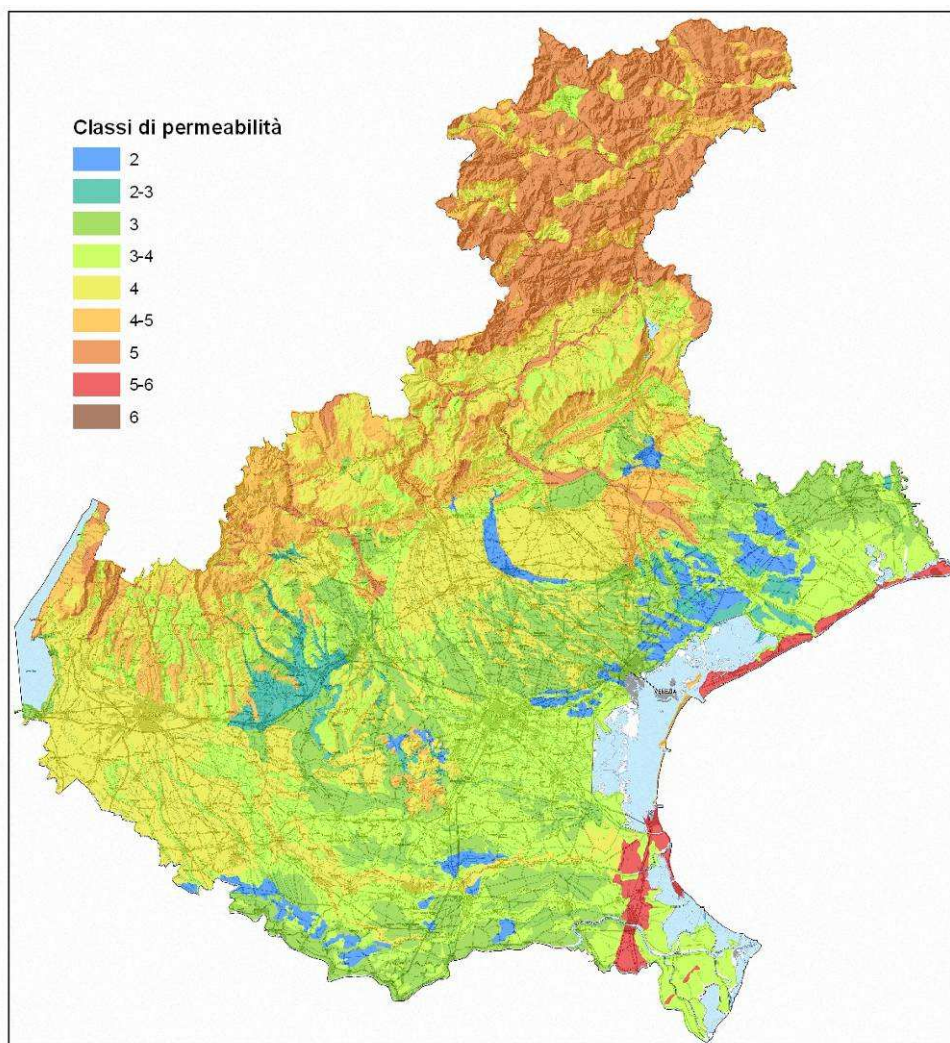




arpav

Agenzia Regionale per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale del Veneto

## VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ E DEL GRUPPO IDROLOGICO DEI SUOLI DEL VENETO



**SERVIZIO REGIONALE SUOLI**

*Giugno 2011*

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Conoscenza dei suoli e del rapporto suolo-acqua

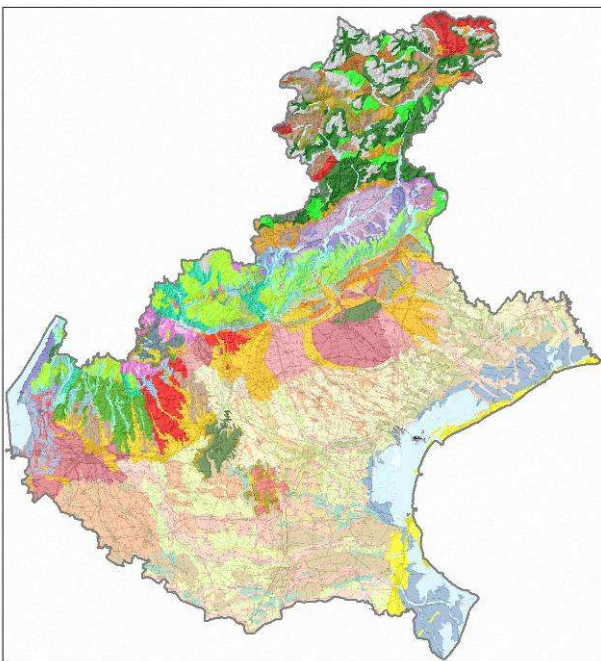
La conoscenza dei caratteri fisici del suolo consente di descrivere, con diverso grado di approssimazione in funzione della variabilità spaziale dei caratteri, alcuni parametri utili alla valutazione delle dinamiche dell'acqua nel suolo stesso. Fenomeni gravitativi, di ritenzione, di assorbimento da parte delle piante, ecc. condizionano il movimento dell'acqua che arriva al suolo con le precipitazioni e dipendono fortemente dalla composizione del suolo, sia della frazione minerale che della frazione organica.

Le caratteristiche idrologiche dei suoli sono importanti parametri necessari per fare valutazioni nei campi più svariati e vengono quasi sempre richiesti come dati di *input* in diversi modelli comunemente utilizzati per fare previsioni, stime, valutazioni dei fenomeni che riguardano il movimento dell'acqua nel suolo. Anche nelle nuove direttive per la redazione dei piani di classifica (DGRV n.79 del 2011), recentemente approvate a livello regionale, sono previsti degli indici tecnici utilizzati per quantificare, nell'ambito del beneficio di bonifica, il beneficio di natura idraulica e il beneficio di disponibilità irrigua, che dipendono, tra l'altro, dalle caratteristiche idrologiche dei suoli.

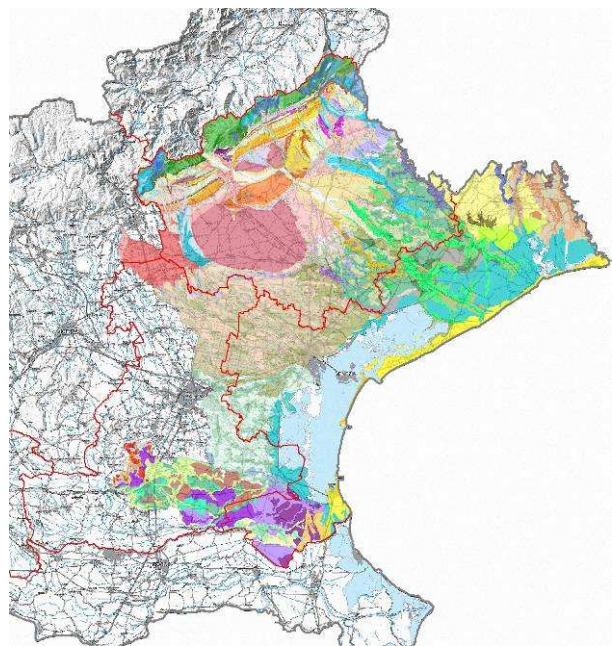
Nel presente documento viene descritto il percorso tecnico utilizzato da ARPAV – Servizio Suoli per arrivare alla descrizione di come si distribuiscono nel territorio veneto le principali caratteristiche idrologiche dei suoli.

## 1.2 La banca dati dei suoli del Veneto

A partire dagli anni '90, quando sono iniziati i primi rilevamenti pedologici nella regione Veneto, parecchie conoscenze sono state acquisite, sia sulle tipologie di suoli presenti, sia sulle loro caratteristiche. I primi rilevamenti sono stati realizzati in aree di pianura e collina, dove maggiormente si concentra l'interesse sulla risorsa suolo, finalizzati sia a scopi ambientali (bacino scolante in laguna di Venezia, ARPAV 2004) che agricoli (aree DOC). Successivamente, con la pubblicazione della “Carta dei Suoli del Veneto in scala 1:250.000” (ARPAV, 2005, fig. 1) è stato raggiunto un buon inquadramento dei suoli presenti nel territorio regionale, anche nelle aree monta-



**Figura 1:** Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 (ARPAV 2005)



**Figura 2:** Carta dei suoli in scala 1:50.000 (ARPAV 2004, 2008a, 2008b)



ne, poco rilevate in precedenza. Negli anni sono proseguiti, e sono tuttora in corso, i lavori di rilevamento di semi-dettaglio (in scala 1:50.000) delle aree di pianura (fig. 2), giungendo alla pubblicazione delle carte della Provincia di Treviso e di Venezia (2008a e 2008b). La carta della Provincia di Padova è di prossima pubblicazione, mentre la carta della provincia di Vicenza è in fase di elaborazione. In corso di rilevamento sono invece le province di Rovigo e Verona.

A una diversa scala di rilevamento corrisponde anche un diverso livello di dettaglio dell'informazione, essendo richieste, per le carte pedologiche, almeno 0,5 osservazioni per cm<sup>2</sup> di carta (che corrispondono a 0,08 osservazioni ogni km<sup>2</sup>, alla scala 1:250.000, e 2 osservazioni /km<sup>2</sup>, alla scala 1:50.000). Per una maggior attendibilità e precisione risulta quindi fondamentale utilizzare l'informazione disponibile al maggior dettaglio.

I dati raccolti con il rilevamento dei suoli, le analisi chimico-fisiche eseguite in laboratorio sui campioni e le cartografie elaborate sono conservate e gestite nella banca dati dei suoli del Veneto (fig.3). Nella banca dati sono archiviate attualmente 28.700 osservazioni, di cui 3.400 profili (fig.4) corredati da 14.000 analisi, e 560 unità tipologiche di suolo. Numerose sono le informazioni utili che possono essere derivate dalla banca dati per elaborare carte per diversi scopi applicativi (ad es. permeabilità, riserva idrica, valori di fondo dei metalli pesanti, salinità, ecc.; fig. 5), talvolta attraverso l'incrocio anche con altre informazioni, climatiche, idrogeologiche, di uso del suolo (derivando, ad esempio, carte del rischio di erosione, del deficit idrico, della vulnerabilità degli acquiferi, ecc.).

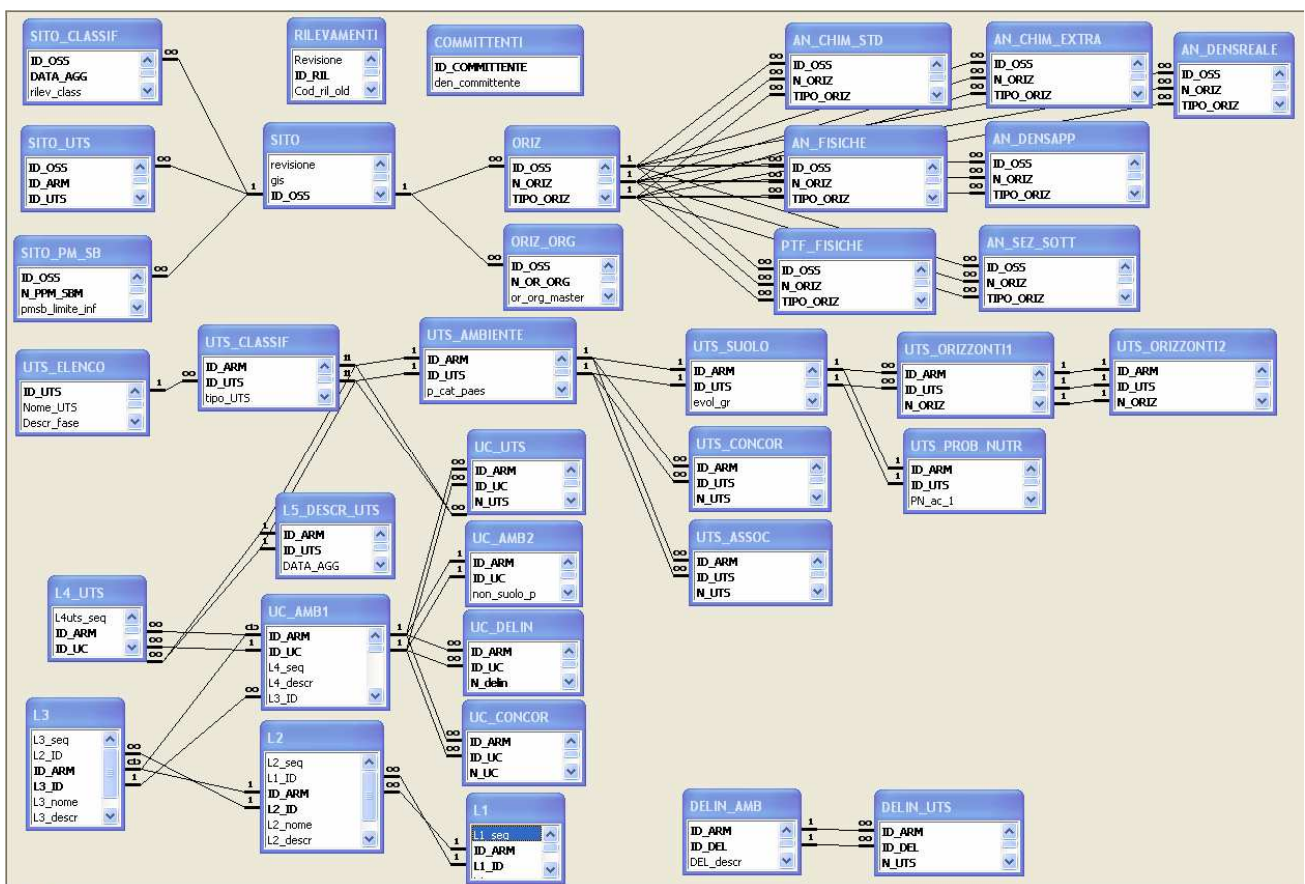
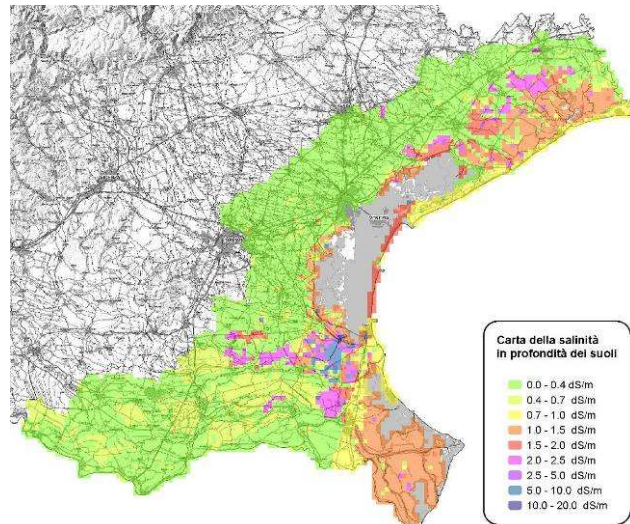


Figura 3: Struttura della banca dati dei suoli del Veneto



**Figura 4:** Profilo di suolo



**Figura 5:** Carta della salinità del substrato (100-150 cm) ottenuto dalla spazializzazione geostatistica dei dati.

Fonte: Elaborazione dati ARPAV e CNR-IRPI 2008.

Nel corso degli anni sono stati condotti degli approfondimenti relativamente alle caratteristiche idrologiche del suolo, insieme a ricercatori del CNR (CNR IRPI di Firenze – Pedologia Applicata) e alle altre regioni della pianura padana (progetto SINA). Sono state fatte misurazioni di densità apparente, conducibilità idrica saturata (Ksat, fig. 6) e ritenzione idrica (curve pF), in profili rappresentativi di 27 unità tipologiche di suolo tra le più estese e le più idonee a rappresentare diverse situazioni pedopaesaggistiche e climatiche. In totale sono state realizzate 205 misure di Ksat e 177 curve pF. Per mezzo delle misure è stato possibile sviluppare delle funzioni di trasferimento, denominate *pedotransfer functions* (PTF), che consentono di derivare le caratteristiche idrologiche (conducibilità e ritenzione idrica) di un suolo a partire da dati rilevati normalmente in campagna (tessitura, carbonio organico, struttura e densità apparente). Il passo successivo è stato quello di definire il bilancio idrico dei suoli della pianura veneta con il modello MACRO, rappresentando le diverse combinazioni di suolo-clima-falda-coltura presenti. Utilizzando gli *output* del modello MACRO come *input* del modello SOIL-N, è stato possibile, inoltre, fare un bilancio dell'azoto nel suolo e prevedere le perdite di azoto nelle acque superficiali e profonde, estendendo i risultati a livello cartografico nelle carte della capacità protettiva (fig. 7).

### **1.3 Le carte di permeabilità e dei gruppi idrologici dei suoli del Veneto**

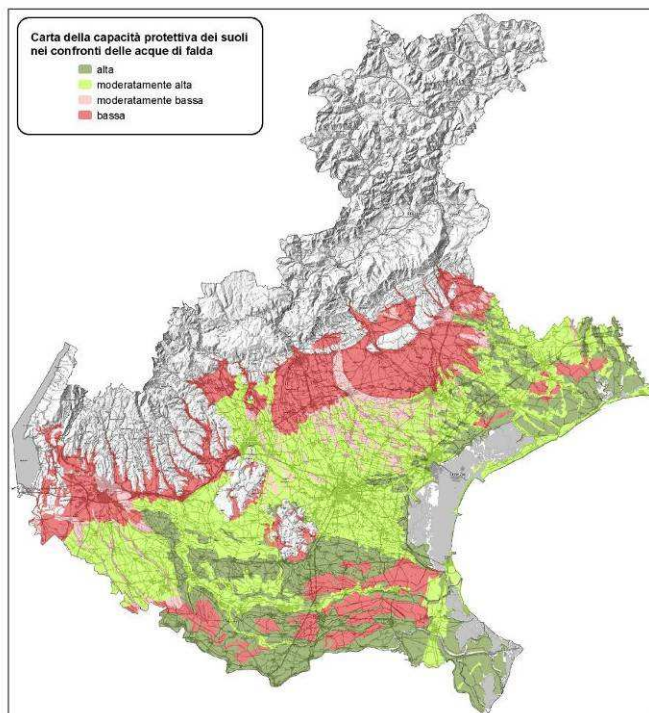
Avendo a disposizione una notevole mole di dati e di *know-how*, sono state implementate nel database, e testate, le procedure automatizzate (PTF) per il calcolo delle caratteristiche idrologiche dei suoli (Ksat e curve di ritenzione idrica), sviluppate nell'ambito del progetto SINA. Con le PTF sono state definite tali caratteristiche per tutte le tipologie di suoli riportate nelle carte, e inserite in database al fine di metterle a disposizione degli enti interessati. Le tipologie di suolo (UTS) descritte nella carta in scala 1:250.000 sono 236 (di queste 112 sono suoli di pianura), distribuite in 214 unità cartografiche (UC). In scala di maggior dettaglio (1:50.000), sull'area attualmente cartografata (circa 5.300 Km<sup>2</sup>, metà del territorio di pianura della regione) sono state descritte 260 UTS (193 di pianura), distribuite in 277 UC. Permeabilità e gruppo idrologico determinati per ciascuna UTS sono stati successivamente estesi alle unità cartografiche, sia in scala 1:250.000 che 1:50.000, con la metodologia descritta nel dettaglio nelle pagine seguenti. Per la permeabilità è stato utilizzato un approccio analitico, svolgendo un'accurata analisi statistica dei dati misurati e stimati, superando l'approccio empirico utilizzato nel passato. Per la determinazione dei Gruppi Idrologici USDA è stato possibile sviluppare una procedura automatizzata, che tiene conto delle modifiche



della metodologia riportate nell'ultima versione del capitolo 7 del "National Engineering Handbook" (USDA NRCS, 2009).



**Figura 6:** Prelievo di campioni indisturbati con il metodo del cilindretto; possono essere utilizzati per la misura della densità apparente o della conducibilità idrica.



**Figura 7:** Carta della capacità protettiva dei suoli di pianura nei confronti delle acque di falda. *Fonte: Elaborazione dati ARPAV 2008.*

## 2. PERMEABILITÀ DEI SUOLI DEL VENETO

### 2.1 Cos'è la permeabilità di un suolo

Una delle caratteristiche più importanti del suolo è la permeabilità, richiesta per diverse valutazioni, non ultima quella della determinazione del gruppo idrologico dei suoli. La permeabilità del suolo viene in genere identificata con la misura della conducibilità idrica satura ( $K_{sat}$ , mm/h).

Il movimento dell'acqua nel suolo è descritto mediante la legge di Darcy:

$$Q/At = -K_{sat} dH/dz$$

Dove  $Q/At$  è la portata, il flusso di acqua attraverso una sezione  $A$ , perpendicolare alla direzione del flusso, nel tempo  $t$ . La **conducibilità idrica satura,  $K_{sat}$** , è il reciproco, o inverso, della resistenza della matrice del suolo al flusso di acqua;  $dH/dz$  è il gradiente idraulico, la forza che è all'origine del movimento dell'acqua nel suolo.

La conducibilità idrica in condizioni di saturazione ha il pregio di essere costante, mentre in condizioni di non-saturazione del suolo, dipende fortemente dal contenuto idrico.

La  $K_{sat}$  dipende principalmente dalle dimensioni e dalla distribuzione dei pori. Data l'alta variabilità che caratterizza questa misura, una singola misurazione non può essere presa a riferimento; per avere una stima accurata al fine di determinare in quale classe di permeabilità ricade un suolo, bisogna avere a disposizione più misurazioni da cui ricavare un valore medio

(essendo la  $K_{sat}$  una proprietà che ha una distribuzione log-normale, solitamente si usa la media geometrica).

In alternativa alle misure, ci sono diverse pedofunzioni di trasferimento (PTF) che, a partire da alcune caratteristiche del suolo, consentono di stimare la  $K_{sat}$ .

La conducibilità idrica può essere valutata per i singoli orizzonti di un suolo o per il suolo nel suo insieme; la classe di permeabilità del suolo viene determinata dall'orizzonte meno permeabile.

## 2.2 Classi di permeabilità

Le classi di permeabilità utilizzate per i suoli sono quelle definite dal "Soil Survey Manual" USDA (tab.1).

**Tabella 1:** classi di permeabilità (fonte Soil Survey Staff - USDA, 1993)

	Classe	$K_{sat}$ ( $\mu\text{m/s}$ )	$K_{sat}$ (mm/h)
1	Molto bassa	<0,01	<0,036
2	Bassa	0,01-0,1	0,036-0,36
3	Moderatamente bassa	0,1-1	0,36-3,6
4	Moderatamente alta	1-10	3,6-36
5	Alta	10-100	36-360
6	Molto alta	>100	>360

## 2.3 Metodi di stima della $K_{sat}$

Le misure disponibili per i suoli del Veneto sono state realizzate nell'ambito del progetto SINA dal CNR, relativamente a 73 orizzonti di 27 profili, per lo più campionati e misurati in triplo.

Sulla base di queste misure il CNR ha elaborato delle PTF che stimano la  $K_{sat}$  a partire da caratteristiche del suolo rilevate routinariamente nel corso del rilevamento dei suoli (argilla, sabbia, carbonio organico, densità apparente). Oltre a queste, sono state prese in considerazione anche altre PTF da letteratura, tra quelle più utilizzate e affidabili.

Le PTF implementate sono:

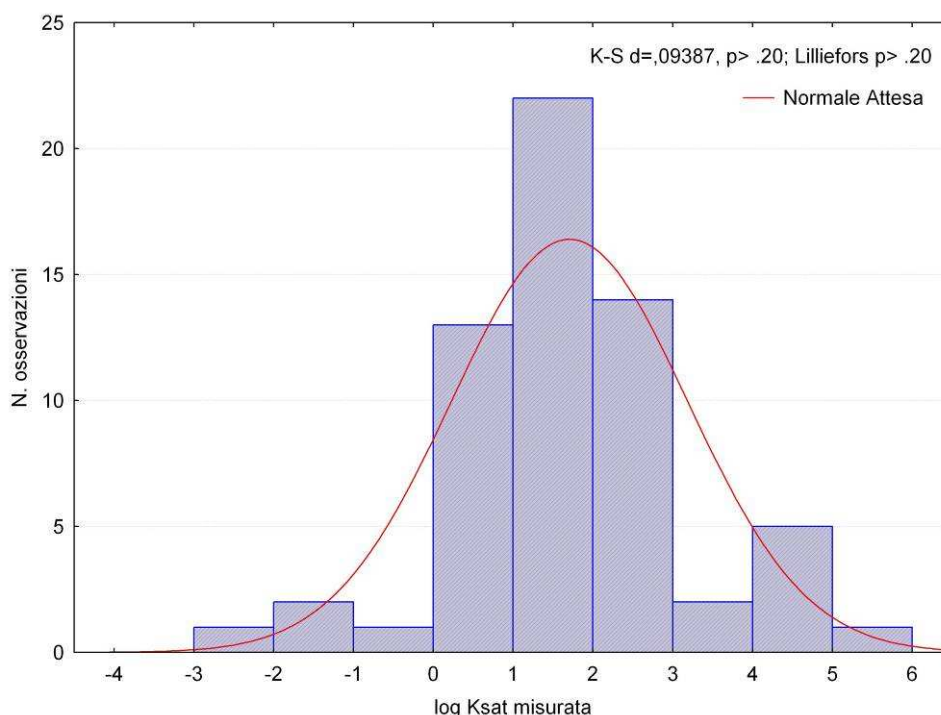
- 1) CNR 2003 (funzione di argilla, sabbia, carbonio organico Walkley-Black, densità apparente), elaborate da F. Ungaro del CNR a partire dai dati misurati di ARPAV;
- 2) PTF Saxton *et al.* (1986), funzione di argilla, sabbia; *range* di validità: (sabbia 5-30% con argilla 8-58%) oppure (sabbia 30-95% con argilla 5-60%);
- 3) PTF Brakensiek *et al.* (1984), funzione di argilla, sabbia, densità apparente, utilizzate da USDA;
- 4) PTF Jarvis *et al.* (2002), funzione di argilla, limo, densità apparente, struttura,  $\theta_{etas}$ ,  $\theta_{etar}$ ,  $PSI_e$ ,  $\lambda$ , questi ultimi sono i parametri della curva pF.

## 2.4 Valutazione dei metodi di stima disponibili

È stata eseguita un'analisi statistica per verificare l'affidabilità delle varie PTF sia nei confronti delle misure esistenti, sia delle stime d'esperto fatte sugli orizzonti delle UTS. Essendo la  $K_{sat}$  una proprietà che ha una distribuzione log-normale, è necessaria una sua trasformazione per condurre un'analisi statistica. Sui dati (59 totali per le misure e 475 per le stime d'esperto), dopo averne eseguito la trasformazione logaritmica (fig. 8), sono stati applicati alcuni test statistici.

Il primo test applicato ai valori trasformati delle misure è stato il T-test i cui dati sono riportati nella tab. 2. Differenze significative sono state riscontrate tra i valori misurati e i dati derivanti dall'utilizzo delle PTF Saxton e Jarvis, PTF che risultano quindi meno adatte per i suoli del Veneto indagati. La PTF del CNR e, in seconda battuta quella di Brakensiek, non presentando differenze

significative rispetto ai dati misurati, risultano maggiormente affidabili per il nostro territorio. Come si può osservare in tab. 2, il T-test è stato applicato su 59 orizzonti per il confronto con le PTF CNR, Brakensiek e Jarvis, su 52 orizzonti per la PTF Saxton (a causa del *range* di validità).



**Figura 8:** Diagramma di distribuzione delle misure della Ksat dopo trasformazione logaritmica.

**Tabella 2:** T-test tra i valori trasformati delle misure e delle stime ottenute con le PTF.

	Media	Dv. Std.	N	Diff.	Dv. Std. Diff.	t	gl	p
ksat	1,649	1,470						
ksat_CNR	1,332	1,013	59	0,317	1,444	1,685	58	0,097
ksat	1,597	1,337						
ksat_Saxton	2,302	0,726	52	-0,705	1,576	-3,224	51	0,002
ksat	1,649	1,470						
ksat_Brakensiek	1,167	1,983	59	0,482	1,865	1,986	58	0,052
ksat	1,649	1,470						
ksat_Jarvis	8,015	2,927	59	-6,365	2,886	-16,941	58	0,000

La bontà delle pedofunzioni è stata inoltre valutata in termini di accuratezza e precisione calcolando opportuni indici di errore (Ungaro, 2007; Ghambarian-Alavijeh et al., 2010), quali:

- MPE (*mean prediction error*), misura l'**accuratezza** della stima, si calcola facendo la media delle differenze tra valori stimati e valori misurati e il segno positivo o negativo indica la tendenza media alla sovrastima o alla sottostima:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \hat{\rho}_{b,i} - \rho_{b,i} \right)$$

- MSPE (*mean square prediction error*), dove lo scarto tra valori stimati e valori misurati è riportato al quadrato:

$$MSPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \hat{\rho}_{b,i} - \rho_{b,i} \right)^2$$

- SDPE (*standard deviation of the prediction error*), misura la **precisione** della stima, misurando la dispersione dei valori stimati, dopo averli corretti per l'errore medio globale:

$$SDPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left( \hat{\rho}_{b,i} - \rho_{b,i} \right) - MPE \right)^2}$$

- RMSPE (*root mean square prediction error*), misura l'errore totale della stima ed è la radice quadrata dello scarto quadratico medio (MSPE)

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \hat{\rho}_{b,i} - \rho_{b,i} \right)^2}$$

dove:  $\hat{\rho}_{b,i}$  = dato PTF

$\rho_{b,i}$  = dato misurato/stimato

- il coefficiente di correlazione  $R^2$ .

I valori di MPE, MSPE, SDPE e RMSPE devono essere quanto più piccoli possibile in quanto indicano lo scostamento tra il valore misurato e quello stimato con le PTF.

**Tabella 3:** Indici di errore e coefficiente di correlazione tra le misure di Ksat e le stime ottenute con le quattro PTF. Dati sottoposti a trasformazione logaritmica.

PTF	MPE	MSPE	SDPE	RMSPE	$R^2$
<b>CNR</b>	-0,0353	1,7784	1,3472	1,3336	0,4007 *
<b>SAX</b>	1,1805	2,9766	1,2738	1,7253	0,0459
<b>BRA</b>	-0,4327	3,4349	1,8212	1,8533	0,4703 *
<b>JAR</b>	6,1365	45,2164	2,7786	6,7243	0,2011

\*=  $p \leq 0,05$

Come si può osservare in tab. 3 gli indici di errore risultano bassi per le PTF CNR, Saxton e Brakensiek, che risultano quindi le migliori; tra queste in particolare spicca la PTF del CNR. Le PTF CNR e Brakensiek tendono a sottostimare il valore di Ksat (vedi valore negativo di MPE), mentre Saxton a sovrastimarli. I risultati della PTF di Jarvis risultano essere quelli che si discostano maggiormente dai valori misurati, sovrastimando sempre di parecchio i valori di Ksat.

Il coefficiente di correlazione tra i valori misurati e stimati risulta significativo per le PTF CNR e Brakensiek.



Gli stessi indici di errore e il coefficiente di correlazione sono stati calcolati sulle classi di permeabilità stimate attraverso il metodo riportato nel manuale di rilevamento ARPAV (a stima d'esperto) per 475 orizzonti delle UTS e i valori delle PTF espressi in classi. In questo caso, sempre per i limiti di utilizzo, la PTF Saxton è stata utilizzata per 416 orizzonti (tab. 4).

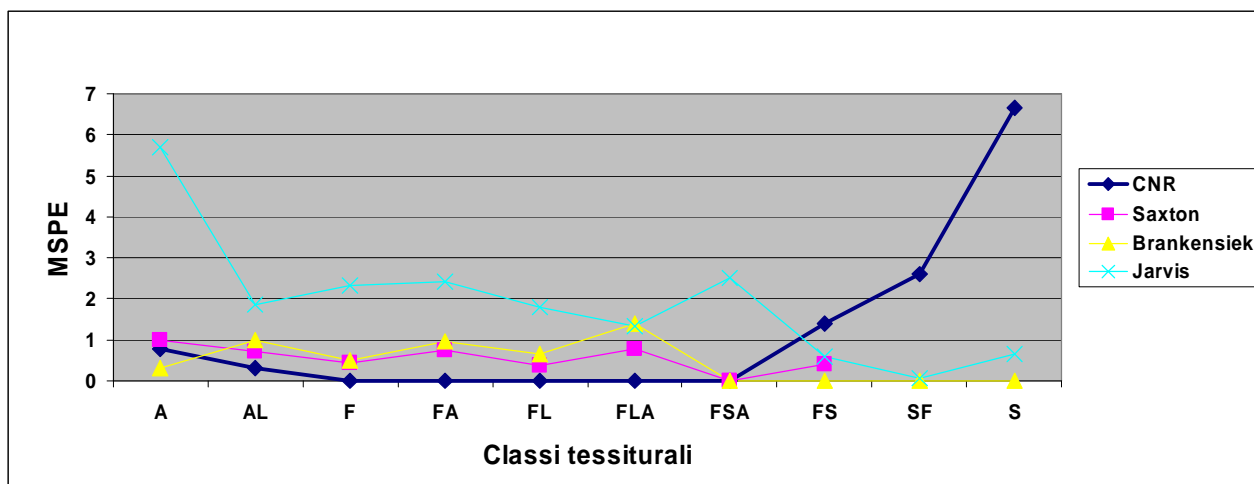
**Tabella 4:** Indici di errore e coefficiente di correlazione tra le stime d'esperto e le stime ottenute con le quattro PTF.

PTF	MPE	MSPE	SDPE	RMSPE	R <sup>2</sup>
<b>CNR</b>	-0,2484	0,5768	0,7185	0,7595	0,6360 *
<b>SAX</b>	0,2067	0,5000	0,6770	0,7071	0,5037 *
<b>BRA</b>	-0,4337	0,7032	0,7184	0,8385	0,7221 *
<b>JAR</b>	0,9450	1,7484	0,9279	1,3223	0,4120 *

\*=  $p \leq 0,05$

A conferma di quanto verificato in precedenza nel confronto tra dati misurati e dati stimati, gli indici di errore mostrano una buona affidabilità per quanto riguarda le stime della Ksat ottenute con le PTF CNR, Saxton e Brakensiek, mentre indici di errore elevati caratterizzano le stime ottenute con l'uso della PTF Jarvis.

Nella fig. 9 si può osservare come il MSPE risulti prossimo allo zero per la PTF CNR con tessiture comprese tra l'argilloso-limoso (AL) e il franco-sabbioso argilloso (FSA), mentre ottimi risultati sono stati ottenuti con la PTF Brakensiek negli orizzonti più sabbiosi (FS, SF, S) e in quelli argillosi (A).



**Figura 9:** Andamento del mean square prediction error (MSPE) tra i valori di Ksat (espressi in classi) stimati per le UTS e i valori da PTF, suddivisi in classi di tessitura.

Dall'analisi dei dati è stato quindi scelto il *range* di utilizzo della PTF CNR (sabbia totale  $\leq 50\%$  e argilla  $< 49\%$ , suoli di pianura); questo deriva direttamente dal *dataset* di misure a partire dal quale sono state calibrate le PTF stesse, che comprendeva solo suoli di pianura, nella maggior parte con tessiture di medio impasto (solo pochi campioni avevano contenuti elevati di sabbia o argilla). Al di fuori di questo *range* è stato scelto di utilizzare la PTF Brakensiek, che non ha i limiti di Saxton nel

range di tessiture in *input*, e, dalle varie prove fatte, fornisce ottimi risultati, anche sui suoli di montagna.

## 2.5 Effetto dello scheletro e correzione dei valori di permeabilità

Successivamente è stato affrontato il problema della Ksat degli orizzonti con presenza di **scheletro**. Dall'esperienza di campagna, suffragata da studi specifici pubblicati, risultava chiaro che nei suoli la presenza di scheletro, in termini generali, aumenta la permeabilità. Uno studio di *Torri et al.* (1994), ha dimostrato la relazione tra il contenuto in scheletro e la diminuzione della densità apparente. Grazie a un certo numero di misure, *Torri* ha elaborato anche una formula empirica che consente di correggere il dato della densità apparente della terra fine, per i suoli che presentano scheletro. La **formula di Torri** è la seguente:

$$Dtf_{sk} = Dtf (1 - 1.67Mr^{3,39})$$

Dove:

$Dtf_{sk}$  = densità apparente della terra fine corretta per la presenza dello scheletro

$Dtf$  = densità apparente della terra fine senza presenza di scheletro

$Mr$  = contenuto in scheletro in peso (%)

Esiste però anche un effetto inverso dello scheletro sulla Ksat, che è dovuto alla diminuzione della sezione disponibile per il flusso di acqua nel suolo. Per tenere conto di questo, si è fatto ricorso alla **formula** definita da **Morgan et al.** (1998):

$$Ksat_{sk}/Ksat_{tf} = 1 - Rv$$

Dove:

$Ksat_{sk}$  = Ksat del suolo con scheletro

$Ksat_{tf}$  = Ksat della sola terra fine

$Rv$  = contenuto in scheletro in volume (%)

Quindi, in conseguenza della presenza di scheletro, la densità apparente diminuisce, la porosità aumenta, quindi aumenta anche la Ksat, anche se questo aumento è in parte attenuato dalla riduzione della sezione utile.

## 2.6 Estensione cartografica dei valori di permeabilità

Per determinare poi la permeabilità delle Unità Cartografiche (UC) della carta dei suoli, si pone il problema di come ponderare i valori dei diversi suoli (Unità Tipologiche di Suolo - UTS) che costituiscono l'UC. Poiché, come accennato in precedenza, la classe di permeabilità si ottiene attraverso una trasformazione logaritmica, invece di usare il valore discreto (6 classi da 1 a 6, dal meno permeabile al più permeabile), si è pensato di utilizzare un valore di permeabilità continua, calcolato a partire dai dati di Ksat, in modo da avere una stima più precisa. Sulla base di questi valori continui di permeabilità attribuita alle diverse UTS è stata calcolata la media ponderata delle diverse UC; uguale approccio è stato utilizzato anche per il Gruppo Idrologico (vedi paragrafo successivo).

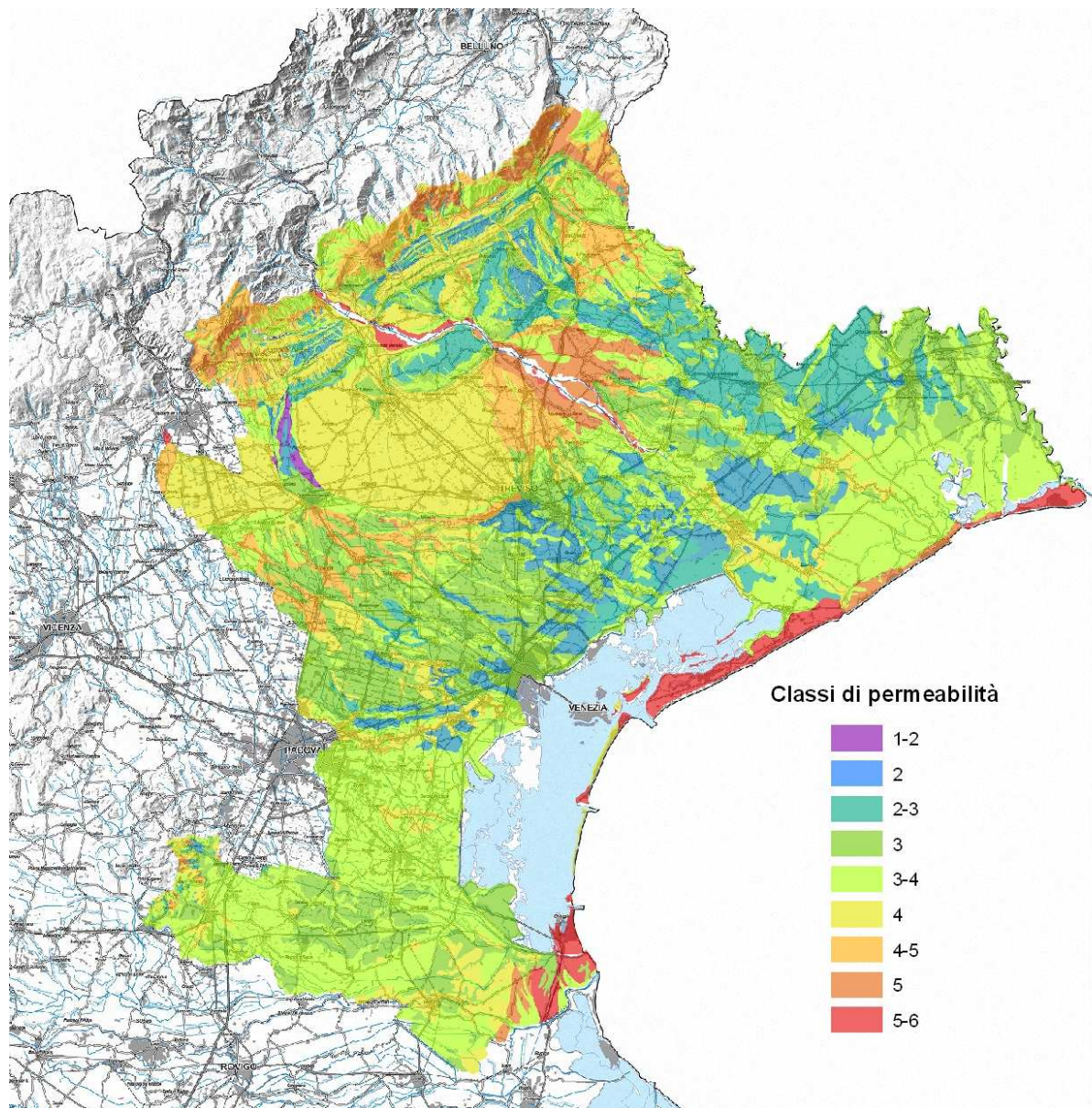
## 2.7 Le carte della permeabilità dei suoli del Veneto in scala 1:50.000 e 1:250.000

L'attribuzione di una classe di permeabilità ad ogni UC ha permesso di ottenere una distribuzione geografica della permeabilità a partire dalle due cartografie disponibili a livello

regionale: la carta dei suoli in scala 1:250.000, su tutto il territorio regionale e quella di maggior dettaglio in scala 1:50.000, attualmente disponibile solo per una parte della regione.

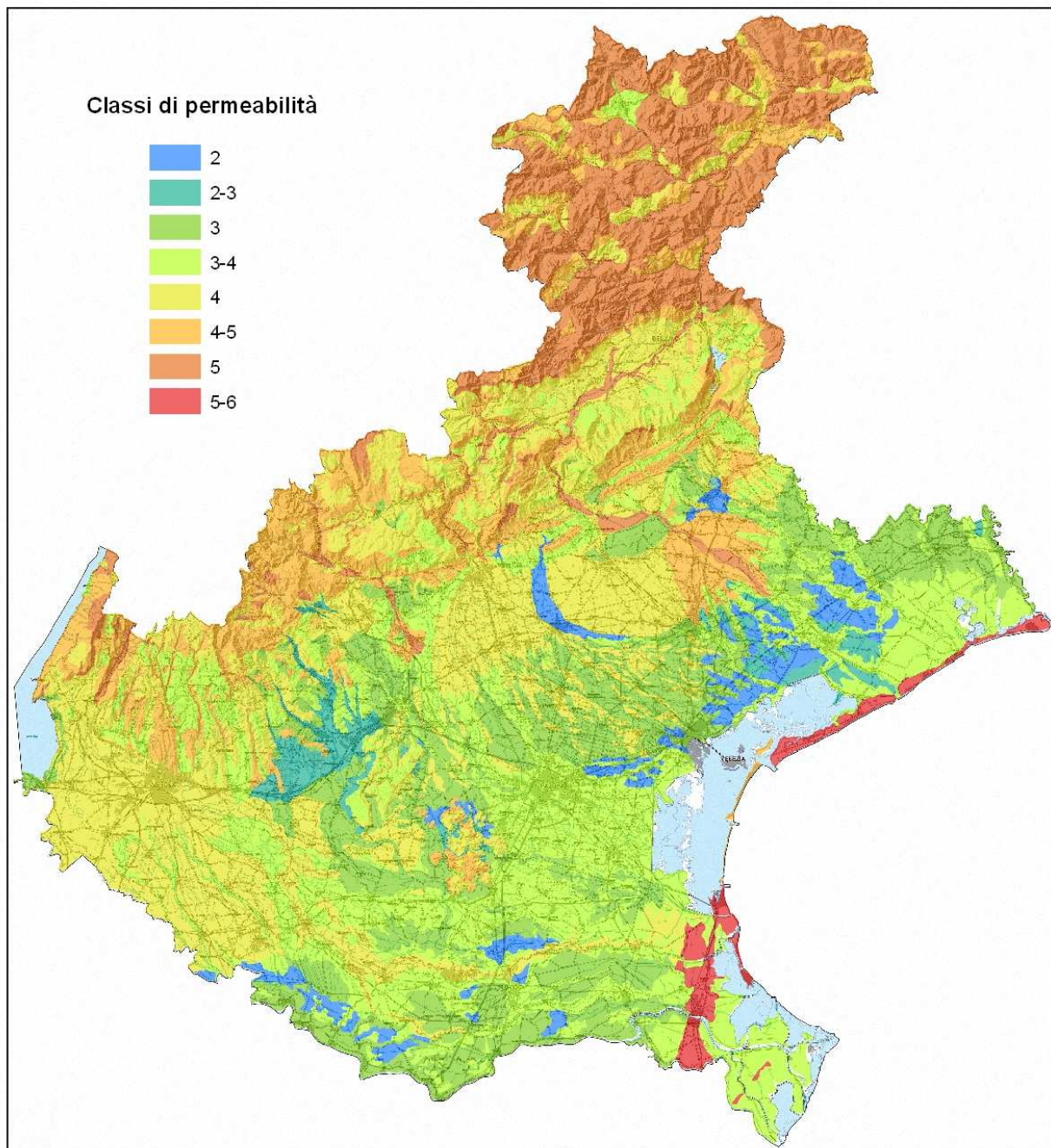
Le due cartografie visibili in figura 10 e 11, pur partendo da due banche-dati diverse, mostrano un buon accordo.

I suoli più permeabili (classe 5-6) si concentrano nelle aree litoranee caratterizzate dalla presenza di suoli sabbiosi. Classi di permeabilità alta (classi 4 e 5) si ritrovano prevalentemente in alta pianura, dove i suoli sono generalmente ghiaiosi, in bassa pianura, limitatamente alle aree di dosso, a tessitura franco grossolana e in montagna nelle aree pendenti, caratterizzate da suoli poco profondi. La maggior parte della pianura ricade nelle classi intermedie (3-4, permeabilità da moderatamente bassa a moderatamente alta), essendo caratterizzata prevalentemente da tessiture limose. In montagna risalta la conca di Cortina, caratterizzata da una permeabilità media (3-4), più bassa del resto delle aree montane, per la presenza di suoli profondi a tessitura moderatamente fine. Le aree meno permeabili si trovano nelle aree depresse della pianura, a tessitura argillosa, e nelle valli dei Lessini orientali, caratterizzate da sedimenti prevalentemente fini, provenienti dalle rocce basaltiche (classi da 1 a 3).



**Figura 10:** Carta della permeabilità derivata dalla carta dei suoli in scala 1:50.000





**Figura 11:** Carta della permeabilità derivata dalla carta dei suoli in scala 1:250.000

## 3. GRUPPO IDROLOGICO USDA DEI SUOLI DEL VENETO

### 3.1 Metodo del Curve Number e significato del Gruppo Idrologico di un suolo

Per avere una stima del bilancio idrologico di un bacino, e quindi prevedere quanta acqua delle precipitazioni si infiltra nel terreno e quanta invece defluisce superficialmente, è necessario prima di tutto avere un'adeguata conoscenza delle caratteristiche del bacino e, in secondo luogo, applicare un metodo affidabile.

Il metodo più utilizzato per stimare il deflusso è sicuramente il "Runoff Curve Number Method" messo a punto nel 1972 dal Soil Conservation Service - United States Department of Agriculture (USDA), che considera il deflusso superficiale come la differenza fra precipitazione e perdite. I parametri di tale modello non sono stati calibrati solo in base ai dati di infiltrazione, ma anche a quelli relativi a prove di laboratorio e a misure sul campo di un enorme numero di bacini di varie dimensioni negli Stati Uniti, messi in relazione con i tipi pedologici e di uso del suolo di ciascun bacino. La grossa mole di dati e il continuo aggiornamento rendono questo metodo molto diffuso negli Stati Uniti e sempre più anche in Europa.

Il metodo prevede l'incrocio di informazioni sull'uso del suolo, le pratiche colturali e le condizioni idrologiche con il **Gruppo Idrologico** dei Suoli. Quest'ultimo è un sistema sviluppato per raggruppare suoli che sono simili per caratteristiche idrologiche. Sono previsti quattro gruppi idrologici, A, B, C e D, in cui vengono suddivisi i suoli principalmente sulla base della permeabilità, espressa come conducibilità idrica in condizioni di saturazione.

### 3.2 Metodologia per la definizione del Gruppo Idrologico

Le nuove direttive approvate a livello regionale per la redazione dei piani di classifica (DGRV n.79 del 2011), fanno riferimento al metodo USDA-NRCS per la definizione del Gruppo Idrologico (capitolo 7 del "National Engineering Handbook", parte 630). Tale metodo è stato rivisto dall'USDA nel 2007 e, successivamente, nel 2009. È a quest'ultima versione che si è preferito fare riferimento, in quanto risulta essere un metodo più preciso e completo, che prevede come parametri di *input*, oltre alla permeabilità ( $K_{sat}$ ) dello strato meno permeabile, anche la profondità della falda, secondo lo schema riportato nella tab. 5. Il nuovo metodo prevede anche l'introduzione delle classi "duali" per quei suoli che avrebbero la falda entro 60 cm, ma che artificialmente drenati presentano una falda più profonda. Alle 4 classi A, B, C, D, si sono quindi aggiunte 3 classi duali che sono A/D, B/D, C/D, dove la prima lettera indica il gruppo idrologico del suolo in condizioni di drenaggio artificiale, la seconda in condizioni non drenate.

### 3.3 Estensione cartografica della classificazione del Gruppo Idrologico dei suoli

Dopo aver determinato il gruppo idrologico delle varie Unità Tipologiche di Suolo (UTS), si è posto il problema di assegnare un gruppo idrologico alle Unità Cartografiche (UC) della carta in scala 1:50.000 e della carta in scala 1:250.000, sapendo che nelle UC della prima ci sono fino a 3 UTS, mentre nella seconda fino a 6. In una prima fase per ogni UC sono state individuati: il Gruppo Idrologico prevalente (corrispondente a quello maggiormente presente in termini percentuali nell'UC), dominante (relativo all'UTS dominante, cioè la prima nell'elenco delle UTS, con maggiore percentuale di presenza nell'UC), limitante (il gruppo idrologico più limitante tra quelli presenti nell'UC) e le classi miste. Un esempio delle carte elaborate viene riportato nella fig. 12.

**Tabella 5:** Criteri per la determinazione del Gruppo Idrologico USDA  
( $K_{sat} [mm/h] = 3,6 * K_{sat} [\mu m/s]$ ) da USDA National Engineering Handbook (2009).

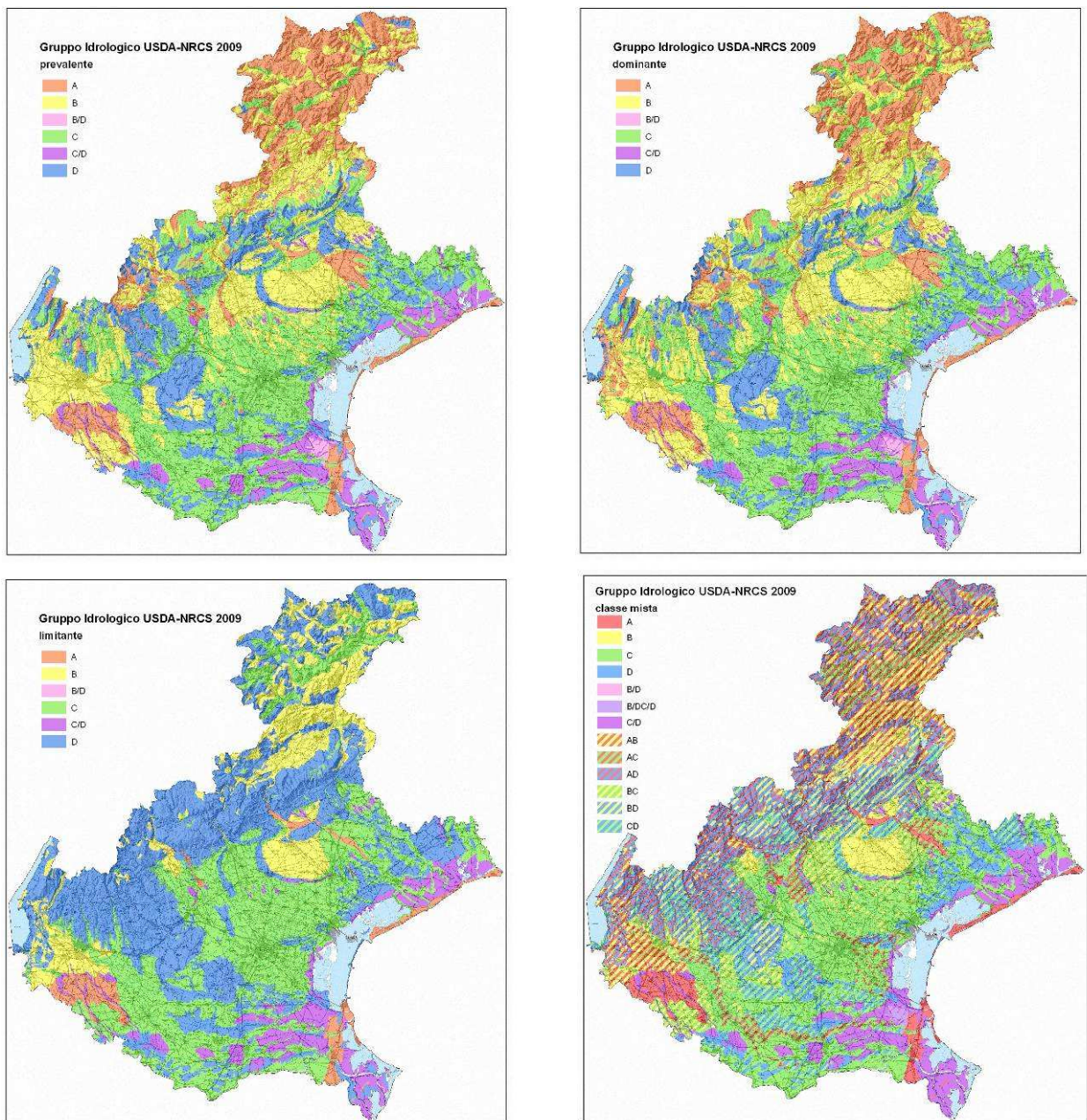
Depth to water impermeable layer <sup>1/</sup>	Depth to high water table <sup>2/</sup>	$K_{sat}$ of least transmissive layer in depth range	$K_{sat}$ depth range	HSG <sup>3/</sup>
<50 cm [<20 in]	—	—	—	D
50 to 100 cm [20 to 40 in]	<60 cm [<24 in]	>40.0 $\mu m/s$ (>5.67 in/h)	0 to 60 cm [0 to 24 in]	A/D
		>10.0 to $\leq$ 40.0 $\mu m/s$ (>1.42 to $\leq$ 5.67 in/h)	0 to 60 cm [0 to 24 in]	B/D
		>1.0 to $\leq$ 10.0 $\mu m/s$ (>0.14 to $\leq$ 1.42 in/h)	0 to 60 cm [0 to 24 in]	C/D
		$\leq$ 1.0 $\mu m/s$ ( $\leq$ 0.14 in/h)	0 to 60 cm [0 to 24 in]	D
	$\geq$ 60 cm [ $\geq$ 24 in]	>40.0 $\mu m/s$ (>5.67 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	A
		>10.0 to $\leq$ 40.0 $\mu m/s$ (>1.42 to $\leq$ 5.67 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	B
		>1.0 to $\leq$ 10.0 $\mu m/s$ (>0.14 to $\leq$ 1.42 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	C
		$\leq$ 1.0 $\mu m/s$ ( $\leq$ 0.14 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	D
>100 cm [>40 in]	<60 cm [<24 in]	>10.0 $\mu m/s$ (>1.42 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	A/D
		>4.0 to $\leq$ 10.0 $\mu m/s$ (>0.57 to $\leq$ 1.42 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	B/D
		>0.40 to $\leq$ 4.0 $\mu m/s$ (>0.06 to $\leq$ 0.57 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	C/D
		$\leq$ 0.40 $\mu m/s$ ( $\leq$ 0.06 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	D
	60 to 100 cm [24 to 40 in]	>40.0 $\mu m/s$ (>5.67 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	A
		>10.0 to $\leq$ 40.0 $\mu m/s$ (>1.42 to $\leq$ 5.67 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	B
		>1.0 to $\leq$ 10.0 $\mu m/s$ (>0.14 to $\leq$ 1.42 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	C
		$\leq$ 1.0 $\mu m/s$ ( $\leq$ 0.14 in/h)	0 to 50 cm [0 to 20 in]	D
>100 cm [>40 in]	>10.0 $\mu m/s$ (>1.42 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	A	
	>4.0 to $\leq$ 10.0 $\mu m/s$ (>0.57 to $\leq$ 1.42 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	B	
	>0.40 to $\leq$ 4.0 $\mu m/s$ (>0.06 to $\leq$ 0.57 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	C	
	$\leq$ 0.40 $\mu m/s$ ( $\leq$ 0.06 in/h)	0 to 100 cm [0 to 40 in]	D	

1/ An impermeable layer has a  $K_{sat}$  less than 0.01  $\mu m/s$  [0.0014 in/h] or a component restriction of fragipan; duripan; petrocalcic; orstein; petrogypsic; cemented horizon; densic material; placic; bedrock, paralithic; bedrock, lithic; bedrock, densic; or permafrost.

2/ High water table during any month during the year.

3/ Dual HSG classes are applied only for wet soils (water table less than 60 cm [24 in]). If these soils can be drained, a less restrictive HSG can be assigned, depending on the  $K_{sat}$ .





**Figura 12:** Gruppi idrologici determinati sulla base della carta dei suoli in scala 1:250.000; sono rappresentati, nell'ordine, il G.I. prevalente nell'UC, il G.I. dell'UTS dominante, il G.I. limitante, e una rappresentazione a classi miste.

Per superare questo approccio che fornisce un'informazione limitata, soprattutto per le aree montane dove l'UTS dominante può essere rappresentativa anche solo del 20% dell'UC, si è pensato di restituire al gruppo idrologico una connotazione di attributo quantitativo e non più qualitativo (classi A, B, C, D). Si è deciso quindi di convertire le classi A-B-C-D con valori numerici continui, che tenessero conto della diversa ampiezza delle classi e della trasformazione logaritmica. Questi valori sono stati poi utilizzati per calcolare un valore medio nell'UC, sulla base dei valori delle singole UTS, ponderandoli con la percentuale di presenza dell'UTS nell'UC. Il valore numerico può essere poi convertito nelle classi A - B - C - D, avendo l'accortezza di determinare se si ricade nel caso delle classi duali a parte.

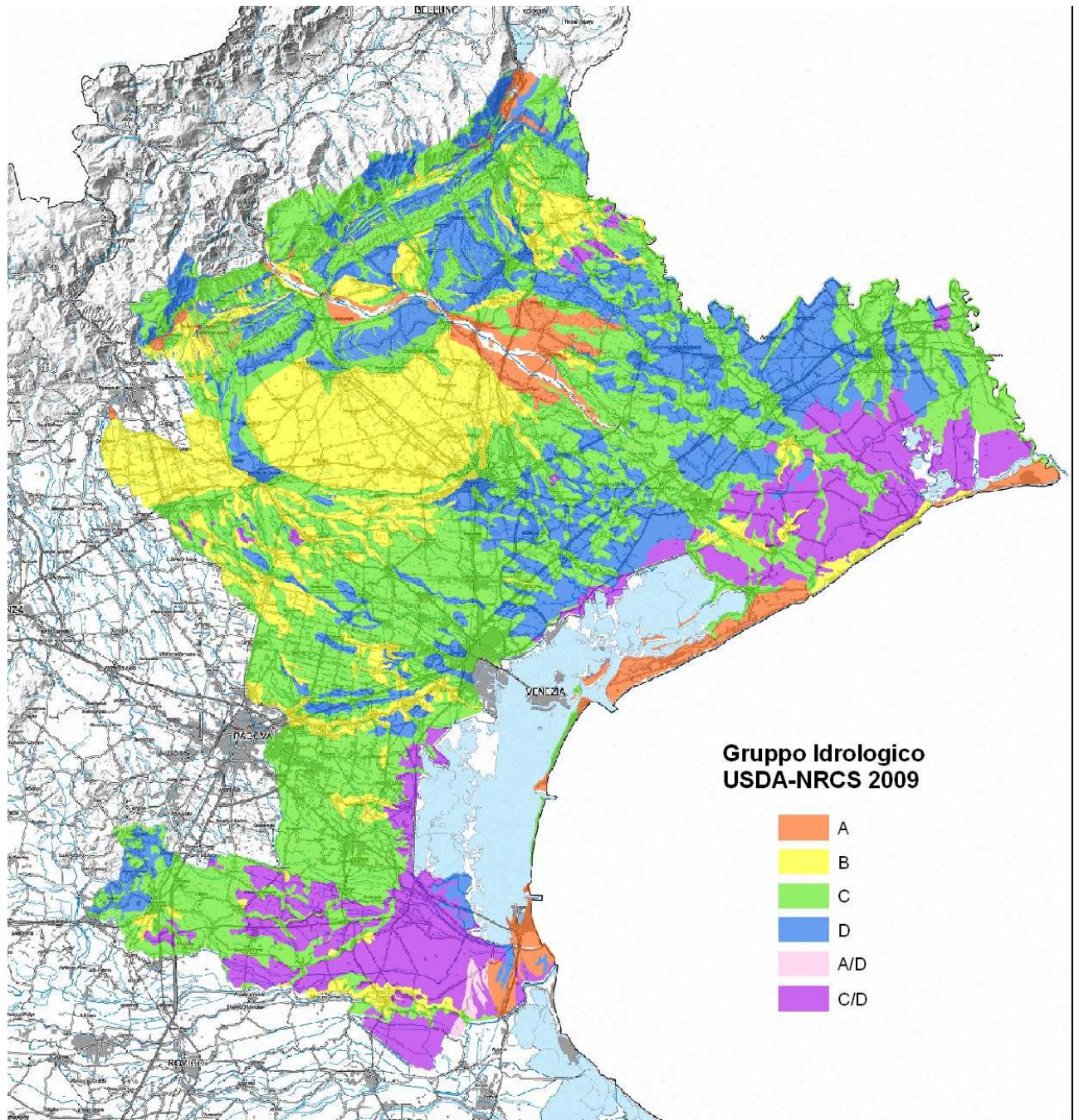
Nelle figure 13 e 14 sono riportate le carte elaborate con questa metodologia per le carte in scala 1:50.000 e 1:250.000. Per la carta in scala 1:250.000 e per le sole UC di collina e montagna è stato scelto di ponderare il gruppo idrologico solo delle due UTS principali, tralasciando quelle minoritarie, perché considerate poco rappresentative delle condizioni idrologiche più diffuse.

### ***3.4 Le carte del Gruppo Idrologico USDA dei suoli del Veneto in scala 1:50.000 e 1:250.000***

I suoli a gruppo idrologico A (più permeabili) si concentrano nelle aree litoranee caratterizzate dalla presenza di suoli sabbiosi e in alcune aree di alta pianura recente, caratterizzate dalla presenza di suoli grossolani con ghiaia. Suoli del gruppo idrologico B si ritrovano prevalentemente nelle Alpi, dove risultano essere i più diffusi, in alta pianura in aree ghiaiose, e in bassa pianura, limitatamente alle aree di dosso a tessitura franco grossolana. La maggior parte della pianura, a tessitura limosa, e dell'area prealpina ricade nella classe C. In classe D ricadono le aree depresse della pianura, a tessitura argillosa, le valli dei Lessini orientali e la pianura antistante, caratterizzate da sedimenti prevalentemente fini, provenienti dalle rocce basaltiche (classi da 1 a 3). Sempre in classe D, ma per la presenza di roccia entro 50 cm, ricadono molti suoli delle Prealpi.

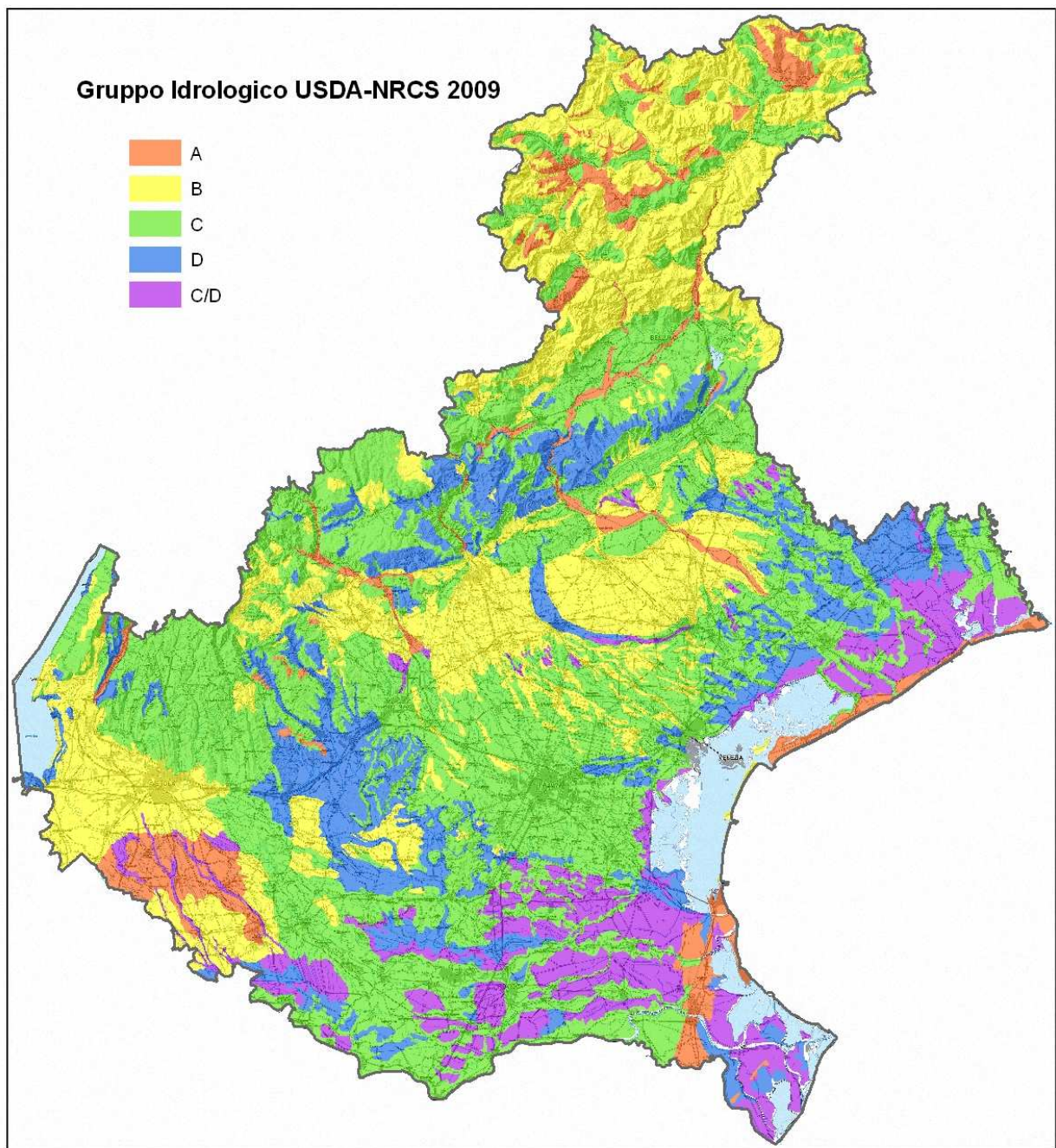
Delle classi duali, assegnate ai suoli che in condizioni naturali avrebbero la falda entro 60 cm, è presente praticamente solo la classe C/D, nelle aree lagunari, palustri e di risorgiva, bonificate, dove la falda è presente attualmente a profondità maggiori di 60 cm, ma solo perché sono artificialmente drenati. Vi è una presenza molto marginale anche della classe A/D, in zone di interduna, quindi a tessitura sabbiosa, cartografabili però solo a scala 1:50.000.





**Figura 13:** Gruppi idrologici determinati sulla base della carta dei suoli in scala 1:50.000, attraverso il metodo delle classi continue di gruppo idrologico, ponderate poi all'interno dell'UC.





**Figura 14:** Gruppi idrologici determinati sulla base della carta dei suoli in scala 1:250.000, attraverso il metodo delle classi continue di gruppo idrologico, ponderate poi all'interno dell'UC.

## BIBLIOGRAFIA

ARPAV (2004) - I suoli del Bacino Scolante in Laguna di Venezia - Osservatorio Regionale Suolo.

ARPAV (2005) – Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 - Osservatorio Regionale Suolo.

ARPAV (2008a) – Carta dei suoli della provincia di Treviso - Provincia di Treviso.

ARPAV (2008b) – I suoli della Provincia di Venezia - Provincia di Venezia.

Brakensiek, D. L., Rawls, W. J. & Stephenson, G. R. (1984) - Modifying SCS hydrologic soil groups and curve numbers for rangeland soils. – ASAE Paper No. PNR–84– 203; St. Joseph/ Michigan.

Ghambarian-Alavijeh et al. (2010) – Estimating saturated hydraulic conductivity from soil physical properties using neural networks model. World Academy of Science, Engineering and Technology 62: 131-136.

Jarvis, N., and Stenemo.F. (2002) - Guidance document and manual for the use of MACRO\_DB V.2.0, <http://www.mv.slu.se/bgf/macrohtm/macro.htm>.

Koorevaar P., Menelik G., Dirksen C. (1983) – Elements of Soil Physics. Elsevier, Amsterdam.

Morgan R.P.C., Quinton J.N., Smith R.E., Govers G., Poesen J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D. and Styczen M. E. (1998) - The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. Earth Surface Processes and Landforms 23: 527–544.

Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J. S., Papendick, R. I. (1986) - Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Am. J., **50**: 1031–1036.

Soil Survey Division Staff (1993) – Soil Survey Manual. USDA, Washington D.C.

Torri D., Poesen J., Monaci F., Busoni E. (1994) – Rock fragment content and fine soil bulk density. Catena 23: 65-71, Elsevier.

Ungaro, F. (2007). Considerazioni sullo sviluppo delle PTF per la stima della densità apparente in Veneto, Emilia Romagna e Toscana. Rapporto interno CNR-IRPI Firenze, 12 pp.

USDA NRCS (2009) – Chapter 7: Hydrologic Soil Groups. Part 630 Hydrology - National Engineering Handbook. <http://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21422>