



# CONSIGLIO REGIONALE DEL VENETO

VIII LEGISLATURA

*ALLEGATI ALLA DELIBERAZIONE CONSILIARE N. 62 DEL 17 MAGGIO 2006  
RELATIVA A:*

**DESIGNAZIONE DELLE ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE  
AGRICOLA AI SENSI DELL'ARTICOLO 92 DEL D.LGS. 3 APRILE 2006, N.  
152 (EX ARTICOLO 19 D.LGS. N. 152/1999)**



# **REGIONE DEL VENETO**

**DIREZIONE GEOLOGIA E CICLO DELL'ACQUA**



## **RELAZIONE DI VALIDAZIONE DELLA CARTA DELLA VULNERABILITÀ INTRINSECA DELLA FALDA FREATICA DELLA PIANURA VENETA**

**PROF. MASSIMO CIVITA**

**PROF. ANTONIO DAL PRÁ**

**Torino - Padova marzo 2003**



## 1. PREMESSA

Con apposita Convenzione, la Giunta Regionale del Veneto rappresentata dall'Ing. Roberto Casarin, Segretario Regionale all'Ambiente e ai Lavori Pubblici, incaricava gli scriventi, Prof. Dott. Massimo Civita e Prof. Dott. Antonio Dal Prà, della validazione della Carta di vulnerabilità della falda freatica della Pianura Veneta.

La realizzazione, a scala 1:250.000, di tale cartografia, prevista dal DLgs. n. 152/99 sulla tutela delle acque, è stata autorizzata con DGR n. 2041 del 3/8/2001 ed affidata ad un gruppo di professionisti della Direzione Geologia e Ciclo dell'Acqua.

La necessità di validazione della Carta per l'individuazione delle porzioni di territorio a diversa vulnerabilità è motivata da due ordini di fattori, ovvero:

- dalla complessità della metodologia utilizzata (metodo parametrico SINTACS);
- dal fatto che il decreto sopraccitato, richiede l'utilizzo di un'idonea ed omogenea base dati selezionati tra i moltissimi esistenti sul territorio.

In relazione al primo aspetto si affidava al Prof. Dott. Massimo Civita, Ordinario di Geologia Applicata del Politecnico di Torino, in quanto ideatore del metodo SINTACS e Responsabile della Linea di Ricerca "Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi" del Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR, il compito di controllare l'esecuzione di ogni fase prevista dalla metodologia applicata e validare ogni cartografia.

In relazione al secondo aspetto si affidava l'incarico al Prof. Dott. Antonio Dal Prà, Ordinario di Geologia Applicata dell'Università di Padova, in qualità di esperto conoscitore del territorio veneto ed autore di numerose pubblicazioni in campo idrogeologico, il compito di controllare, per ogni singola Carta tematica realizzata, l'idoneo utilizzo delle più adeguate fonti di conoscenza (data base, cartografie ecc.) esistenti sul territorio e di procedere ad eventuali adeguamenti ed integrazioni.

La Direzione Geologia e Ciclo dell'Acqua ha trasmesso, all'atto della firma della convenzione, la documentazione necessaria per la validazione della Carta in questione. Con lettera 30/01/2003 (prot. n. 839/46.02) furono fornite, su richiesta degli esperti nominati, su apposito CD/Rom, ulteriori informazioni e cartografie utili al processo di validazione:

- tutta la serie di cartografie dei singoli fattori necessari per la modellazione SINTACS e, per ciascuno di essi, gli elaborati di base che ne permettono la stima e la rappresentazione cartografica georiferita;
- le tabelle con i punteggi attribuiti ai singoli fattori della modellazione SINTACS;
- una descrizione dettagliata del lavoro di formazione degli elaborati di tutti i livelli.



Gli scriventi hanno concordato una metodologia di lavoro e, sulla base dei dati documentali appena indicati, hanno iniziato il lavoro di validazione. Detta metodologia di collaudo prevede, dunque:

- Validazione dei dati e delle situazioni idrogeologiche sulla base delle conoscenze approfondite e dei dati effettivamente disponibili;
- Validazione della metodologia utilizzata per la valutazione delle vulnerabilità, con analisi a campione di numerose situazioni e ricalcolo dei diversi indici utilizzando anche metodi alternativi;
- Validazione della cartografia della vulnerabilità intrinseca della falda freatica con analisi a campione dei pesi applicati in funzione dell'uso del territorio e delle situazioni idrogeologiche e d'impatto.

Al termine dei lavori, è stata stilata la presente relazione, in tutto ed in ogni sua parte condivisa dagli esperti incaricati.

## 2. VALIDAZIONE DEI DATI E DELLE SITUAZIONI IDROGEOLOGICHE

### 2.1. DATI NECESSARI PER LA METODOLOGIA SINTACS

La scelta del metodo che meglio si adatta a realizzare una Carta della vulnerabilità *intrinseca* per un determinato territorio deve cominciare con una valutazione, il più possibile realistica, del numero, della distribuzione e della qualità dei dati di base disponibili o/e rilevabili.

Nella scelta del metodo di valutazione della vulnerabilità pesa, inoltre, in maniera sostanziale, l'affidabilità dei dati di base. La mancanza di una seria valutazione, magari autocritica, dell'affidabilità dei dati disponibili, porta sovente alla ricerca di una precisione che, non solo è falsa ed effimera, ma comporta il più delle volte un vero e proprio stravolgimento dei risultati e, dunque, della loro utilità pratica.

L'affidabilità dei dati varia, inoltre, notevolmente con la quota media dell'area di indagine. Sulla base delle molte esperienze effettuate in Italia, dove le situazioni plano-altimetriche sono le più varie data la fisiografia del Paese, è possibile affermare che, al di sopra di quote relativamente basse (300-400 m s.m.), si ha una netta flessione d'affidabilità, dovuta alla rarefazione dei dati ed alla crescente necessità di usare estrapolazioni ed interpolazioni spesso arbitrarie e quasi mai controllabili per infittirli. Ciò vale per i dati idrolitologici e idrostrutturali (composizione dell'insaturo, quote piezometriche, direzioni del flusso, conducibilità idraulica, geometria degli acquiferi, condizioni ai limiti), ma anche per i dati pedologici e climatologici (precipitazioni, evapotraspirazione, venti). In pratica, nelle aree montuose e nella maggioranza di quelle collinari, sarà giocoforza utilizzare metodi di valutazione non troppo raffinati (CSI), qual è il *metodo-base* GNDCI-CNR, e restituzioni cartografiche a denominatore di scala medio-alto, preferendoli ai più sofisticati sistemi parametrici a punteggi e pesi, qual è SINTACS, la cui validità è massima nelle aree ove la densità e l'affidabilità dei dati è elevata e dove è possibile, anzi necessario, produrre cartografie a medio-basso denominatore di scala.



Per aree ove la base dei dati sia completa e la frequenza delle informazioni adeguata, è possibile utilizzare sistemi modellistici basati su uno stesso principio:

- vengono selezionati i fattori mediante i quali si intende valutare la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, tenendo ben in conto l'effettiva tipologia, frequenza e validità delle informazioni di base necessarie esistenti ed ottenibili nel territorio di interesse;
- a ciascun fattore selezionato, suddiviso per intervalli di valore e/o tipologie dichiarate, viene attribuito un punteggio crescente in funzione dell'importanza che esso assume nella valutazione complessiva finale ;
- i *punteggi* ottenuti per ciascun fattore sono moltiplicati per *stringhe di pesi* che descrivano la situazione idrogeologica e/o d'impatto, enfatizzando in varia misura l'azione e l'importanza dei vari fattori.

Tra i sistemi modellistici più moderni e validi (PCSM = *Point Count System Models*) che seguono questi schemi, il più evoluto attualmente è SINTACS. L'acronimo deriva, com'è d'uso, dalle denominazioni dei parametri che vengono presi in considerazione:

- ➔ Soggiacenza ;
- ➔ Infiltrazione efficace ;
- ➔ Non-saturo (effetto di autodepurazione del) ;
- ➔ Tipologia della copertura ;
- ➔ Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del) ;
- ➔ Conducibilità idraulica dell'acquifero ;
- ➔ Superficie topografica (acclività della) ;

Questi fattori vengono definiti in base ad una nutrita serie di dati di base, generalmente reperibili nelle zone più intensamente trasformate ed utilizzate del territorio italiano e della maggioranza dei Paesi sviluppati. Ai dati suddetti, è necessario aggiungere altre informazioni, misure e risultati di prove *in situ*, in numero il più possibile limitato, con i quali integrare i dati normalmente esistenti.

La metodologia SINTACS prevede una fase iniziale d'acquisizione dei dati, con campagne di misura, di validazione e con censimenti con obiettivi diversi. Si passa, quindi ad una fase di calcolo (soprattutto per il *fattore infiltrazione*) nella quale s'impone l'insieme dei modelli numerici collegati ai *database* informatici, appositamente costituiti su una comune griglia a maglie quadrate, georeferenziate. Nella fase successiva, utilizzando a pieno le potenzialità di un GIS, vengono attribuiti per ogni maglia i relativi punteggi per ciascuno dei 7 fattori di base. Successivamente, si scelgono le stringhe di pesi più adatte a descrivere le diverse situazioni d'impatto e le si assegnano, sempre per via informatica, alle singole maglie.

La parte finale del lavoro consiste nel ricavare *l'indice di vulnerabilità* SINTACS per ogni maglia del grigliato:

$$I_{SINTACS} = \sum_{j=1}^7 P_j W_j \quad (1)$$

dove P = Punteggio attribuito e W = peso attribuito



che consente di attribuire un livello di vulnerabilità tra i 6 previsti (gli stessi del *metodo-base* GNDCI-CNR) e costruire, in *overlay* di una base topografica Raster, la Carta della vulnerabilità intrinseca della zona considerata.

Il Dlgs 152/99 raccomanda l'uso della metodologia SINTACS. L'APAT, da parte sua, ha prodotto nel 2001 le linee-guida ufficiali per utilizzare tale metodologia ed utilizzarla in ambiente GIS per la redazione delle Carte di vulnerabilità previste dal citato Decreto Legislativo<sup>1</sup>.

## 2.2. VALIDAZIONE DEI DATI UTILIZZATI

Per quanto sopra detto, la validazione della Carta della vulnerabilità della Pianura veneta deve cominciare, ovviamente, dalla validazione dei dati di base all'uopo utilizzati. Come comunicato dalla Regione Veneto, sono stati utilizzati i seguenti dati di base :

- Misure freatimetriche della rete di monitoraggio regionale, anni 1999-2002, fornite da ARPAV-ORAC (Osservatorio Regionale Acque);
- Regione Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio, Dipartimento per l'ecologia (1985) - *Carta isofreatica, rilievi del Dicembre 1983*. Scala 1:250.000;
- *Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta*. Scala 1:50.000, IRSA CNR, Università di Padova – Istituto di Geologia (Antonelli R. e Dal Prà A. [1980]);
- *Carta Idrogeologica dell'alta pianura veneta*, Scala 1:100.000, CNR, Ministero della Pubblica Istruzione, Università di Padova – Istituto di Geologia (Dal Prà A. [1983]);
- *Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige, rilievi del settembre 1986*. Scala 1:30.000, Università di Padova – Dipartimento di Geologia (Dal Prà A. e De Rossi P. [1989]);
- *Carta idrogeologica dell'alta pianura veronese orientale, rilievi del settembre 1993*. Scala 1:30.000, CNR – GNDCI, Università di Padova – Dipartimento di Geologia (Dal Prà A. et al. [1997]);
- *Carta idrogeologica dell'alta pianura veronese occidentale, rilievi del 1998*. Scala 1:30.000, Università di Padova – Dip. Di Geologia (Dal Prà A. et al. [1999])
- *Restituzione freatica ai fontanili nell'alta pianura veneta, tra il fiume Piave e i monti Lessini*. – I.R.S.A. del C.N.R. LI Quaderni (Dal Prà A. e Antonelli R. [1980])
- Serie storiche dei dati termo-pluviometrici, periodo 1960-1990, area regionale, fornite dal Centro meteo ARPAV di Teolo;
- Serie storiche dei dati termo-pluviometrici, periodo 1920-1950, area regionale ed extraregionale, fornite dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Venezia;
- Centro Agroambientale ARPAV di Castelfranco (inedita)- *Carta dei suoli del Veneto*. Scala 1:250.000. *Note illustrative: la conoscenza dei suoli* (ottobre 2002);

<sup>1</sup> Civita M., De Maio M., Farina M., Zavatti A. – *Linee – guida per la redazione e l'uso delle Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. ANPA, Manuali e Linee Guida 4/2001, 100 pp. 1 CD ROM



- *Carta geomorfologica della pianura padana*. Scala 1:250.000, Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica, (Castiglioni G.B. ed altri [1997]);
- Regione Veneto, Università di Padova - Istituto di Geologia (1988) - *Carta geologica del Veneto*. Scala 1:250.000
- Regione Veneto - Carta geologica d'Italia, fogli geologici e tematici in corso d'attuazione. Scala 1:50.000;
- Regione Veneto, Dipartimento per le Foreste e l'Economia montana (1997) - *Carta dei sistemi di terre nei paesaggi forestali del Veneto*. Scala 1:300.000; *Note illustrative*;
- Regione Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio (1987) - *Carta dell'uso del suolo*. Scala 1:250.000;
- Carta dei terreni agrari della Provincia di Treviso. Scala 1:100.000, Note Illustrative (Comel A. [1971]);
- Provincia di Venezia (1994) - Carta pedologica del bacino scolante in laguna di Venezia Scala 1:50.000.
- Carta pedologica allegata ai Piani Territoriali Provinciali (Verona, Padova, Vicenza). Scala 1:100.000;
- Carta pedologica allegata ai Piani Regolatori Comunali. Scala 1:5.000 e 1:10.000;
- Le basi pedologiche per la valutazione dei terreni, Ed. Agricole; (Comel A. [1975])
- Provincia di Venezia (1994) – Studio geoambientale e geopedologico del territorio provinciale di Venezia, parte meridionale;
- *Carta tecnica regionale*. Scala 1:10.000 e 1:5.000;
- Carta topografica IGM. Scala 1:25.000;
- Regione del Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio (1987); *Carta delle unità geomorfologiche del Veneto*. Scala 1:250.000;
- Regione Veneto (1983); Cartografia allegata al P.T.R.C.;
- Provincia di Venezia (2000) – Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia.
- Provincia di Venezia – Settore Ambiente : Catasto stratigrafie.
- Provincia di Padova – Settore Ambiente : Catasto stratigrafie.
- Provincia di Vicenza – Settore Ambiente : Catasto stratigrafie
- Marcolongo B – Pretto L. : Rischio potenziale intrinseco di inquinamento degli acquiferi alloggiati nell'Alta Pianura Veneta. ( C.N.R.-G.N.D.C.I. 1991 ).

Tutte le elaborazioni delle cartografie sono state effettuate seguendo le Linee – Guida ANPA<sup>2</sup> (2001) ed i testi metodologici da essa indicati.

### 2.2.1. IL SISTEMA IDROGEOLOGICO DELLA PIANURA VENETA

La Regione del Veneto annovera nel suo territorio due pianure, di origine alluvionale, nettamente separate tra loro: la Pianura Veneta s.s. e la Pianura Veronese.

La **Pianura Veneta** si estende dai monti Lessini, ad ovest, fino alla sinistra del fiume Piave, ed è limitata a nord dai rilievi prealpini e a sud dal litorale veneto.

---

<sup>2</sup> Vedi nota precedente



E' caratterizzata da una serie di corsi d'acqua che, sboccando dalle vallate montuose, la attraversano all'incirca da nord a sud riversandosi nell'Adriatico.

Ai fiumi Piave, Brenta e Bacchiglione si deve la deposizione di buona parte dei materiali sciolti che formano per centinaia di metri di spessore il sottosuolo della pianura e che costituiscono gli acquiferi e le strutture idrogeologiche.

Questi fiumi hanno avuto una storia idrologica molto simile, che ha condizionato i processi del trasporto solido e di deposizione dei materiali alluvionali.

Per questa ragione la Pianura Veneta, oltre a presentare caratteri geografici e morfologici complessivamente omogenei, offre anche nel sottosuolo condizioni stratigrafiche omogeneamente variabili e ricorrenti, consentendo la definizione di un modello stratigrafico e strutturale che si ripete, senza sostanziali variazioni, nelle differenti aree del territorio lungo sezioni a direzione nord-sud, indipendentemente dalle zone di competenza dei differenti corsi d'acqua.

L'elemento strutturale principale dell'alta e media pianura è rappresentato dalle grandi conoidi ghiaiose alluvionali depositate dai vari fiumi in età post-glaciale con lo smantellamento degli apparati morenici che occupavano le vallate prealpine.

Lungo la fascia pedemontana della pianura (alta pianura) le differenti conoidi di uno stesso corso d'acqua si sono compenstrate sui fianchi, e parzialmente sovrapposte, con le conoidi dei fiumi contigui.

Ne risulta così un sottosuolo prevalentemente ghiaioso per tutto lo spessore del materasso alluvionale.

La larghezza di questa fascia a materasso indifferenziato varia da 5 a 20 km circa a partire dal piede dei rilievi prealpini.

Verso valle le parti terminali delle conoidi ghiaiose non sono tra loro direttamente sovrapposte, ma risultano separate da livelli limoso-argilloso-sabbiosi di origine prevalentemente marina. La struttura del sottosuolo risulta così caratterizzata dall'alternanza di livelli ghiaiosi con livelli limoso-argillosi. Questa situazione è peculiare della media pianura, lungo una fascia a sviluppo est-ovest, larga 5-10 km.

Nella media pianura lo spessore delle singole conoidi ghiaiose si assottiglia progressivamente fino ad annullarsi entro i depositi argillosi.

Nella bassa pianura, che si spinge fino al litorale veneto, i depositi ghiaiosi sono assenti: il sottosuolo è formato da materiali fini limoso-argillosi, alternati a depositi sabbiosi prevalentemente fini.

Il sottosuolo della pianura veneta s.s. contiene un poderoso acquifero che occupa interamente l'alta e la media pianura. La bassa pianura è invece praticamente priva di acquiferi significativi e quindi molto povera di risorse idriche sotterranee, ad eccezione di alcune zone del litorale, dove alcuni acquiferi sabbiosi forniscono portate interessanti.

Il sistema idrogeologico della pianura ha dimensioni notevolissime: afflussi e deflussi, che caratterizzano il bilancio, movimentano una portata media stimabile in  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Il numero di pozzi che attingono al grande acquifero sotterraneo risulta essere di circa 150.000, con una portata emunta di circa  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'importanza sociale ed economica del sistema idrogeologico della pianura è enorme: fornisce l'acqua potabile a quasi tutti gli abitanti dell'intera pianura veneta (qualche milione di persone); consente l'irrigazione di territori molto vasti; permette il funzionamento di numerose grandi industrie; fornisce acque pregiate per l'imbottigliamento.

La straordinaria ricchezza d'acqua del sottosuolo è dovuta a fattori geologici ed a fattori idraulici.





Da una parte la geologia mette a disposizione grandissimi volumi di alluvioni ghiaiose permeabili, depositate dai fiumi veneti a formare grandiose conoidi alluvionali all'uscita dalle valli montane (Piave, Brenta, Astico, Leogra), che costituiscono l'acquifero sotterraneo.

Dall'altra le condizioni idrauliche consentono l'azione di tre efficaci fattori di alimentazione, che operano nelle aree di ricarica (l'intera alta pianura ghiaiosa): la dispersione dei corsi d'acqua; l'infiltrazione delle acque irrigue; l'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici.

Tutti i fiumi veneti all'uscita dalle valli montane disperdono nel sottosuolo una parte consistente della loro portata, lungo tratti d'alveo disperdenti che misurano vari km (Piave 15, Brenta 10, Astico 7, Leogra 10).

Le portate di magra si infiltrano interamente nel sottosuolo, lasciando a valle alvei asciutti per vari mesi all'anno.

Le portate medie disperse assumono valori molto elevati, conferendo a questo processo un'importanza preminente nella ricarica delle falde. Si sono stimate le seguenti portate medie di dispersione: Piave 30 m<sup>3</sup>/s; Brenta 12 m<sup>3</sup>/s; Astico e Leogra 5 m<sup>3</sup>/s ciascuno).

A valle dei tratti disperdenti gli alvei diventano drenanti, riassorbendo una parte della portata dispersa a monte.

Le irrigazioni operano una efficace ricarica delle falde in due modi: lungo i canali in terra, di derivazione e distribuzione, non rivestiti; e nelle aree irrigate a scorrimento.

Tra Brenta e Piave la lunghezza complessiva dei canali in terra è di 1150 km lungo i quali si infiltrano nel sottosuolo portate medie annue di 8-10 m<sup>3</sup>/s (8 l/s × km).

Nello stesso territorio la superficie delle aree irrigate a scorrimento è di 43.500 ha, sui quali l'infiltrazione alle falde è stata stimata in 7-8 m<sup>3</sup>/s (portata media annua, pari a circa il 50% della portata irrigua immessa).

Tra Piave e Brenta il contributo dell'infiltrazione diretta delle piogge nell'alta pianura è stato valutato in 9 - 10 m<sup>3</sup>/s.

I deflussi in uscita dal sistema sono determinati da: fontanili; drenaggio degli alvei fluviali; prelievi artificiali; uscite sotterranee a valle.

Il grande sistema idrogeologico assume condizioni freatiche (falda unitaria) nell'alta pianura (area di ricarica) e condizioni artesiane (più falde in pressione fino anche a 500 m di profondità) nella media pianura.

Al passaggio tra alta e media pianura, le risorgive (chiamate anche fontanili, tipiche sorgenti di pianura) consentono lo sfioro del sistema ("troppo pieno"), con una portata media annua di circa 50 m<sup>3</sup>/s (fontanili veneti).

La profondità della superficie freatica varia dai valori massimi misurabili al limite settentrionale (50-100 m dal p.c.) ai valori minimi attorno al metro al limite meridionale a ridosso dei fontanili.

Le direzioni generali del deflusso sotterraneo sono da NNW verso SSE, con direzioni locali molto diversificate in relazione soprattutto alla posizione degli assi di alimentazione coincidenti con i tratti d'alveo disperdenti.

Il regime delle acque sotterranee è notevolmente condizionato dal regime dei fattori di ricarica, soprattutto dal regime dei corsi d'acqua disperdenti, che costituiscono il maggior fattore di alimentazione delle falde, e dalle irrigazioni.

Il sistema acquifero della pianura veneta è unitario: non esistono spartiacque fisici sotterranei, ma solo spartiacque idrodinamici impostati in corrispondenza degli alvei disperdenti, che realizzano assi di alimentazione permanenti.



E' stato accertato che a partire dagli anni '60 le riserve idriche del sistema stanno lentamente ma progressivamente diminuendo. L'impoverimento delle falde trova chiari riscontri nell'abbassamento della superficie freatica nell'area di ricarica ( 7-8 m nella conoide del Brenta a Bassano ), nella scomparsa di molti fontanili , nella drastica diminuzione della portata totale dei fontanili stessi, nella sensibile depressurizzazione delle falde artesiane della media pianura (3-4 m).

Attualmente le portate degli afflussi al sistema sono inferiori alle portate dei deflussi, e quindi progressivamente le riserve diminuiscono.

Le cause del preoccupante fenomeno sono state individuate analizzando il comportamento nel tempo dei vari fattori del bilancio idrogeologico. Sono state rilevate cause sia naturali che artificiali.

L'esame dei dati pluviometrici ha evidenziato una sensibile diminuzione degli afflussi meteorici e quindi anche delle portate dei corsi d'acqua, determinando diminuzioni delle portate di infiltrazione delle piogge e di dispersione dei corsi d'acqua.

L'urbanizzazione spinta verificatasi nell'alta pianura ha prodotto una sensibile diminuzione della superficie di infiltrazione diretta delle piogge.

Lo scavo delle ghiaie in alveo operato per anni ha aumentato l'effetto drenante dei letti fluviali (abbassamento dell'alveo del Brenta di anche 7-8 m). a valle delle risorgive.

Sono aumentati moltissimo i prelievi dalle falde con i pozzi : nella pianura esistono ancora interi paesi privi di acquedotto o con acquedotto non utilizzato, dove l'intero fabbisogno idrico viene estratto dal sottosuolo privatamente (1 - 2 pozzi per abitazione ), con uno spreco d'acqua molto elevato .

Sono diminuite anche le aree irrigate a scorrimento.

Le acque sotterranee del sistema idrogeologico veneto rivestono una importanza sociale ed economica rilevantissima e quindi devono essere protette e gestite in modo razionale, tenendo nella dovuta considerazione i loro caratteri , che sono stati schematicamente indicati nelle pagine precedenti.

**La Pianura Veronese** costituisce un'unità geografica ed idrogeologica distinta, caratterizzata soprattutto dalla presenza del fiume Adige, le cui alluvioni hanno costituito un potente accumulo di materiali ghiaioso-sabbiosi che dallo sbocco della valle montana nella pianura si spinge verso sud per almeno una ventina di km.

Nell'alta pianura si individua un'ampia fascia a sviluppo est-ovest, il cui sottosuolo è costituito per oltre un centinaio di metri da materiali ghiaiosi costituenti le grandi conoidi fluvio-glaciali di Adige.

Verso sud, a valle della linea delle risorgive, il materasso alluvionale si differenzia rapidamente in una struttura caratterizzata da frequenti alternanze di livelli ghiaiosi e di livelli limoso-argillosi

Più a sud le ghiaie si esauriscono e il sottosuolo risulta formato da materiali fini limoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi.

La situazione idrogeologica varia da zona a zona in rapporto alla diversa struttura stratigrafica del sottosuolo

Nell'alta pianura, in corrispondenza alle grandi conoidi ghiaiose indifferenziate, esiste un'unica potente falda a carattere freatico, mentre verso sud, nella media pianura, l'alternanza di livelli ghiaiosi permeabili con livelli limoso-argillosi impermeabili determina un sistema multifalde in pressione.



Al passaggio tra alta e media pianura un attivissimo sistema di fontanili drena dalla falda freatica una portata media variabile attorno a 10-12 m<sup>3</sup>/s.

La profondità della superficie freatica è massima al confine settentrionale della pianura ( 50-70 m ) e minima in corrispondenza alla fascia delle risorgive.

Le direzioni generali del deflusso sotterraneo vanno da NO a SE

Il sottosuolo veronese contiene risorse idriche molto abbondanti e importanti per la loro utilizzazione a scopo idropotabile, industriale, irriguo.

La ricarica degli acquiferi è assicurata dalla grande falda di subalveo dell'Adige in uscita dalla vallata alpina , dalle infiltrazioni delle acque irrigue e degli afflussi meteorici diretti.

Le falde della pianura veronese sono molto sfruttate: i prelievi idropotabili , irrigui e industriali sono stimabili in qualche decina di m<sup>3</sup>/s.

### **3 - VALIDAZIONE DELLA CARTA DELLA VULNERABILITA' INTRINSECA DELLA FALDA FREATICA**

#### **3.1. GENERALITÀ**

La vulnerabilità intrinseca della falda freatica riportata sulla Carta sottoposta a validazione, è stata valutata indipendentemente dalla utilizzazione e dalla utilizzabilità della falda stessa, che dipende da fattori estranei alla vulnerabilità stessa: la qualità delle acque sotterranee e la portata estraibile.

In tutto il territorio di pianura della Regione Veneto, costituito dalla Pianura Veneta propriamente detta ( tra Lessini – Berici – Euganei e fiume Piave ) e dalla Pianura Veronese, è presente una falda freatica.

Nell'alta pianura , delimitata verso sud dalla fascia dei fontanili, la falda è contenuta in materiali ghiaiosi ad elevata permeabilità ; nella media e bassa pianura la falda è invece generalmente alloggiata in terreni fini sabbioso-limosi, caratterizzati da permeabilità molto basse.

Lo spessore della falda freatica nell'alta pianura è normalmente molto rilevante, anche di oltre un centinaio di metri, mentre nella media e bassa pianura è generalmente limitato a qualche metro.

I differenti valori di permeabilità e di spessore degli acquiferi determinano differenze notevolissime nella potenzialità degli acquiferi freatici : assai rilevante nell'alta pianura ; trascurabile nella media e bassa pianura.

La profondità della superficie freatica è molto ridotta nella media e bassa pianura, variabile tra 1 e 3 m circa. Nell'alta pianura la profondità assume valori molto elevati al limite settentrionale, a ridosso dei rilievi montuosi ( 80-100 m ), diminuendo progressivamente verso valle fino a raggiungere valori attorno al metro nella fascia dei fontanili, dove la falda affiora nei punti più depressi della superficie del suolo.

La validazione della Carta è stata svolta, dopo la validazione della metodologia e delle fonti utilizzate per la sua stesura, con un attento e ragionato esame dell'elaborato cartografico e con una successiva verifica "a campione", scegliendo per questa operazione siti a caratteri noti ed evidenziati da studi di dettaglio precedenti.

Nella validazione si è tenuto in evidenza che la Carta della Vulnerabilità non può avere carattere operativo di dettaglio, considerata la Scala utilizzata ( 1 : 250.000), ma



assumerà una funzione propositiva ed è propedeutica a Cartografie successive, che dovranno essere di adeguato dettaglio.

### 3.2. METODOLOGIA DI LAVORO UTILIZZATA NELLA PREPARAZIONE DELLA CARTA DELLA VULNERABILITÀ INTRINSECA

La metodologia utilizzata dalla Regione Veneto per la redazione della Carta di vulnerabilità in discussione si è articolata nei seguenti punti:

- Censimento dei dati, delle informazioni e delle cartografie esistenti;
- Verifica della qualità dei dati, anche in merito al tipo di supporto (*raster, vector, cartaceo*); e alle fonti bibliografiche di riferimento. Attribuzione in classi in funzione del grado di elaborazione informatica del dato:
- nessuna elaborazione: il dato è stato utilizzato senza alcuna ulteriore elaborazione.
- basso grado di elaborazione: si è proceduto unicamente alla correzione ed eliminazione di evidenti errori e incongruenze.
- medio grado di elaborazione: dati elaborati in modo consistente per poter essere utilizzati nel GIS.
- elevato grado: i dati sono stati generati *ex novo* (digitalizzazione carte tematiche prodotte su supporto cartaceo ecc...);
- Completamento delle basi informative: fase di *data entry*, per consentire il confronto e per l'omogeneizzazione delle informazioni esistenti nonché per il completamento delle basi informative, anche mediante dati provenienti da studi specifici e rilievi di campagna.
- Redazione delle carte tematiche mediante attribuzione dei parametri SINTACS.

Al termine delle elaborazioni e delle relative rappresentazioni cartografiche isofattore (CIF), si è passati alla redazione della Carta di vulnerabilità mediante sovrapposizione delle singole CIF, con l'attribuzione delle stringhe dei pesi ed il calcolo dell'indice SINTACS. La Carta di vulnerabilità in tal modo ottenuta (*overlay* via GIS), è stata sovrapposta alla base topografica regionale per renderne effettivo ed operativo l'utilizzo.

La metodologia di pre - elaborazione e di cartografia georeferenziata dei dati è conforme a quella già prevista e sperimentata per il metodo SINTACS.

### 3.3. VALIDAZIONE DEI SINGOLI FATTORI

Sono stati controllati i punteggi utilizzati per la redazione delle Carte dei singoli fattori indicati dalla Metodologia SINTACS (*Release 4 e 5*)<sup>3</sup> e, incrociando i singoli punteggi con le linee di pesi prestabilite dal modello, sono stati controllati sia le scelte delle stringhe di pesi, sia la validità dei valori dell'indice SINTACS che ne deriva. Tale lavoro è stato fatto su gruppi di celle opportunamente selezionate, in modo da avere la

<sup>3</sup> Si veda le già citate linee-guida dell'ANPA/APAT del 2001 e le metodologie originali in Civita & De Maio (1997) e (2000).



rappresentatività delle situazioni idrogeologiche e d'impatto tipiche della Pianura Veneta.

Nei paragrafi seguenti verranno brevemente illustrati i risultati dei confronti sui valori di *rating* e di *weight* utilizzati nella redazione delle Carte isofattore e della Carta di vulnerabilità intrinseca nel suo insieme.

### 3.3.1. SOGGIACENZA

Come è noto, si definisce *soggiacenza* la profondità della superficie piezometrica misurata rispetto al piano - campagna. Questo parametro ha una notevole influenza sulla vulnerabilità degli acquiferi: dal suo valore assoluto e dalle caratteristiche idrogeologiche dell'insaturo dipende, in buona misura, il tempo di transito (TOT) di un qualsiasi inquinante idroportato e la durata delle azioni autodepurative dell'insaturo, in particolare dell'azione ossidante dell'ossigeno atmosferico.

Pertanto, nel selezionare i dati relativi da utilizzare in SINTACS, è necessario considerare il valore minimo di soggiacenza registrato nell'anno idrologico corrispondente alla massima escursione del livello piezometrico dell'acquifero d'interesse. Ciò al fine di porsi nella condizione più cautelativa possibile nella valutazione della vulnerabilità, il valore della quale è, in ogni caso, inversamente proporzionale al TOT. Il punteggio SINTACS relativo al parametro in discussione (S), dunque, diminuisce con l'aumentare della profondità, cioè con l'aumentare dello spessore dell'insaturo, assumendo valori compresi tra 10 e 1.

Gli estensori della Carta di vulnerabilità in oggetto, seguendo in modo ottimale la metodologia originale, hanno effettuato i seguenti passi:

- Acquisizione delle misure freatimetriche relative alla campagna di novembre 1999, rete di monitoraggio della pianura veneta (fase di massimo relativo). Sono state create una serie di primitive puntiformi georiferite contenenti gli attributi "quota piano campagna" e "livello freatimetrico".
- Generazione delle isofreatiche mediante l'utilizzo di un interpolatore lineare proprio del GIS. Successivo affinamento mediante utilizzo del *software* SURFER 7.
- Interpolazione delle isofreatiche con elementi triangolari agganciati alle isolinee mediante i vertici, per produrre una superficie (TIN) rappresentativa della tavola d'acqua, successivamente tramutata in una griglia di celle 100x100 m contenente l'attributo "livello freatimetrico". Allo stesso modo è stato creato il TIN del piano campagna (DTM).
- Mediante la sovrapposizione delle griglie così generate è stato ottenuto, tramite somma algebrica degli attributi "livello freatimetrico" e "quota piano campagna", il tematismo "soggiacenza".
- Verifica del risultato con dati bibliografici (vedi elenco fonti in 2.2.);
- Zonazione in classi di profondità e *attribuzione del punteggio SINTACS*.

Gli intervalli di soggiacenza utilizzati ed i relativi punteggi sono quelli *prestabiliti dalla metodologia originale* di riferimento. Il grado di elaborazione informatica è *elevato* e, se pur leggermente diversificato rispetto alla discretizzazione *grid square* che viene usata, normalmente, in SINTACS per cartografie a denominatore di



scala molto più piccolo, raggiunge gli stessi risultati, tenuto conto della scala (al  $250.000^{-1}$ ) della Carta in essere.

### 3.3.2. INFILTRAZIONE

L'infiltrazione efficace assume notevole importanza nella valutazione della vulnerabilità poiché essa regge il trascinarsi in profondità degli inquinanti, ma anche la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione. Essa è la componente unica o largamente preponderante per tutte le aree ove non sussistono interscambi tra acquiferi e corpi idrici superficiali e dove non sono esercitate pratiche irrigue che utilizzano grandi volumi d'acqua.

Nel caso in esame, la procedura di valutazione di questo fattore SINTACS è stata adattata alla grande estensione del territorio ed al grande denominatore di scala della Carta. Infatti, la discretizzazione per griglia di EFQ era poco proponibile e, dunque, d'accordo con l'ideatore del metodo, si è operato per macroaree omogenee.

Tutto ciò premesso, i passi della valutazione di questo fattore nella preparazione della Carta in oggetto sono stati i seguenti:

- raccolta delle serie storiche dei dati termo - pluviometrici (periodi 1020-1950 e 1960-1990), medie mensili;
- ubicazione (georeferenziazione) delle stazioni termometriche e delle stazioni pluviometriche presenti sul territorio regionale ed in un intorno significativo (Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna, in totale 90 stazioni);
- calcolo per ogni stazione (per questioni di uniformità ed attendibilità del dato sono state utilizzate in totale solo 54 stazioni) della temperatura corretta in funzione della piovosità;
- calcolo delle funzioni piovosità-quota e temperatura-quota;
- perimetrazione di aree ad omogenea piovosità (sottozone meteo - climatiche);
- definizione delle aree nelle quali la presenza di suoli è considerata attiva nei confronti dell'infiltrazione (suoli con spessore superiore al metro):
  - a sud del limite superiore della fascia delle risorgive
- definizione delle aree nelle quali la presenza di suoli è considerata non attiva nei confronti dell'infiltrazione (suoli con spessore inferiore al metro):
  - a nord del limite superiore della fascia delle risorgive
- calcolo della precipitazione efficace  $Q = P - E_r$  ( $P$  = piovosità totale,  $E_r$  = evapotraspirazione media, calcolata con la formula di Turc) per le aree con suoli di spessore inferiore al metro;
- calcolo dell'infiltrazione efficace  $I$ :
  - per le aree caratterizzate dalla presenza di rocce nude o coperte da suoli sottili,  $I = Q \cdot \chi$  ( $\chi$  = coefficiente di infiltrazione potenziale, funzione dei complessi idrogeologici);
  - per le aree caratterizzate dalla presenza di suoli spessi  $I = P \cdot \chi$  ( $\chi$  = coefficiente di infiltrazione potenziale, funzione della tessitura dei suoli);
- Zonazione in classi di infiltrazione e *attribuzione del punteggio SINTACS*



Gli intervalli di infiltrazione utilizzati ed i relativi punteggi sono quelli *prestabiliti dalla metodologia originale* di riferimento. Il grado di elaborazione informatica è *elevato*.

### 3.3.3. NON SATURO (EFFETTO DI AUTODEPURAZIONE)

La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. Tale zona, ove avvengono spostamenti prevalentemente verticali dell'acqua sotterranea, è dunque limitata verso il basso dalla superficie piezometrica di un acquifero libero.

L'insaturo rappresenta la *seconda linea di difesa* (la prima, in ordine di spazio, è il suolo) del sistema acquifero nei confronti degli inquinanti liquidi e/o idroveicolati. All'interno dello spessore insaturo si gioca una partita su quattro dimensioni nella quale fattori fisici e chimici operano in sinergia favorendo i processi di attenuazione nel tempo:

- la filtrazione;
- la dispersione;
- la reattività chimica dei minerali componenti i mezzi, che influenza processi come:
  - gli scambi cationici,
  - le reazioni acido - base,
  - la complessazione,
  - l'adsorbimento - desorbimento;
- i processi di biodegradazione e volatilizzazione.

L'effetto di autodepurazione del non-saturo si valuta, dunque, a partire dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo. Per i mezzi porosi fungono, in genere, da discriminanti la granulometria e il grado d'uniformità del materiale, parametri che controllano le dimensioni dei meati (quindi la porosità cinematica) e la lunghezza e tortuosità dei percorsi (quindi la dispersione meccanica).

Tutto ciò premesso, i passi della valutazione di questo fattore nella costruzione della Carta di vulnerabilità in questione sono stati i seguenti:

- digitalizzazione della cartografia di base;
- taratura ed integrazione mediante confronto con informazioni puntuali ed areali (stratigrafie, profili, profili geofisici...) desunte dalla bibliografia;
- attribuzione del parametro SINTACS per ogni complesso idrogeologico rappresentato (media ponderare se lo spessore dell'insaturo è costituito da diversi litotipi);
- creazione di una griglia con celle 100x100, con estensione uguale a tutti gli altri *layers* trattati.

I riferimenti tabellari utilizzati per la valutazione dell'effetto dell'insaturo ed i relativi punteggi sono quelli *prestabiliti dalla metodologia originale* di riferimento. Il grado di elaborazione informatica è *elevato*



### 3.3.4. TIPOLOGIA DELLA COPERTURA

Come è noto, la tipologia dei terreni di copertura, in genere, e dei *suoli*, in particolare, riveste un ruolo della massima importanza nella mitigazione dell'impatto degli inquinanti e nella valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi e, quindi, nella stesura delle Carte di vulnerabilità.

Il suolo è qui identificato come sottosistema aperto, trifase, accumulatore e trasformatore di energia e materia, che si sviluppa per alterazione e trasformazione fisico - chimica e biologica dei litotipi del substrato e delle sostanze organiche che vi si accumulano. Esso costituisce, come si è detto, la prima linea di difesa del sistema acquifero: è al suo interno che si esplicano importanti processi che collettivamente costituiscono il *potenziale di attenuazione del suolo*.

Due gruppi di parametri pedologici devono prendersi in considerazione nella valutazione di tale potenziale. I parametri del primo gruppo controllano direttamente la situazione fisica reale ed i processi che la caratterizzano (assorbimento, filtrazione, capacità di drenaggio, grado di umidità, velocità di infiltrazione, ecc.):

- la granulometria;
- la tessitura;
- lo spessore effettivo.

Tutto ciò premesso, i passi della valutazione di questo fattore nella preparazione della Carta in oggetto sono stati i seguenti:

- digitalizzazione della “carta dei sottosistemi delle terre” (al momento della realizzazione del *layer* T rappresentava il dato bibliografico con maggior copertura territoriale quindi è stata utilizzata come carta di base);
- taratura con le altre carte elencate in bibliografia;
- sovrapposizione del tematismo rappresentante i centri urbani (copertura assente);
- attribuzione del parametro SINTACS ad ogni classe tessiturale rappresentata (media ponderare se lo spessore dell'insaturo è costituito da diversi litotipi);
- creazione di una griglia con celle 100x100;
- revisione del *layer* T con inserimento, come cartografia di base, della carta dei suoli del Veneto, nel frattempo resa disponibile.

I riferimenti ai tipi di suolo, funzione della granulometria, utilizzati per la valutazione dell'effetto dell'insaturo ed i relativi punteggi sono quelli *prestabiliti dalla metodologia originale* di riferimento. Il grado di elaborazione informatica è *elevato* per la prima versione, *basso* per la revisione. Tutto ciò è conforme alla metodologia originale (*release 4*).

### 3.3.5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'ACQUIFERO

La tipologia dell'acquifero (A) è il parametro di SINTACS che descrive i processi che avvengono al di sotto della superficie piezometrica, quando un inquinante idroveicolato giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea dopo aver superato le due *linee di difesa* costituite dalla copertura e dall'insaturo, con abbattimento di una parte





più o meno rilevante della sua concentrazione iniziale. Tali processi, in buona sostanza, sono :

- la dispersione;
- la diluizione;
- l'assorbimento;
- la reattività chimica del mezzo.

La dispersione cinematica dipende essenzialmente dalla lunghezza e tortuosità dei percorsi che i filetti fluidi seguono nella zona satura. Nei mezzi porosi, essa è retta dalla granulometria e dal grado di compattazione, mentre nelle rocce fessurate tale funzione viene svolta dallo stato di fratturazione e/o di carsificazione. La diluizione è collegata alla portata unitaria dell'acquifero, alla ricarica attiva, alla velocità effettiva di flusso. La composizione chimica della roccia acquifera potrà interagire in misura maggiore o minore con l'inquinante. Processi come l'ossidazione di minerali ferrosi, l'idrolisi delle rocce feldspatiche e l'idratazione dei solfati possono giocare un ruolo importante.

Sulla base di quanto si è detto sono stati allestiti i dati necessari per valutare questo fattore per la carta in esame che sono:

- digitalizzazione della cartografia di base;
- taratura ed integrazione mediante confronto con informazioni puntuali ed areali (stratigrafie, profili, profili geofisici...) desunte dalla bibliografia;
- attribuzione del parametro SINTACS per ogni complesso idrogeologico rappresentato;
- creazione di una griglia con celle 100x100, con estensione uguale a tutti gli altri *layers* trattati.

I riferimenti ai tipi litologici dei vari complessi identificati ed i relativi punteggi sono quelli *prestabiliti dalla metodologia originale* di riferimento, tenuto conto dell'approssimazione inevitabile alla scala della Carta. Il grado di elaborazione informatica è *elevato*.

### 3.3.6. CONDUCIBILITÀ IDRAULICA DELL'ACQUIFERO

La conducibilità idraulica è la capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo e, dunque, di un inquinante idroportato o con le stesse caratteristiche di densità dell'acqua sotterranea. Questo fattore nel contesto di SINTACS regge, a parità di gradiente e di sezione retta attraversata, la portata unitaria dell'acquifero e la velocità di spostamento verso i punti di recapito o le captazioni. Si tratta, però, di un parametro di difficile valutazione, in particolare in zone molto ampie ove non esistono dati sufficienti. Le prove di pompaggio sono il mezzo più affidabile per calcolare la trasmissività, la conducibilità idraulica, la diffusività, il coefficiente d'immagazzinamento dell'acquifero d'interesse. Molti valori di conducibilità possono venire ottenuti dalle prove di funzionalità dei pozzi, per i quali esiste quasi sempre un dato di depressione in funzione della portata edotta: da tali dati si calcola la portata specifica ( $Q/s$ ) e, quindi, una stima di  $K$  sufficientemente precisa per gli scopi del modello. Quando l'area investigata è



tanto ampia, come nel caso in questione, anche questi dati puntuali devono essere applicati per complessi idrogeologico, come propone la metodologia originale.

La valutazione del parametro è dunque stata effettuata con i passi seguenti:

- digitalizzazione della cartografia di base;
- attribuzione di valori di conducibilità idraulica ai vari complessi idrogeologici;
- taratura ed integrazione mediante i valori dei parametri idrogeologici ricavati da prove di pompaggio, *slug test*, ecc.;
- attribuzione del parametro SINTACS per ogni intervallo di conducibilità;
- creazione di una griglia con celle 100x100, con estensione uguale a tutti gli altri *layers* trattati.

Le elaborazioni ed i dati di base utilizzati per la valutazione di questo fattore SINTACS ed i relativi punteggi sono coerenti con la *metodologia originale* di riferimento, tenuto conto dell'approssimazione inevitabile alla scala della Carta. Il grado di elaborazione informatica è *elevato*.

### 3.3.7. ACCLIVITÀ DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

L'acclività della superficie topografica influisce sulla valutazione della vulnerabilità intrinseca soprattutto perché da essa dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua (e, dunque, di un inquinante fluido o idroveicolato) sulla superficie. In pratica, si attribuisce un punteggio elevato alle pendenze molto blande corrispondenti a parti del territorio dove un inquinante può spostarsi poco sotto l'azione della gravità o addirittura ristagnare favorendo l'infiltrazione. Inoltre, l'acclività influenza in misura più o meno grande la tipologia e lo spessore del suolo e della copertura, anche questi parametri importanti del potenziale d'attenuazione. In fine, c'è sempre una possibile interrelazione tra il gradiente topografico ed il gradiente idraulico d'acquiferi liberi prossimi alla superficie, come appare evidente ad esempio nelle aree moreniche e collinari a circolazione sotterranea epidermica.

Nel caso dell'elaborazione della Carta di vulnerabilità in discussione, non esisteva alcun problema di dati e di elaborazione che è stata effettuata come segue:

- estrazione delle curve di livello dalla carta tecnica regionale (C.T.R – scala 1: 10.000);
- generazione di una rappresentazione vettoriale a triangoli della superficie geografica (TIN - *Triangular Irregular Model*) sulla base delle curve di livello;
- verifica del modello TIN con integrazione delle curve della C.T.R. mediante inserimento di curve di maggior dettaglio (ogni 5 metri);
- generazione del DTM con creazione di una griglia con celle 100x100;
- definizione delle classi di acclività derivate dal DTM ed attribuzione del parametro SINTACS ad ogni classe.

Su questa base sono state individuate le classi di acclività ed i relativi punteggi SINTACS, utilizzando un livello *medio* di elaborazione, per altro più che sufficiente.



### 3.3.8. IDENTIFICAZIONE DELLE SITUAZIONI IDROGEOLOGICHE E D'IMPATTO

La struttura modulare dell'*input* di SINTACS è stata concepita per poter usare varie *stringhe* (i.e. linee di pesi moltiplicatori) in alternativa ed in parallelo. Le linee di pesi sono un potente strumento che permette di modellare la metodologia sulla situazione effettiva identificata (*scenario*) per ciascun elemento di maglia, esaltando l'importanza di alcuni parametri rispetto ad altri ma lasciando all'analista un ben calibrato spazio decisionale.

Sebbene sia possibile proporre un numero elevato di combinazioni, sino ad oggi la metodologia originale prevede 5 stringhe di pesi (Tabella 1).

Tabella 1 - *Stringhe* di pesi moltiplicatori previste per SINTACS (R5).

Parametro	E. Normale	E. Rilevante	Drenaggio	Carsismo	Resultato
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

Per la scelta delle linee di pesi da utilizzare per la formazione dell'indice SINTACS, gli estensori della Carta di vulnerabilità in discussione hanno giustamente fatto riferimento alla scala di restituzione, per la quale è inutile tentare una discriminazione troppo approfondita delle situazioni ma, piuttosto, è utile privilegiare dei macro - scenari.

Pertanto, si è operato nel modo seguente per discernere le diverse situazioni:

- Analisi delle varie situazioni idrogeologiche, idrologiche e morfologiche della pianura veneta;
- Analisi delle varie situazioni di impatto antropico;
- Suddivisione del territorio in diversi scenari (per la pianura veneta sono state identificate due situazioni):
  - Aree soggette a impatto rilevante (basso gradiente topografico, insaturo composto da terreni a permeabilità matriciale, fortemente antropizzate, a forte vocazione agricola),
  - Aree soggette a drenaggio (fascia delle risorgive, tratto drenante dei grossi fiumi veneti);
- Digitalizzazione degli ambiti fluviali dei principali corpi idrici regionali (Piave, Adige, Brenta - Bacchiglione, Mincio, Po);
- Digitalizzazione della fascia delle risorgive;
- Attribuzione delle stringhe dei pesi moltiplicatori a ciascun scenario;



- Attribuzione del peso a ciascun elemento di maglia.

Facendo riferimento alle fonti ed in particolare alla Carta delle unità geomorfologiche del Veneto (scala 1:250.000) realizzata dalla Regione del Veneto; ed alla cartografia allegata al P.T.R.C., sono state identificate le macro – aree alle quali sono state applicate le stringhe 2 (*impatto rilevante*) e 3 (*drenaggio*).

In tal modo è stato calcolato l'indice SINTACS (vedi formula 1) per ciascun elemento della maglia considerata. I valori sono, quindi, stati normalizzati a 100, come prevede la metodologia originale, e, quindi suddivisi in 6 classi (da bassissima ad elevatissima) alle quali sono stati assegnati i rispettivi colori della legenda unificata.

L'ultimo passo è consistito nella restituzione della Carta della vulnerabilità intrinseca della falda freatica su una griglia di maglie regolari 500 × 500 m).

#### 4. VALIDAZIONE E CONCLUSIONI

L'esame della documentazione ha consentito di verificare la correttezza nell'applicazione del metodo SINTACS alla stesura della Carta.

Ha inoltre permesso di verificare l'adeguatezza e la validità delle fonti tecnico-scientifiche utilizzate per definire i parametri richiesti dal metodo per la redazione della Carta, in ordine alla scala utilizzata e alle finalità dell'elaborato.

Il contenuto della Carta è stato esaminato nel suo insieme. Per il dettaglio, l'esame si è svolto con controlli per campione.

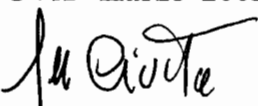
Sulla base di quanto sopra, **la Carta della Vulnerabilità della falda freatica della Pianura Veneta viene validata.**

Dal punto di vista metodologico, la realizzazione della Carta della vulnerabilità della falda freatica della Pianura Veneta rappresenta un grosso sforzo di adeguamento della metodologia SINTACS, che è stata studiata e testata sempre per cartografie a medio denominatore di scala. Dall'esame dei diversi **layers** e dagli esaurienti *test* effettuati sulla stima dei diversi fattori e relativi punteggi, si deve affermare che il **collaudo ha dato esito più che positivo.**

La Carta, comunque, ha un obiettivo d'indirizzo e non operativo, come d'altra parte è richiesto dal testo del DLgs. 152/99. Ulteriori approfondimenti saranno opportuni, in particolare nella stima dei fattori e delle diverse stringhe di pesi, onde aumentare il dettaglio e, dunque, l'utilizzo operativo delle Carte.

È, per altro consigliabile di procedere quanto prima ad integrare la Carta di vulnerabilità intrinseca con un censimento approfondito dei **centri di pericolo**, delle **fonti diffuse di pericolo**, dei **produttori e mitigatori d'inquinamento**, dei **soggetti a rischio** e quant'altro serve per trasformare la Carta di vulnerabilità **intrinseca** in **integrata**.

PADOVA marzo 2003

  
Prof. Massimo CIVITA

  
Prof. Antonio DAL PRA'

## Elenco dei comuni il cui territorio è designato vulnerabile da nitrati

CODICE ISTAT COMUNE	COMUNE	PROVINCIA	SUPERFICIE COMUNALE (ETTARI, DA GIS)	SAU (ETTARI, ISTAT 2001)	SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE (ETTARI, DA GIS)	PERCENTUALE DELLA SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE	SAU x % VULN./1000
23004	Arcole	VR	1894	1142	1342	71	81
23016	Buttapietra	VR	1713	1045	1713	100	104
23021	Castel d'Azzano	VR	970	649	955	98	64
23040	Isola della Scala	VR	7008	4666	1071	15	71
23051	Mozzecane	VR	2468	1685	1646	67	112
23055	Oppiano	VR	4663	4721	1264	27	128
23060	Povegliano Veronese	VR	1865	1358	793	43	58
23069	San Bonifacio	VR	3388	1920	1463	43	83
23071	San Giovanni Lupatoto	VR	1907	846	1558	82	69
23073	San Martino Buon Albergo	VR	3463	1719	992	29	49
23082	Sommacampagna	VR	4077	2763	2523	62	171
23083	Sona	VR	4134	2671	749	18	48
23089	Valeggio sul Mincio	VR	6407	4422	3771	59	260
23091	Verona	VR	19889	6164	7732	39	240
23096	Villafranca di Verona	VR	5725	3927	5725	100	393
23097	Zevio	VR	5495	3979	1695	31	123
24012	Bassano del Grappa	VI	4701	1416	2530	54	76
24013	Bolzano Vicentino	VI	1995	1355	970	49	66
24014	Breganze	VI	2175	1610	1616	74	120
24016	Bressanvido	VI	859	853	859	100	85
24025	Cartigliano	VI	739	436	739	100	44
24026	Cassola	VI	1270	661	1270	100	66
24038	Dueville	VI	2010	1240	1337	67	83
24055	Malo	VI	3051	1973	1077	35	70
24056	Marano Vicentino	VI	1269	761	1267	100	76
24057	Marostica	VI	3649	1718	1144	31	54
24058	Mason	VI	1201	889	869	72	64
24061	Montecchio Maggiore	VI	3076	1549	859	28	43
24062	Montecchio Precalcino	VI	1431	801	1220	85	68
24070	Mussolente	VI	1545	1126	1102	71	80
24073	Nove	VI	818	445	818	100	44
24082	Pozzoleone	VI	1122	760	1122	100	76
24086	Romano d'Ezzelino	VI	2140	1046	1157	54	57
24087	Rosà	VI	2449	1320	2449	100	132
24088	Rossano Veneto	VI	1062	730	1062	100	73
24091	Sandrigò	VI	2794	1654	2794	100	165
24097	Sarcedo	VI	1387	910	1015	73	67

CODICE ISTAT COMUNE	COMUNE	PROVINCIA	SUPERFICIE COMUNALE (ETTARI, DA GIS)	SAU (ETTARI, ISTAT 2001)	SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE (ETTARI, DA GIS)	PERCENTUALE DELLA SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE	SAU x % VULN./1000
24099	Schiavon	VI	1198	999	1198	100	100
24104	Tezze sul Brenta	VI	1788	990	1788	100	99
24105	Tiene	VI	1975	933	1904	96	90
26001	Altivole	TV	2194	2534	2194	100	253
26002	Arcade	TV	843	584	750	89	52
26003	Asolo	TV	2541	1760	1186	47	82
26005	Breda di Piave	TV	2570	1811	2395	93	169
26006	Caerano San Marco	TV	1207	801	655	54	43
26008	Carbonera	TV	1982	1075	1085	55	59
26012	Castelfranco Veneto	TV	5132	2550	5132	100	255
26013	Castello di Godevo	TV	1809	1251	1809	100	125
26017	Cimadolmo	TV	1787	973	1787	100	97
26019	Codogne'	TV	2172	1565	628	29	45
26022	Cordignano	TV	2625	1128	1276	49	55
26028	Fontanelle	TV	3561	3308	2398	67	223
26029	Fonte	TV	1464	850	752	51	44
26031	Gaiarine	TV	2872	1900	689	24	46
26033	Godega di Sant'Urbano	TV	2431	1629	1842	76	123
26035	Istrana	TV	2637	1579	2637	100	158
26036	Loria	TV	2317	1595	2317	100	160
26038	Mareno di Piave	TV	2786	1935	2126	76	148
26040	Maserada	TV	2887	1450	2887	100	145
26046	Montebelluna	TV	4909	2606	2800	57	149
26047	Morgano	TV	1175	748	1175	100	75
26050	Nervesa della Battaglia	TV	3495	1435	1214	35	50
26051	Oderzo	TV	4264	3218	1176	28	89
26052	Ormelle	TV	1879	1357	1670	89	121
26053	Orsago	TV	1073	849	584	54	46
26055	Paese	TV	3801	1881	3801	100	188
26058	Ponte di Piave	TV	3284	3622	1434	44	158
26059	Ponzano Veneto	TV	2227	1208	2227	100	121
26062	Povegliano	TV	1296	1063	1134	87	93
26064	Quinto di Treviso	TV	1913	997	1810	95	94
26066	Resana	TV	2498	1792	2498	100	179
26068	Riese Pio X	TV	3075	3187	3075	100	319
26071	San Biagio di Callalta	TV	4838	3250	1771	37	119
26072	San Fior	TV	1781	889	1034	58	52
26074	San Polo di Piave	TV	2096	1654	2096	100	165
26075	Santa Lucia di Piave	TV	1995	1629	1483	74	121
26076	San Vendemiano	TV	1843	1083	938	51	55
26077	San Zenone degli Ezzelini	TV	1986	1191	1145	58	69

<b>CODICE ISTAT COMUNE</b>	<b>COMUNE</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>SUPERFICIE COMUNALE (ETTARI, DA GIS)</b>	<b>SAU (ETTARI, ISTAT 2001)</b>	<b>SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE (ETTARI, DA GIS)</b>	<b>PERCENTUALE DELLA SUPERFICIE COMUNALE INTERNA ALLA ZONA VULNERABILE</b>	<b>SAU x % VULN./1000</b>
26082	Spresiano	TV	2572	1405	2572	100	140
26085	Trevignano	TV	2658	1729	2658	100	173
26086	Treviso	TV	5551	2406	2259	41	98
26088	Vazzola	TV	2602	1970	1941	75	147
26089	Vedelago	TV	6179	4324	6179	100	432
26091	Villorba	TV	3060	1430	2838	93	133
26093	Volpago del Montello	TV	4472	2261	1818	41	92
26095	Zero Branco	TV	2615	1484	845	32	48
28019	Camposampiero	PD	2113	1098	833	39	43
28023	Carmignano di Brenta	PD	1475	1543	1475	100	154
28032	Cittadella	PD	3647	1930	3647	100	193
28038	Fontaniva	PD	2063	1140	2063	100	114
28039	Galliera Veneta	PD	902	423	902	100	42
28042	Grantorto	PD	1409	997	1300	92	92
28046	Lo reggia	PD	1923	1048	1887	98	103
28064	Piombino Dese	PD	2954	1648	2364	80	132
28076	San Giorgio in Bosco	PD	2844	1951	2635	93	181
28077	San Martino di Lupari	PD	2428	1725	2428	100	173
28078	San Pietro in Gu	PD	1781	1505	1727	97	146
28080	Santa Giustina in Colle	PD	1794	1082	1341	75	81
28091	Tombolo	PD	1112	721	1112	100	72
28101	Villa del Conte	PD	1733	1286	1733	100	129