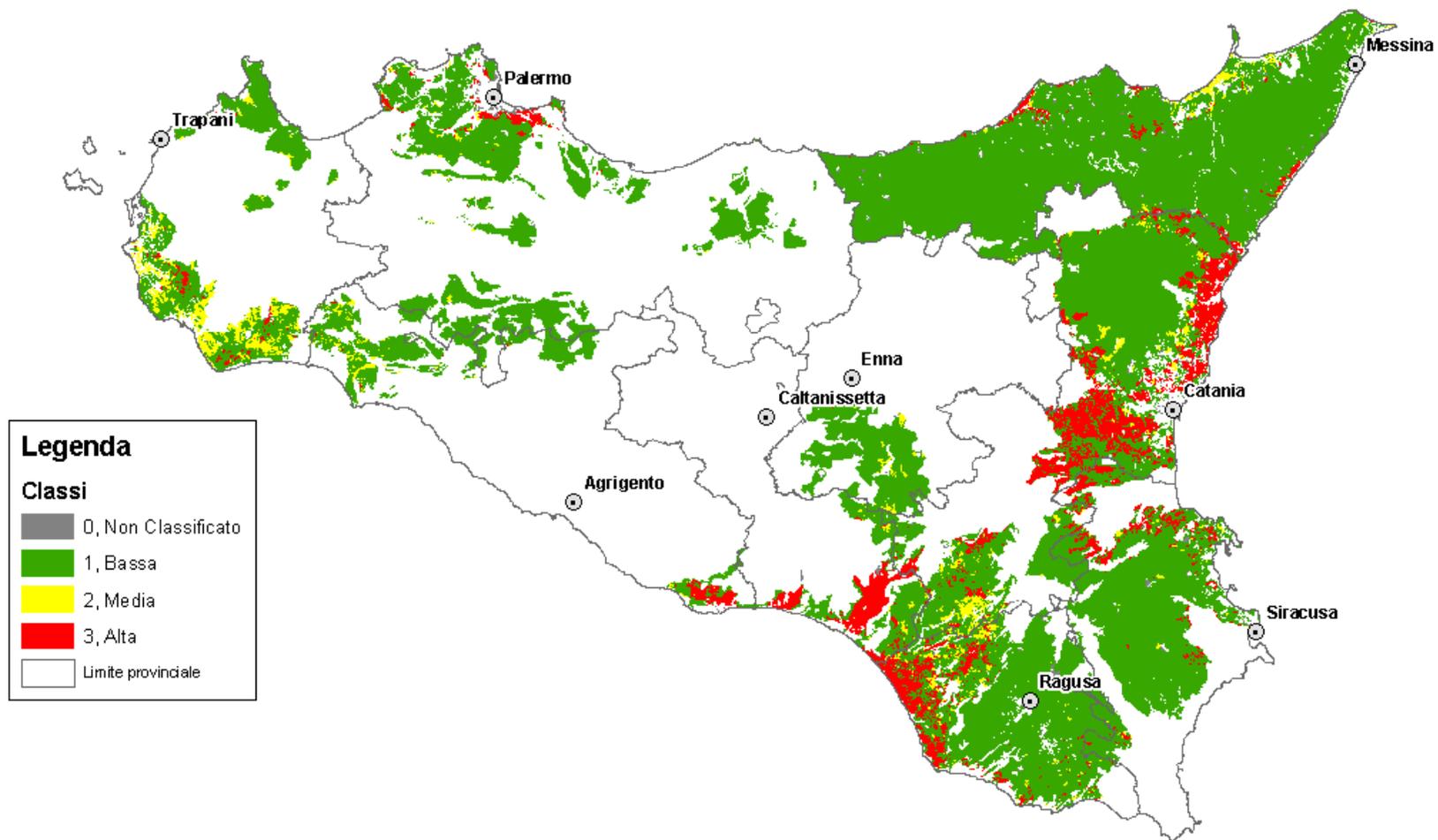


Figura 13 – Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee da nitrati di origine agricola

IV. La vulnerabilità delle acque superficiali

1 Aspetti generali

Il Decreto legislativo 152/99 prevede che le regioni attuino un programma di monitoraggio e controllo dell'inquinamento da nitrati nei corpi idrici superficiali ed a tal fine da indicazioni sulle attività di controllo e sull'individuazione delle zone vulnerabili relativamente a questa problematica. Sulla base delle informazioni ambientali disponibili e dei primi dati sul monitoraggio delle acque superficiali è stata realizzata una prima analisi e caratterizzazione delle aree vulnerabili, relativamente alle acque superficiali.

Come primo passaggio sono stati utilizzati i dati sui suoli disponibili a livello regionale inseriti nel Sistema Informativo Territoriale dell'Assessorato Agricoltura e Foreste, costruito con le informazioni derivate dalla Carta dei suoli della Sicilia in scala 1:250.000 e dai rilevamenti pedologici realizzati dall'U.O.49 dell'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste. L'elaborazione dei dati cartografici ed alfanumerici ha permesso la definizione di una prima carta tematica intermedia: la *Carta del drenaggio esterno*, dove per drenaggio esterno si intende la perdita di acqua da un'area per scorrimento sopra la superficie del suolo (Soil Survey Manual, 1993). Le unità cartografiche territoriali di riferimento corrispondono alle unità cartografiche della Carta dei suoli, che rappresentano aree costituite da associazioni di suoli. L'associazione di suoli comprende, all'interno di una stessa unità cartografica, due o più tipi pedologici che, pur mantenendo una comune origine pedogenetica, possono avere caratteristiche e qualità e, conseguentemente, una gestione molto differenti. A livello metodologico si è ritenuto pertanto opportuno fare riferimento al tipo di suolo "dominante" per estensione superficiale nell'associazione; quando ci si è ritrovati in compresenza di suoli con caratteristiche molto diverse ed estensione simile, si è scelta una via prudenziale e si è fatto riferimento al suolo con le caratteristiche più limitanti ai fini della definizione del drenaggio esterno. Le classi di drenaggio esterno, sotto elencate e tratte dal Soil Survey Manual, vanno intese come indici del drenaggio esterno, cioè come stima del drenaggio esterno per determinate condizioni relative alla stazione del suolo di riferimento dell'unità cartografica; devono quindi essere considerate come classi di riferimento relative.

Drenaggio esterno						
	Classe					
	1	2	3	4	5	6
Descrizione	Trascurabile	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Sigla	T	MB	B	M	A	MA

Per la determinazione della classe di drenaggio esterno si devono definire la pendenza media dell'unità cartografica del suolo di riferimento e la stima della permeabilità del suolo stesso, ovvero la conducibilità idraulica satura riferita all'orizzonte meno permeabile del profilo, così come riportato nel Soil Survey Manual:

Pendenza %	Permeabilità (conducibilità idraulica satura)					
	Molto alta	Alta	Moderatamente alta	Moderatamente bassa	Bassa	Molto bassa
concavità	T	T	T	T	T	T
< 1	T	T	T	B	M	A
1 - 5	T	MB	B	M	A	MA
5 - 10	MB	B	M	A	MA	MA
10 - 20	MB	B	M	A	MA	MA
> 20	B	M	A	MA	MA	MA

La *Carta del drenaggio esterno* è stata sovrapposta a due carte climatiche relative al *Valore cumulato delle precipitazioni nei periodi autunnale e invernale* ed alla *Distribuzione regionale delle precipitazioni di massima intensità* ed è stata generata la *Carta dello scorrimento superficiale (runoff)*. Questo documento rappresenta una prima caratterizzazione del territorio regionale dal punto di vista del potenziale rischio di rilascio di nitrati attraverso lo scorrimento idrico superficiale e, quindi, i successivi movimenti nell'ambito del reticolo idrografico. Successivamente questo tematismo è stato incrociato con il carico inquinante teorico di azoto proveniente dalle attività agricole e zootecniche, ritenuto potenzialmente mobilizzabile dalle acque di deflusso superficiale; si è ottenuta una prima carta di lavoro (Fig. 14) da cui non si evincono situazioni di particolare vulnerabilità, dato che emerge in modo evidente che le zone ad agricoltura intensiva, con alti carichi azotati e conseguente alto rischio di inquinamento, sono presenti sulle superfici pianeggianti o a pendenza da debole a moderata, dove lo scorrimento superficiale risulta trascurabile o basso.

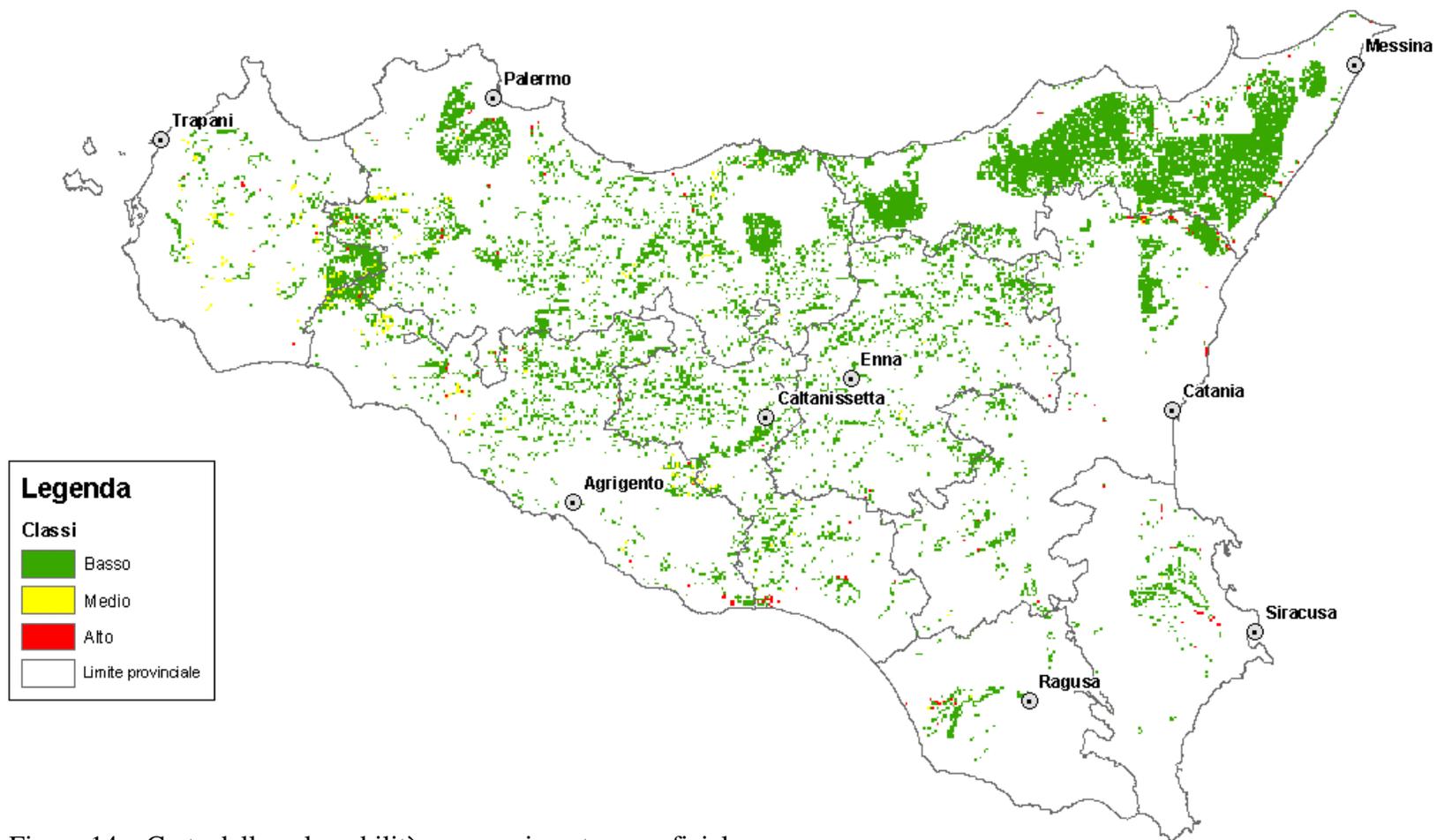


Figura 14 – Carta della vulnerabilità per scorrimento superficiale

2 La rete di monitoraggio e la qualità delle acque superficiali

I dati provenienti dalle elaborazioni cartografiche sono stati incrociati con quelli relativi al monitoraggio dei corpi idrici superficiali (corsi d'acqua ed invasi), forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA Sicilia).

Per quanto riguarda i corsi d'acqua si tratta di un set di circa 900 analisi chimiche, effettuate da ARPA Sicilia nel periodo 2000-2003, relative ad un totale di 44 stazioni di campionamento dislocate lungo 13 corsi d'acqua di una certa rilevanza, di seguito elencati:

Alcantara – Anapo – Belice – Ciane – Birillo – Freddo - Gela Imera Meridionale – Ippari – Irminio – Platani – Simeto - Tellaro

Per gli invasi, invece, sono stati forniti i dati di 371 analisi chimiche effettuate nel periodo 2001-2002 su tutti i principali corpi idrici dell'isola, di seguito elencati:

Ancipa – Arancio – Biviere di Gela – Biviere di Cesarò - Castello – Cimia – Comunelli – Cuba - Disperi – Faro – Ganzirri – Garcia – Jato – Leone – Malvello – Marinello – Mergolo della Tonnara – Morello – Nicoletti – Ogliastro – Olivo – Pergusa – Piana – Poma – Portovecchio – Pozzillo – Prizzi – Rosamarina – S.Rosalia – Scanzano – Sciaguana – Trearie - Verde

In figura 15 sono indicati i punti di campionamento, nei quali non sono stati registrati superamenti rispetto alla soglia fissata dalla normativa (50 mg/L). In merito va ricordato che il set di analisi esaminato non costituisce ancora, dal punto di vista statistico, un campione omogeneo e quindi pienamente rappresentativo della popolazione da rappresentare. Tuttavia dalle statistiche effettuate è possibile evincere una sostanziale conferma dell'assenza di situazioni di grave compromissione nei corpi idrici superficiali.

Va sottolineato tuttavia che una valutazione più affidabile del deflusso superficiale dei suoli regionali richiederebbe necessariamente l'applicazione di approcci quantitativi più specifici, tarati e validati per i nostri ambienti. Si ritiene pertanto che, ai fini di una migliore definizione del rischio di inquinamento da nitrati per le acque superficiali, siano necessari ulteriori studi e approfondimenti relativi alla caratterizzazione del bilancio idrico dei suoli caposaldo regionali ed alla stima del carico inquinante teorico stagionale di azoto dei diversi agro-ecosistemi regionali; tali indagini dovranno avvalersi, in linea con quanto previsto in proposito dal decreto legislativo 152/99, di ulteriori dati del monitoraggio delle acque superficiali, attualmente svolto in modo non uniforme, ma che sta per andare a regime.

Anche questa tematica verrà quindi approfondita nel prossimo aggiornamento della carta, quando si procederà alla revisione dei criteri di valutazione del rischio in funzione sia

dei nuovi elementi che si renderanno disponibili che dei dati relativi ai controlli, una volta normalizzati anche l'attività di monitoraggio dei corpi idrici superficiali.

CORPI IDRICI SUPERFICIALI - PUNTI DI CAMPIONAMENTO

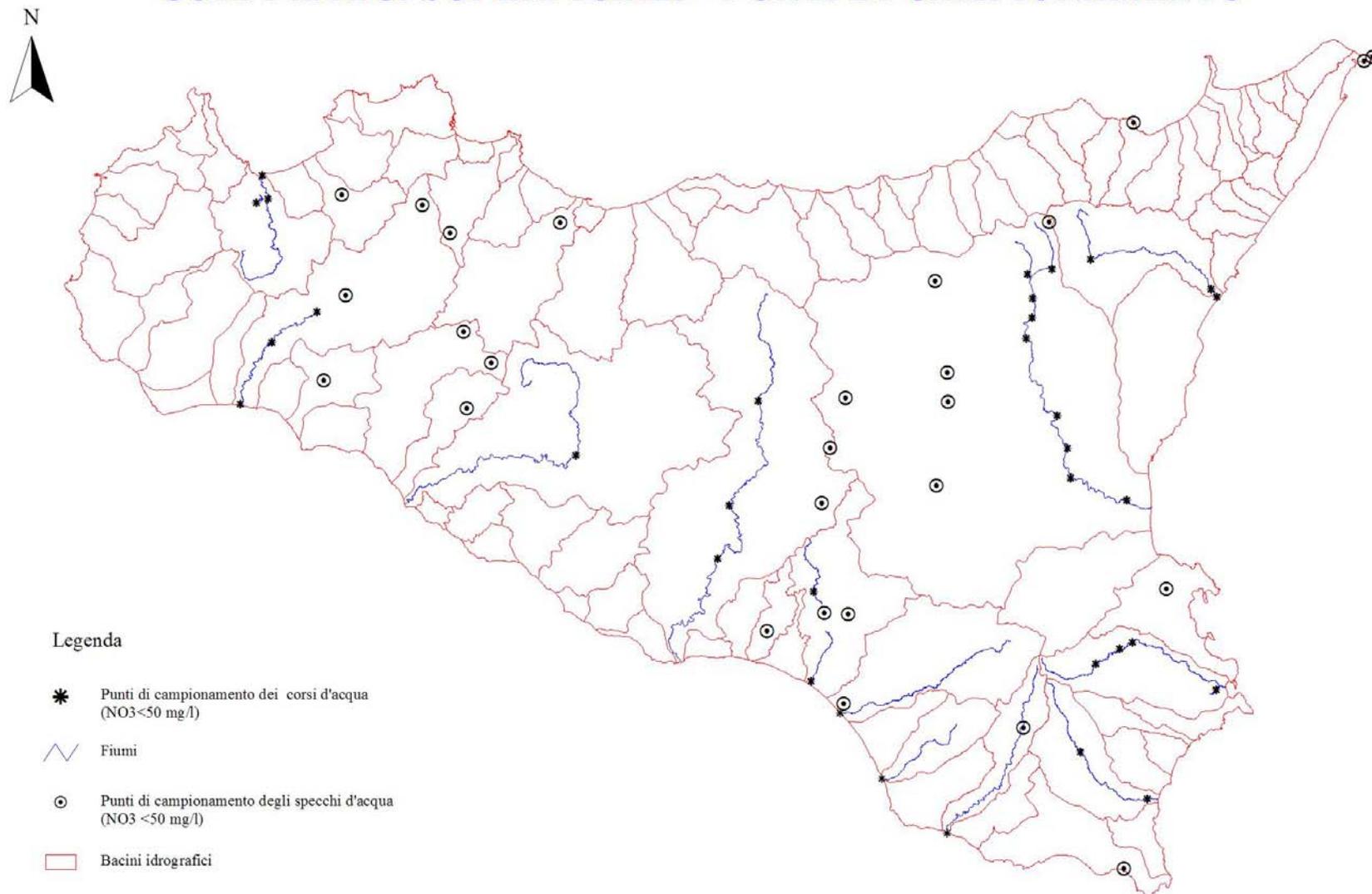


Figura 15 – Punti di campionamento acque superficiali

V. **Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola**

L'approccio metodologico di valutazione della vulnerabilità da nitrati di origine agricola ha tenuto conto delle indicazioni fornite dall'allegato 7 del D.lgs.152/99; ci si è basati infatti, innanzi tutto, sull'analisi dei fattori ambientali e antropici che concorrono a determinare uno stato di contaminazione. Nel documento finale, sempre sulla base di quanto specificato nell'allegato 7, non è stato ritenuto necessario separare più classi di vulnerabilità, per cui le aree a diverso grado di vulnerabilità individuate con il percorso metodologico sin qui illustrato sono state accorpate ed inserite in un'unica classe che definisce le "Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola".

La realizzazione della *Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola* è stata ottenuta dall'incrocio della *Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee da nitrati di origine agricola* con lo studio sulla vulnerabilità delle acque superficiali, basato sulle informazioni derivanti dall'analisi dello scorrimento superficiale (runoff) e dai dati sul monitoraggio delle acque superficiali. Si sottolinea che, così come è già stato detto nel capitolo relativo alla vulnerabilità delle acque superficiali, dalle carte di lavoro intermedie e dai dati sul monitoraggio non emergono situazioni di particolare rischio per le acque superficiali, poiché le aree ad agricoltura intensiva, e perciò con i maggiori carichi azotati, sono presenti in quelle aree del territorio regionale dove lo scorrimento superficiale, e quindi il trasporto per deflusso dei concimi azotati, risulta basso o trascurabile.

Le varie sovrapposizioni realizzate per produrre le cartografie intermedie hanno generato un elevato numero di poligoni, alcuni dei quali non risultano significativi; si è deciso quindi di eliminare tutti quei poligoni generati da incroci fra linee con lievi differenze geometriche, la cui superficie è risultata inferiore alla minima unità cartografabile presente negli strati informativi utilizzati per ottenere le Carte tematiche intermedie. La carta di maggior dettaglio è stata quella utilizzata per stimare gli apporti azotati delle colture agricole, la "Carta delle Aree di Studio per l'Irrigazione 3" (CASI 3), realizzata in scala 1:100.000 nelle aree agricole con attitudine all'irrigazione, con ingrandimenti al 50.000 nelle aree irrigue (vedi paragrafo sull'uso del suolo); poiché in questo documento l'unità minima cartografabile è di 6,25 ettari, si è ritenuto opportuno eliminare tutti i poligoni risultanti con superficie inferiore a tale valore.

Da queste ulteriori elaborazioni è derivata la *Carta Regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola* in scala 1.250.000 (Fig. 16), strumento con cui sono state delimitate

le aree del territorio regionale suscettibili di inquinamento da nitrati proveniente da fonte agricola.

E' risultato che le zone vulnerabili occupano una superficie di 138.012 ettari, corrispondente a circa il 5,4% della superficie totale regionale e al 8,5% della superficie agricola escluse le isole minori.

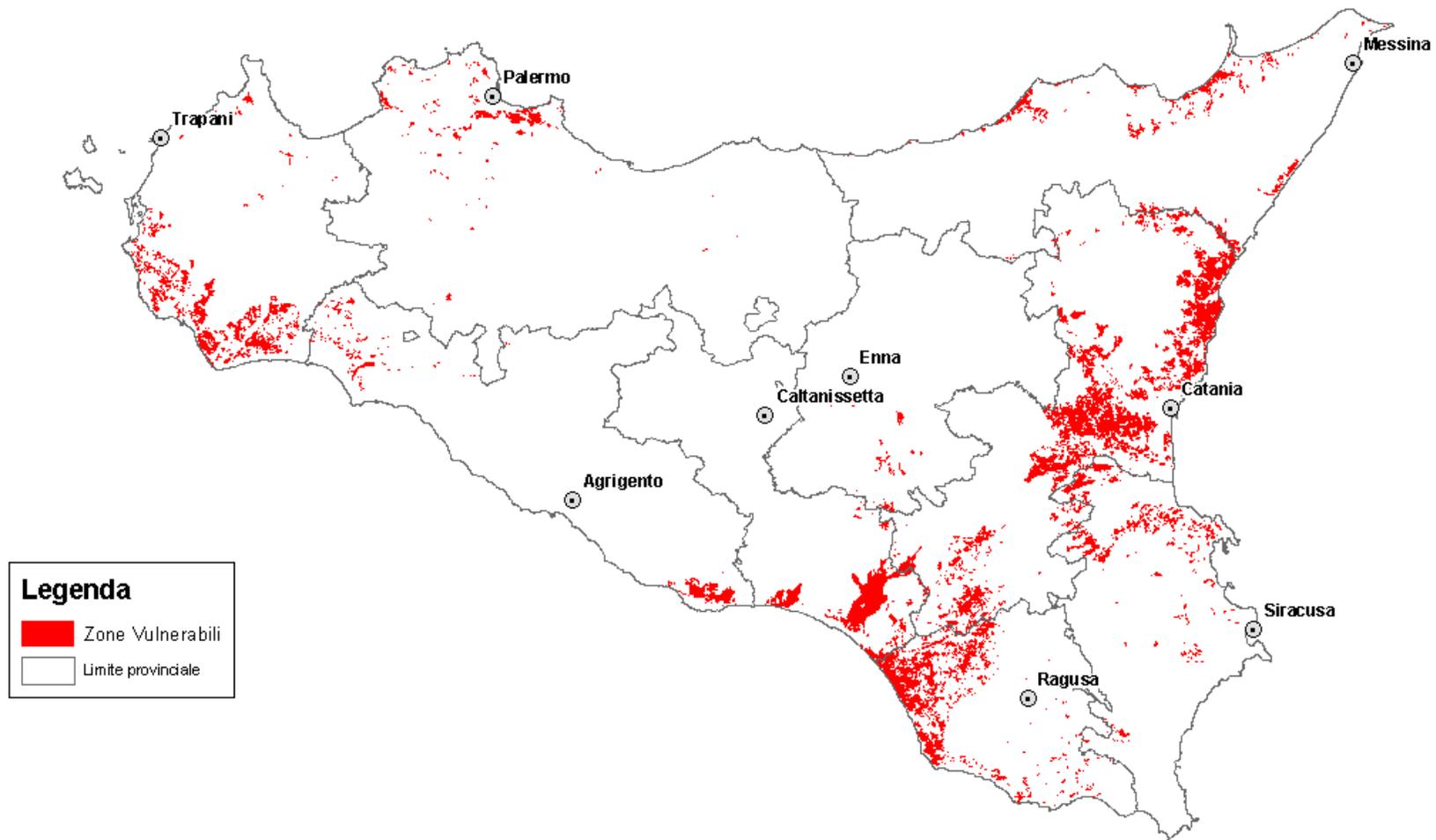


Figura 16 – Carta regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola

VI. Bibliografia

- Codice di Buona Pratica Agricola* (1999) – D.M. 86 del 19.04.1999
- CREMASCHI M., RODOLFI G. (1991) – *Il Suolo* - La nuova Italia Scientifica, Roma
- CRESCIMANNO M., FARDELLA G.G., TUDISCA S. (1993) – *L'agricoltura nella valle del Belice*
– Università degli Studi di Palermo
- DIRETTIVA 91/676/CEE – *Protezione dell'acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole* - G.U. Comunità Europea n° L375 del 31/12/91.
- D.L. 11 maggio 1999 n° 152, “*Disposizione sulla tutela dell'acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento dell'acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole*” - G.U. n°124 del 29 maggio 1999.
- ENTE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA REGIONE SICILIA (2000) – *Miglioramento dei pascoli nell'area iblea* – Sezione coordinata di assistenza tecnica - Ragusa
- FAO (1986) – *A framework for land evaluation* - Soils bullettin n. 32; FAO, Roma
- FIEROTTI G. (1997) – *I suoli della Sicilia* - Flaccovio, Palermo
- FIEROTTI G. et al. (1988) – *Carta dei Suoli della Sicilia - scala 1:250.000* - Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, Palermo
- ISTITUTO NAZIONALE DI ECONOMIA AGRARIA (2001) - *Studio sull'uso irriguo della risorsa idrica, sulle produzioni agricole irrigate e sulla loro redditività* Sottoprogramma del POM *Ampliamento e adeguamento delle disponibilità e dei sistemi di adduzione e distribuzione delle risorse idriche nelle Regioni dell'Obiettivo 1*, Roma
- ISSDS (1998) – *Manuale per il rilevamento del suolo* - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze
- PAOLILLO P.L. (2000) - *Problematiche del parametro suolo* - Ed. Franco Angeli, Milano
- REGIONE CALABRIA (2002) – ARSSA, *Carta della vulnerabilità da nitrati di origine agricola*
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (2002) – *Nuova Carta Regionale della Vulnerabilità: aspetti metodologici*
- REGIONE SICILIANA (2003) – *Annuario Statistico Regionale* - Ed. Franco Angeli, Milano
- REGIONE SICILIANA (1994) - *Carta dell'uso del suolo della Sicilia* - Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, Palermo
- REGIONE SICILIANA (1997) - *Manuale per l'esecuzione e la descrizione della trivellata* - Assessorato regionale Agricoltura e Foreste – Unità Operativa Pedologica, Palermo
- REGIONE SICILIANA (2002) – *Atlante Climatologico della Sicilia* - SIAS - Assessorato Agricoltura e Foreste, Palermo
- REGIONE VENETO (2004) – *Carta dei Suoli del bacino scolante in laguna di Venezia* - ARPAV

SOIL SURVEY STAFF, SCS (1993) – *Soil Survey Manual* - United States Department of Agriculture, Handbook n. 18, Washington D.C.

TESTO AGGIORNATO del D.L. 11 maggio 1999 n° 152, *Disposizione sulla tutela dell'acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE e della direttiva 91/676/CEE* - G.U. n°246 del 20 ottobre 2000

TUDISCA S. (1994) – *La zootecnia dei Nebrodi e delle Madonie* – Università degli Studi di Palermo

Bibliografia relativa alla geologia

ABATE B., CATALANO R., RENDA P. (1982) - *Schema geologico dei monti di Palermo* (Sicilia). Pp. 809-818.

ABATE B. & INCANDELA A. (2004) – *Schema geologico dell'estremità occidentale della Sicilia*. Atti del 4° Convegno di Speleologia della Sicilia, 25-35. *Sicilia Nord-occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 329-354.

AURELI A., CONTINO A., CUSIMANO G. & SILLUZIO C. (2002) - *Carta di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie* – (scala 1:50.000). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze.

ASSESSORATO AGRICOLTURA E FORESTE SERVIZIO INFORMATIVO AGROMETEREOLOGICO SICILIANO -REGIONE SICILIANA – *Atlante Climatologico della Sicilia*.

BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S. E MOSTARDINI F. (1987) - *Sicilia orientale: profilo geologico Nebrodi-Iblei*. Mem. Soc. Geol. It., **38**: 429-458.

BONANNO A., CIABATTI P., LIGUORI V., PROVENZANO M.C. & SORTINO G. (2000) - STUDIO IDROGEOLOGICO ED IDROGEOCHIMICO DELL'ACQUIFERO MULTIFALDA DELLA PIANA DI CASTELVETRANO E CAMPOBELLO DI MAZARA (SICILIA OCCIDENTALE). QUADERNI DI GEOLOGIA APPLICATA, **7**, 4, 45-59.

CASSA PER IL MEZZOGIORNO – RIPARTIZIONE PROGETTI IDRICI DIVISIONE V- SCHEMI IDRICI DELLA SICILIA (1982) *Indagini idrogeologiche per l'approvvigionamento idrico del Sistema II Nord-occidentale della Sicilia - Acquiferi principali*. Arlab S.r.l.

CATALANO R., DI MAGGIO C., CONTINO A., SULLI A., AVELLONE G., BASILONE L. & ABATE B. (2004) – *Portella Colla, The debated structural setting Stop 12, 3rd Day, 31 August 2004*. In: R. Catalano (Leader), *The Crust in Western and Central Eastern Sicily, Post-Congress Field Trip in Sicily Guidebook*. August, 2004, 33-34. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004. In press.

CATALANO R., D'ARGENIO B., MONTANARI L., RENDA P., ABATE B., MONTELEONE S., MACALUSO T., PIPITONE G., DI STEFANO E., LO CICERO G., DI STEFANO P., AGNESI V. - (1978) - *CONTRIBUTI ALLA CONOSCENZA DELLA STRUTTURA DELLA SICILIA OCCIDENTALE: 1) IL PROFILO*

PALERMO- SCIACCA. BOLL. SOC. GEOL. IT. 19, PP 485-493.

CATALANO R., D'ARGENIO B. (1982) - *SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA. ESTRATTO DA "GUIDA ALLA GEOLOGIA DELLA SICILIA OCCIDENTALE"* SOC. GEOL. ITALIANA PALERMO.

COMITATO GEOLOGICO REGIONALE, REGIONE SICILIANA (1959) - *Carta Geologica d'Italia Foglio 257 "Castelvetrano"* scala 1:100.000.

FERRARA V. (1994) – *Carta della Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero vulcanico dell'Etna, scala 1:50.000.* C.N.R. Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche, Pubbl. N. 266.

FERRARA V. (1999) – *Presentazione della carta di vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE).* Atti del 3° Conv. Naz. sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio. Parma, 13-14-15 ottobre 1999.

FERRARA V., MAUGERI S., PAPPALARDO G. (1999) – *Gli acquiferi dell'area centro-orientale della* LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M., MONACO C. (1991) – *Presentazione della carta geologica della Sicilia centro-orientale.* Mem. Soc. Geol. It.,47, 145-156.

GIUNTA G., LIGUORI V., SCANDONE P. (1979) - *LA GEOLOGIA DEI MONTI SICANI.* SOC. NAT. NAPOLI, PP. 1-2, 16-20.

GIUNTA G., NIGRO F., RENDA P. E GIORGIANNI A. (2000) - *The Sicilian-Maghrebides Tyrrhenian Margin: a neotectonic evolutionary model.* Mem. Soc. Geol. It., 119: 553-565.

FERRARA V. (1999) - *Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi dell'area Peloritana.* Pitagora Ed., Bologna, 119 pp.

REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE (1982) - *Proposta per il Parco delle Madonie. Parte I: Analisi territoriale e letture interpretative (Sez. A) - Le caratteristiche fisiche e biogeografiche del territorio: Assetto idrogeologico.* (a cura di G. Cusimano), 49-78.

REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE (1987) - *Piano Regionale di Risanamento delle Acque.* Vol. 4 (Valutazione della domanda idrica per usi civili, irrigui e zootecnici), 725 pp.. vol. 5 (Valutazione della domanda per usi industriali), 772 pp. e vol. 6 (Censimento corpi idrici), 736 pp., L.I.S. s.r.l., (Nov. 1987) Palermo.