

Stima del volume delle acque sotterranee,
mediante ricostruzione 3D
delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo

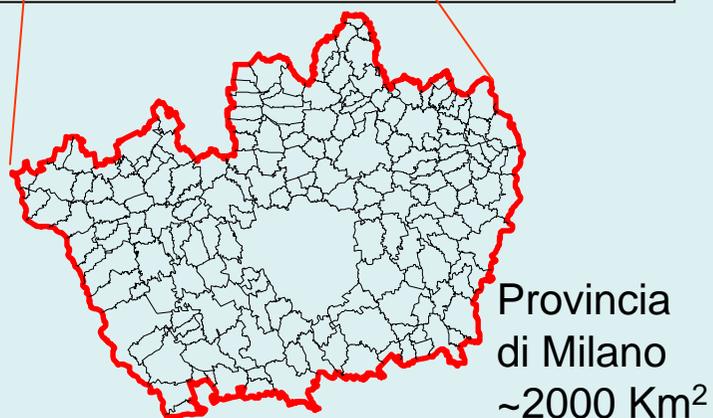
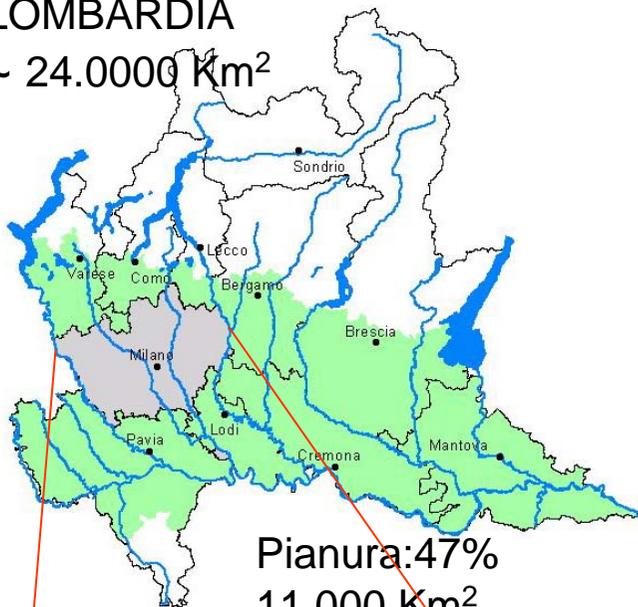
Bonomi T., Canepa P., Del Rosso F.

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio,
Università degli Studi di Milano-Bicocca



STIMA DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA SOTTERRANEA in un'area

LOMBARDIA
~ 24.0000 Km²



Dati necessari:

Parametri STATICI dettagliati spazialmente

Idrogeologia

Tessiture del sottosuolo per la stima delle porosità

Geometrie dell'acquifero: topografia e base dell'acquifero/i

Parametri DINAMICI dettagliati spazialmente e temporalmente

Piezometria/e

Volume acqua (m³)

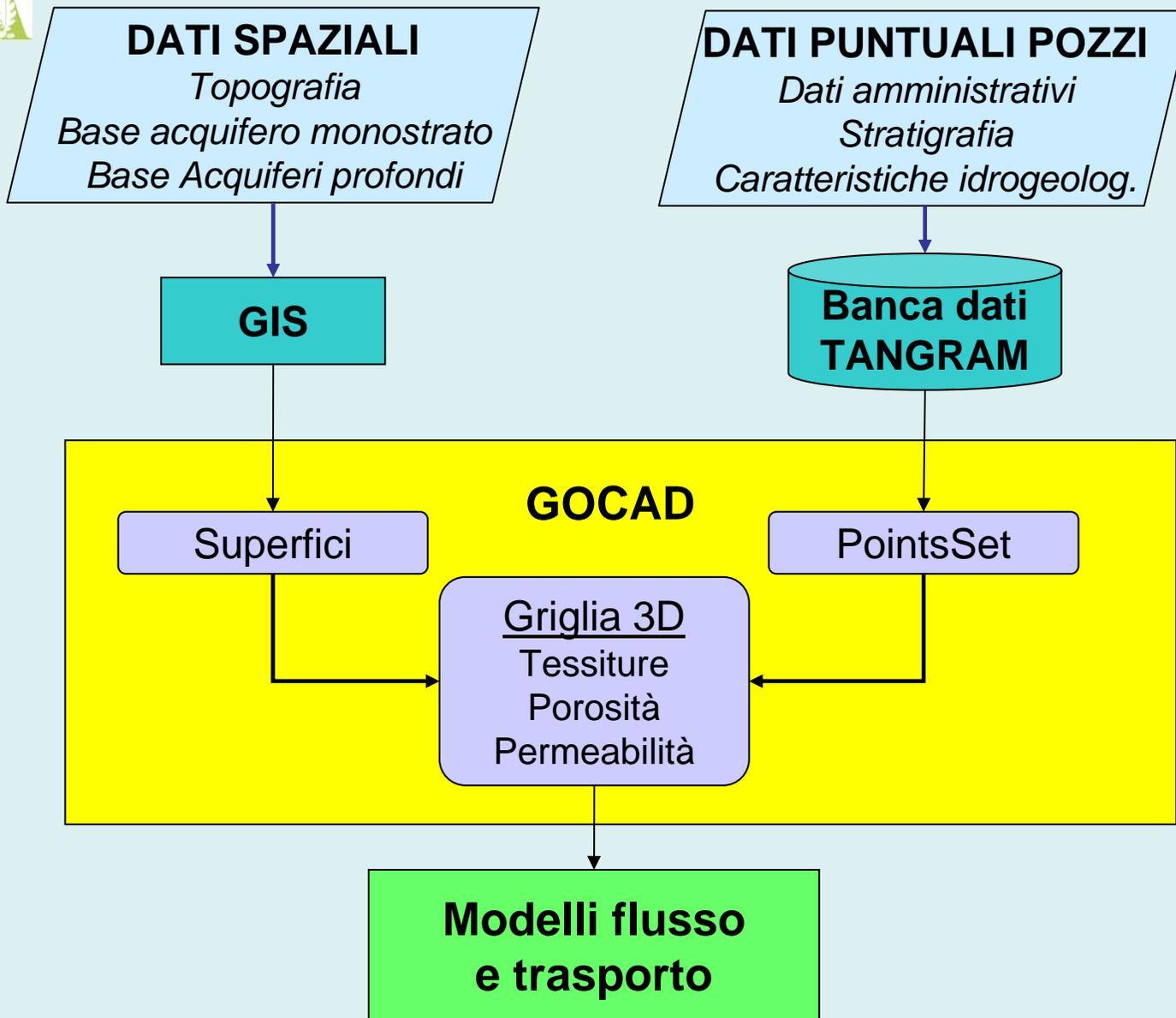
Stima grossolana: 20%

40 000 000 000 m³

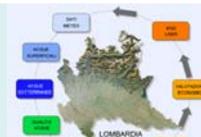
Calcoli sulle griglie bidimensionali:

34 900 000 000 m³ - 35 029 000 000 m³

Ricostruzione delle tessiture/caratteristiche



Banca dati TANGRAM



Estrazione dati per distribuzione geografica

Visione - Modifica DATI PIEZOMETRICI
POZZO 1 DI 10429

Visione - Modifica STRATIGRAFIA POZZI

Visione - Modifica DATI AMMINISTRATIVI
RECORD 1 DI 6781

UBICAZIONE e CODICE

PROVINCIA :	MILANO	COMUNE :	ABBIATEGRASSO
POZZO N° :	0001	CODICE POZZO :	0150020001

Via / Località	PIAZZA CASTELLO		
Utente	AMAGA	Proprietario	COMUNE
Quota	0	Profondità	0

Longitudine (metri)	1493650	Latitudine (metri)	5027400	Sistema di riferimento
-----------------------	---------	----------------------	---------	------------------------

CARTOGRAFIA di RIFERIMENTO

Nazionale	Regionale
-----------	-----------

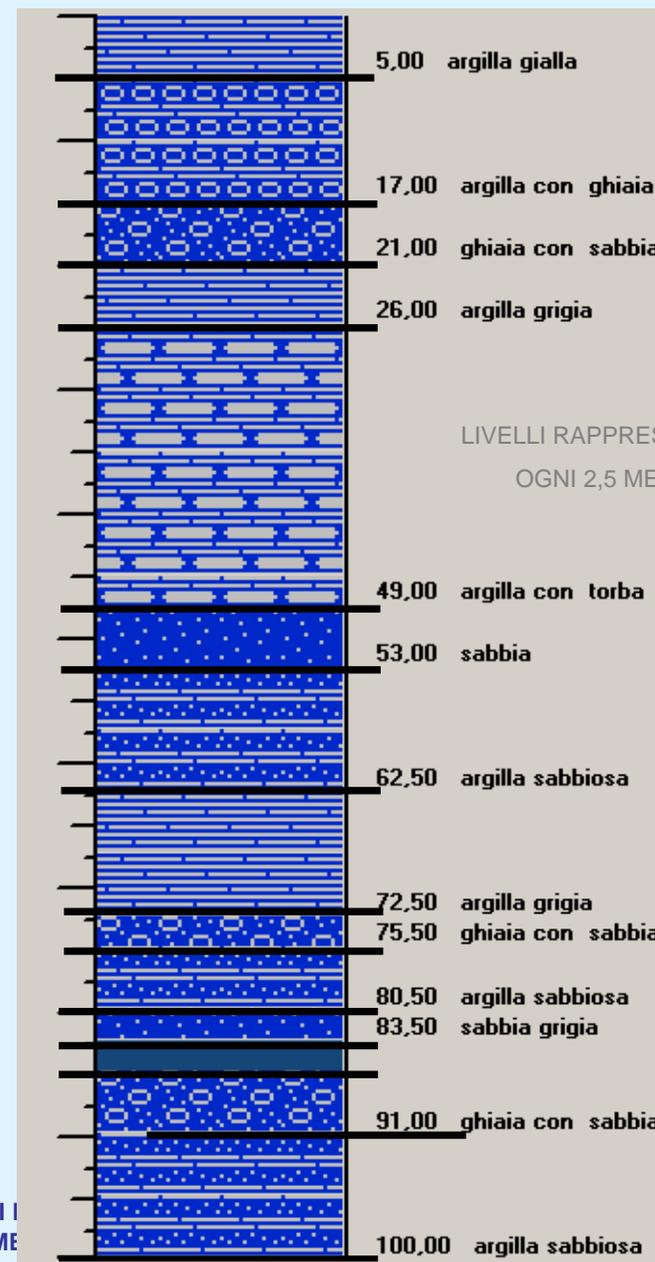
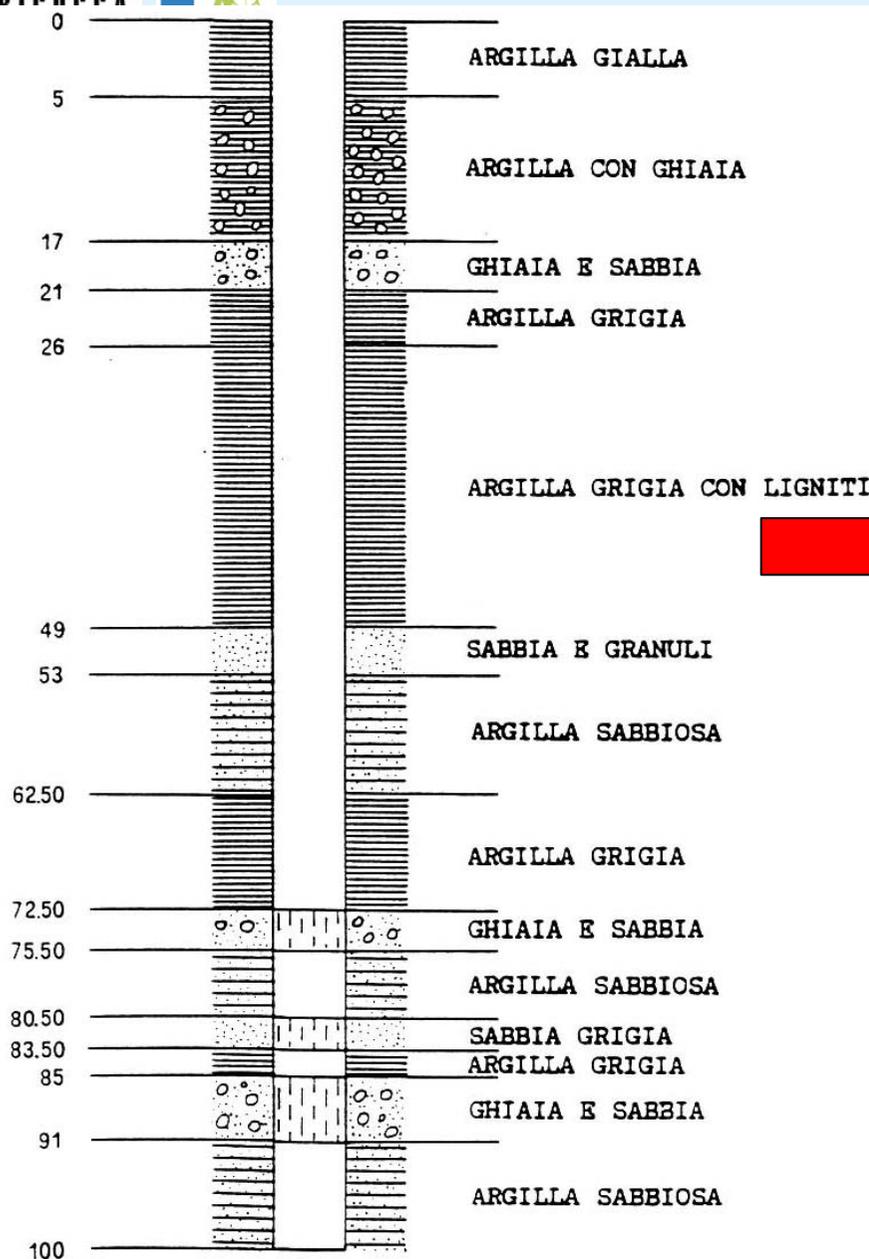
Tipo scavo	Data costr. (gg/mm/aaaa)	Stato	ABBANDONATO	Data (gg/mm/aaaa)	01/01/1991
------------	--------------------------	-------	-------------	-------------------	------------

Tipologia	PUBBLICO	Data (gg/mm/aaaa)	Categoria	Data (gg/mm/aaaa)
-----------	----------	-------------------	-----------	-------------------

Stratigrafia	NO	Multitubatura	NO
--------------	----	---------------	----

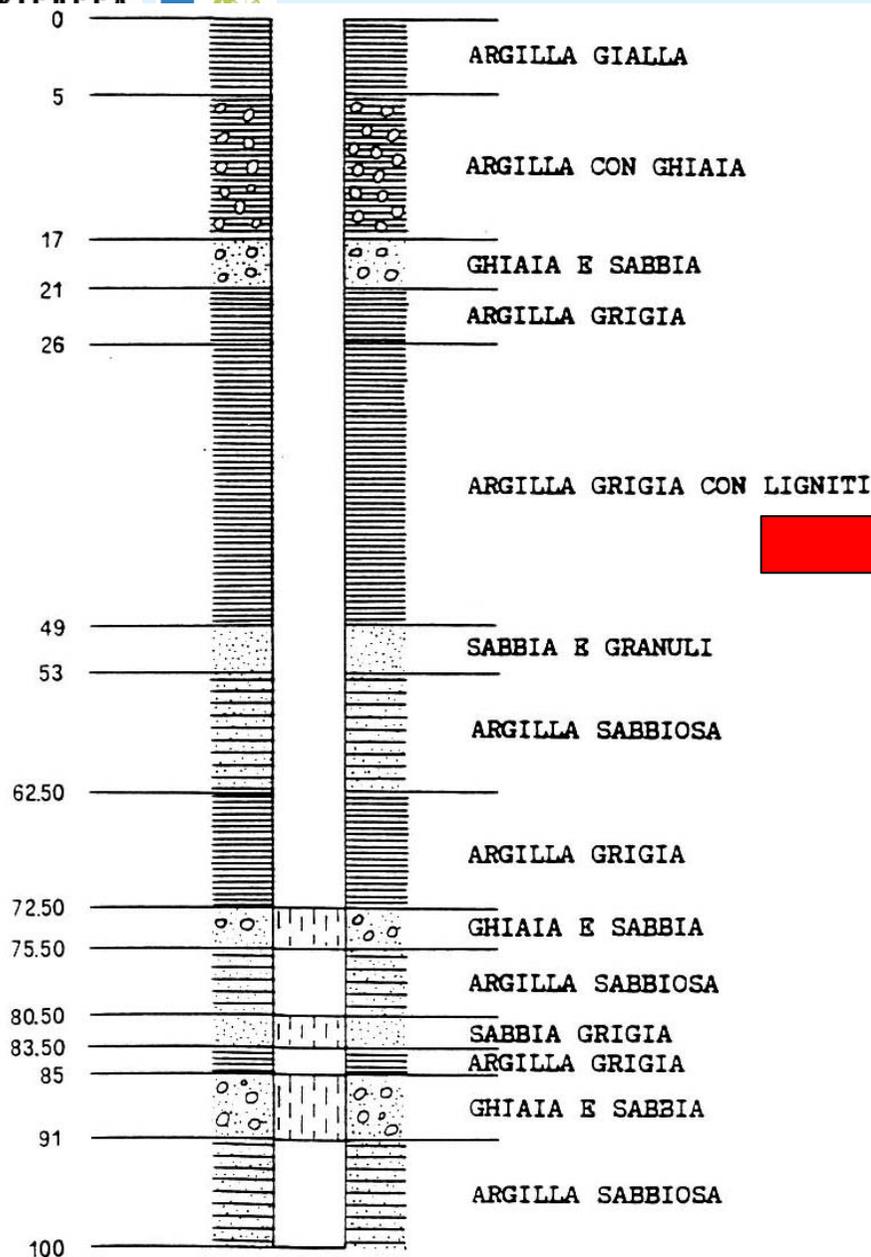
Note

Codifica stratigrafie



ONI SPAZIALI I
EGIONE LOME

Codifica stratigrafie

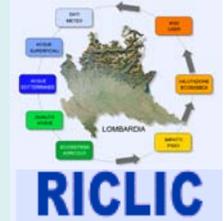


PROFONDITA' (metri)	CODIFICA	DESCRIZIONE
Da metri : 0.00		
1. 5	A0050000	ARGILLA GIALLA
2. 17	A0004000	ARGILLA con GHIAIA
3. 21	40006000	GHIAIA con SABBIA
4. 26	A00M0000	ARGILLA GRIGIA
5. 49	A000B000	ARGILLA con TORBA
6. 53	60000000	SABBIA
7. 62,5	A8000000	ARGILLA SABBIOSA
8. 72,5	A00M0000	ARGILLA GRIGIA
9. 75,5	40006000	GHIAIA con SABBIA
10. 80,5	A8000000	ARGILLA SABBIOSA
11. 83,5	600M0000	SABBIA GRIGIA
12. 85	A00M0000	ARGILLA GRIGIA
13. 91	40006000	GHIAIA con SABBIA
14. 100	A8000000	ARGILLA SABBIOSA

ONI SP
EGIO

Banca dati idrogeologica:

criteri di estrazione del dato stratigrafico

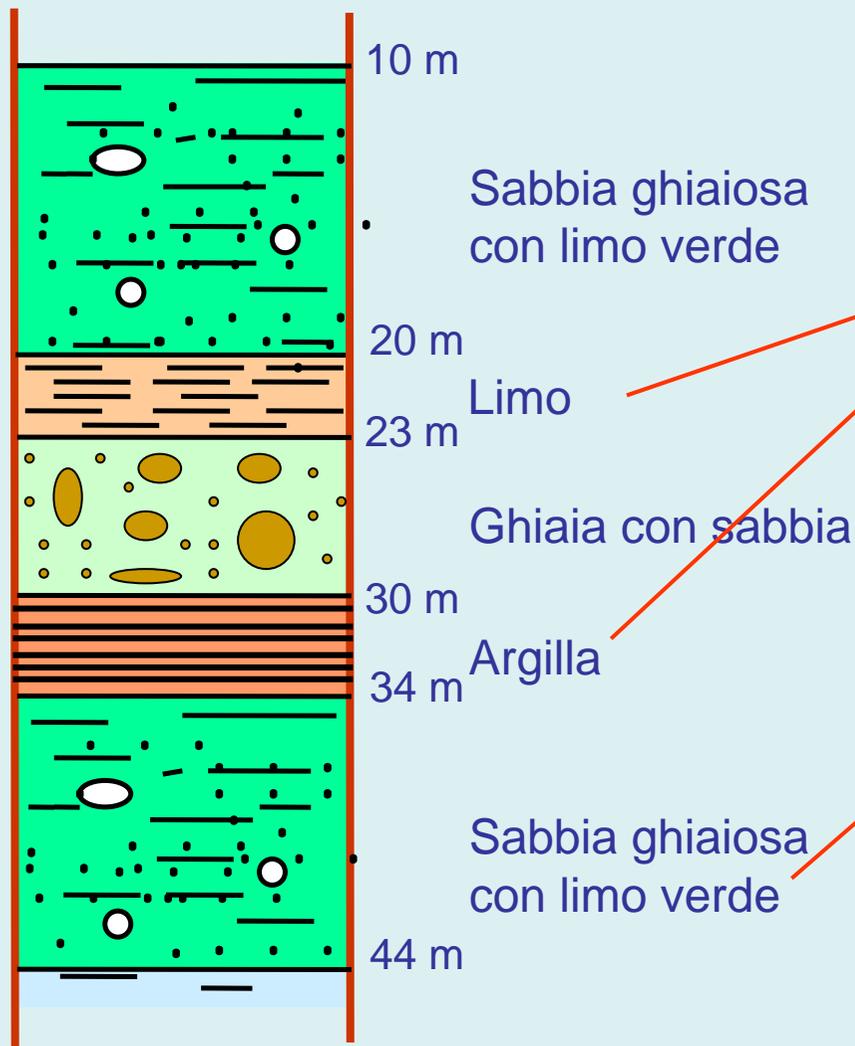


- **spaziale e territoriale**, funzionale ai GIS, identificando un'area sia mediante coordinate geografiche sia in funzione dei limiti amministrativi.
- **peso** da attribuire ai diversi fattori (predefiniti o variabili);
- **tipologia** degli elementi da estrarre (4 classi tessiturali);
- **profondità di investigazione**: fissa definendo l'intervallo di investigazione (es: tra 0 e 100 m con scansione di 5 m).



% classi tessiturali lungo il pozzo, fino alla profondità di investigazione, secondo la scansione scelta.

Banca dati idrogeologica: criteri di estrazione del dato stratigrafico



Attribuzione di pesi ai livelli stratigrafici

	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4
10-20 m	100	0	0	0
20-23 m	95	0	0	5
23-30 m	60	0	40	0
30-34 m	60	0	35	5
34-44 m	70	30	0	0
	70	25	0	5
	50	25	25	0
	50	25	20	5

Pozzi

con attribuzione della percentuale tessiturale

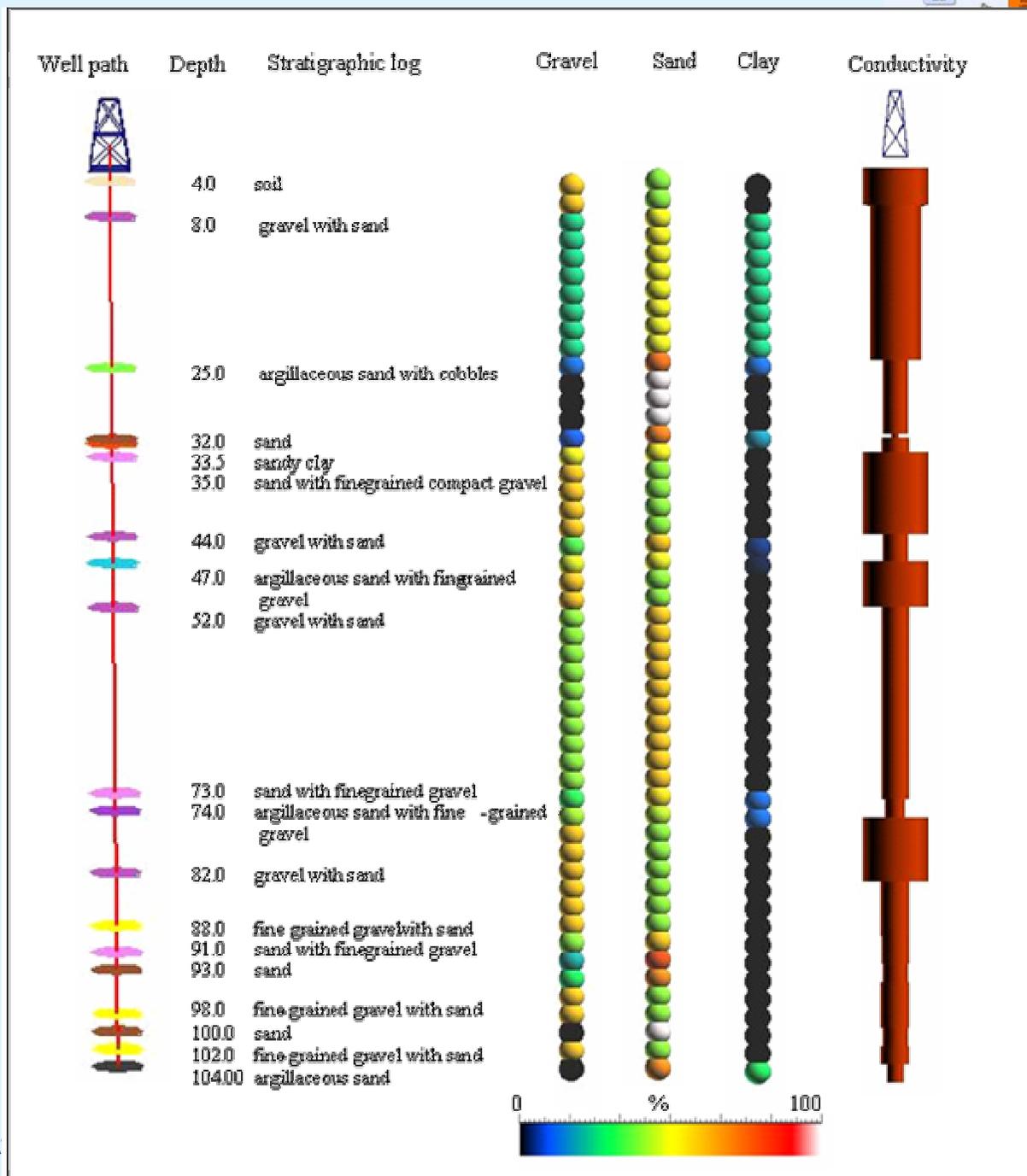
(grossolana, media e fine)

con intervalli di 2 m

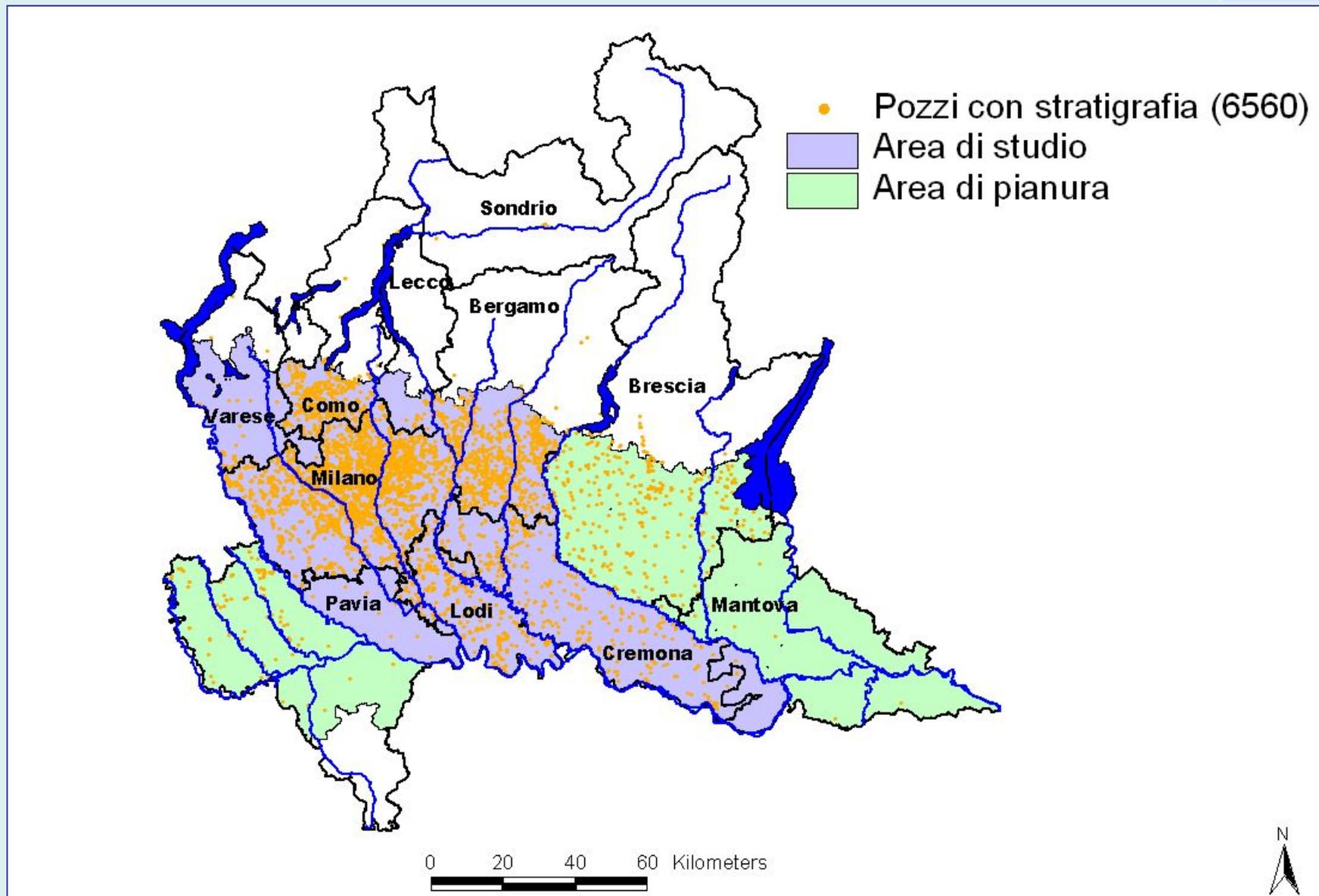


Attribuzione alle classi tessiturali di valori di conducibilità idraulica e porosità efficace

I CAMBIAMENTI CLIMA

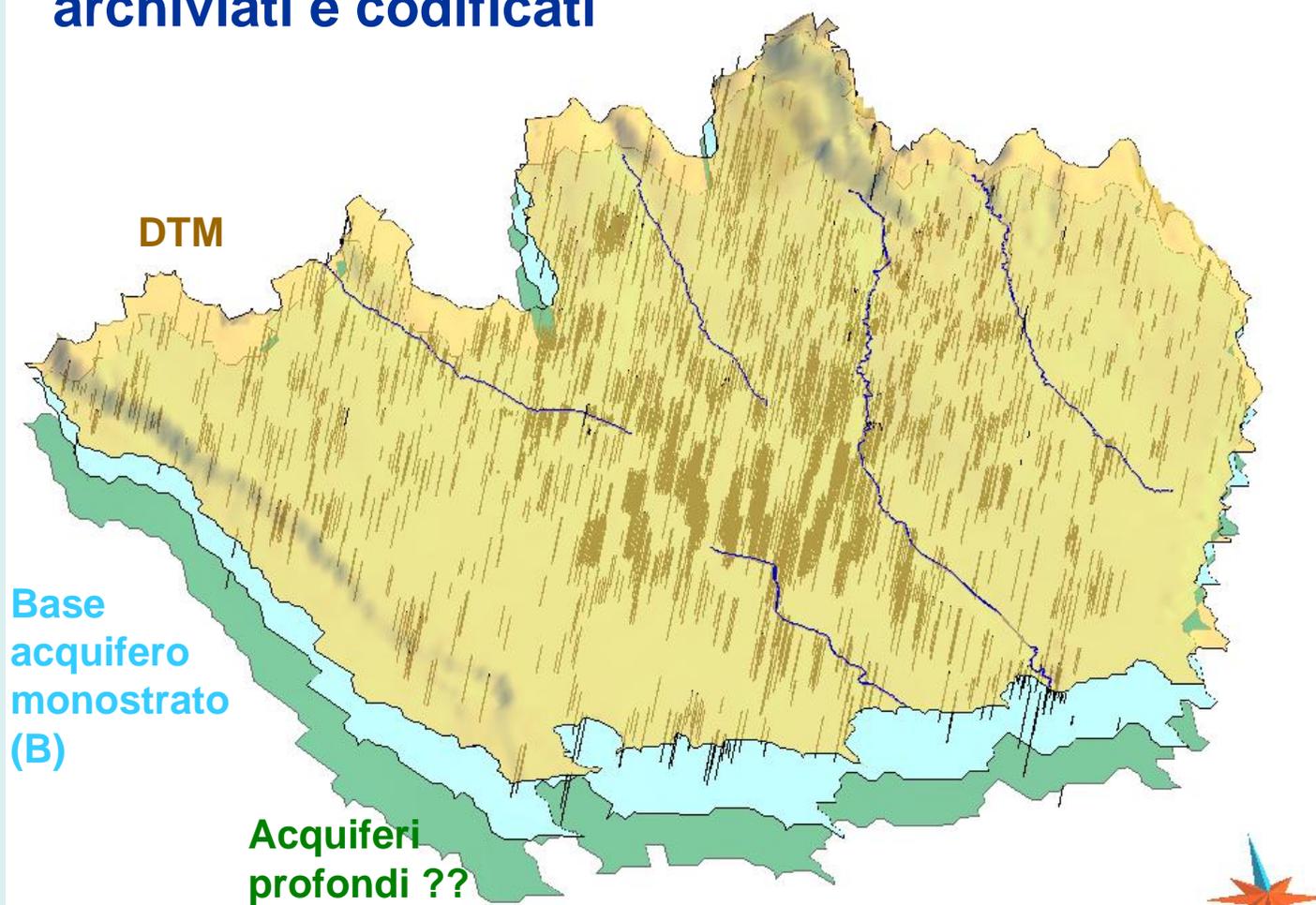


Pozzi georeferenziati con stratigrafia

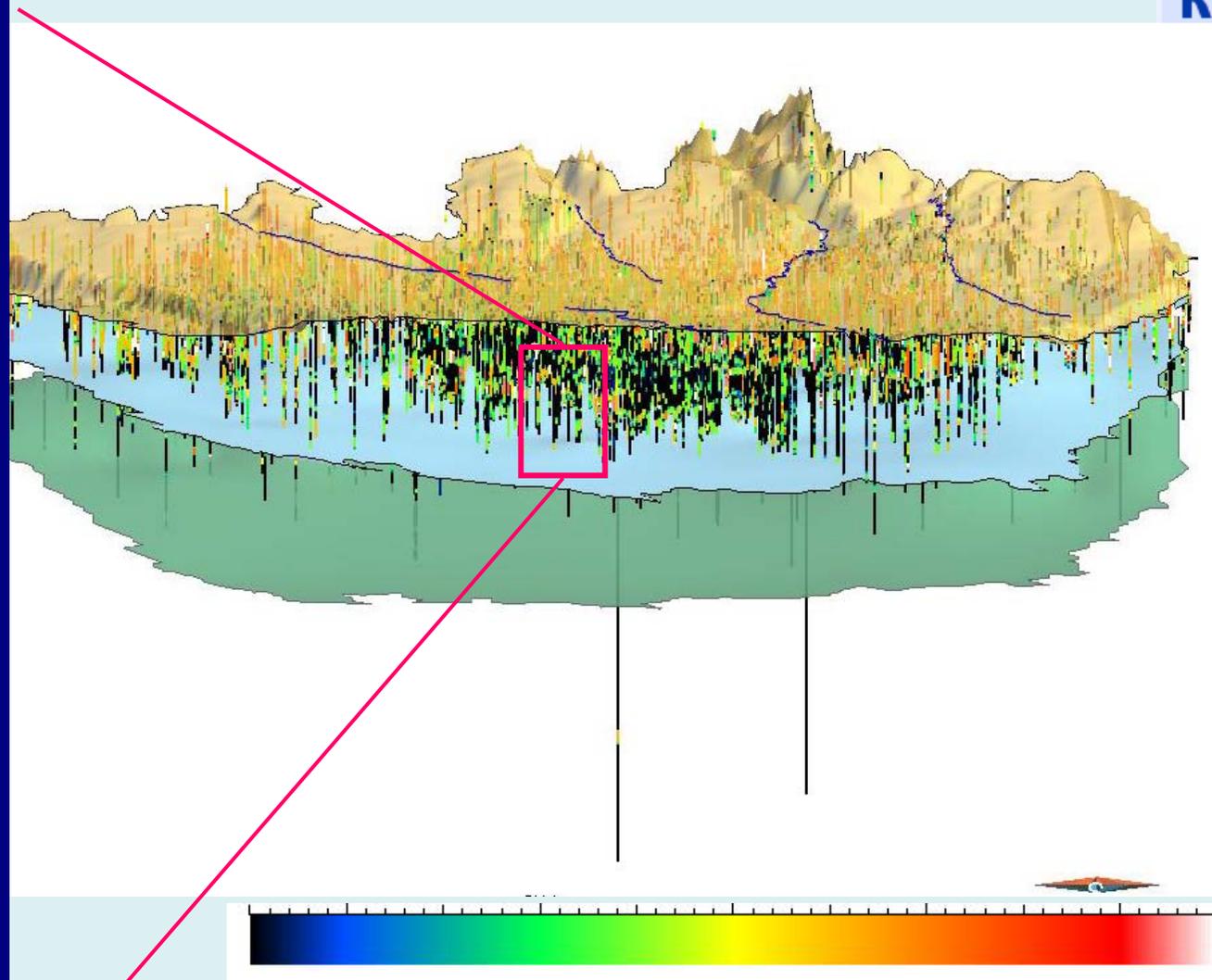
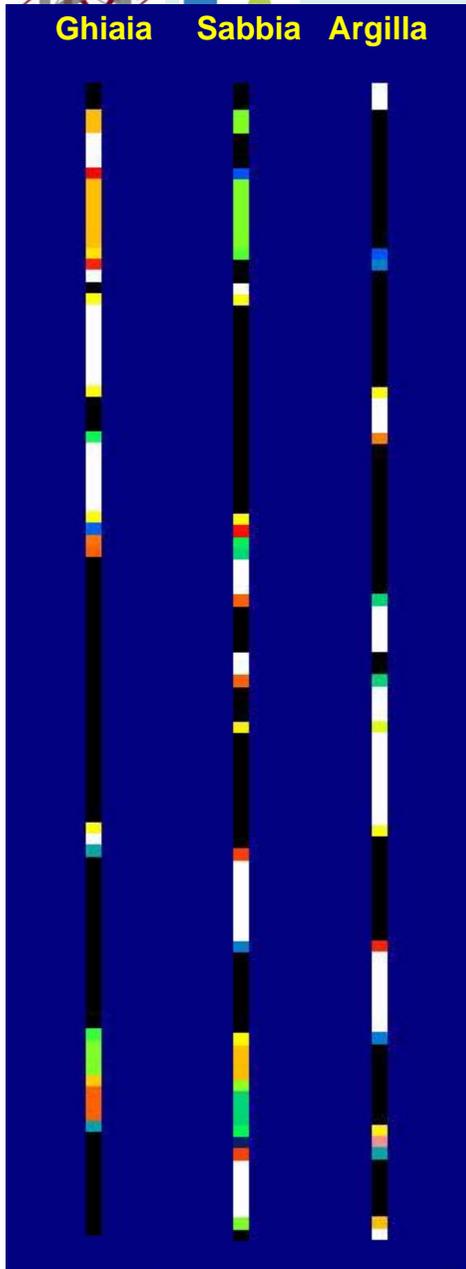


Superfici di riferimento e pozzi

**3772 pozzi con stratigrafia
archiviati e codificati**



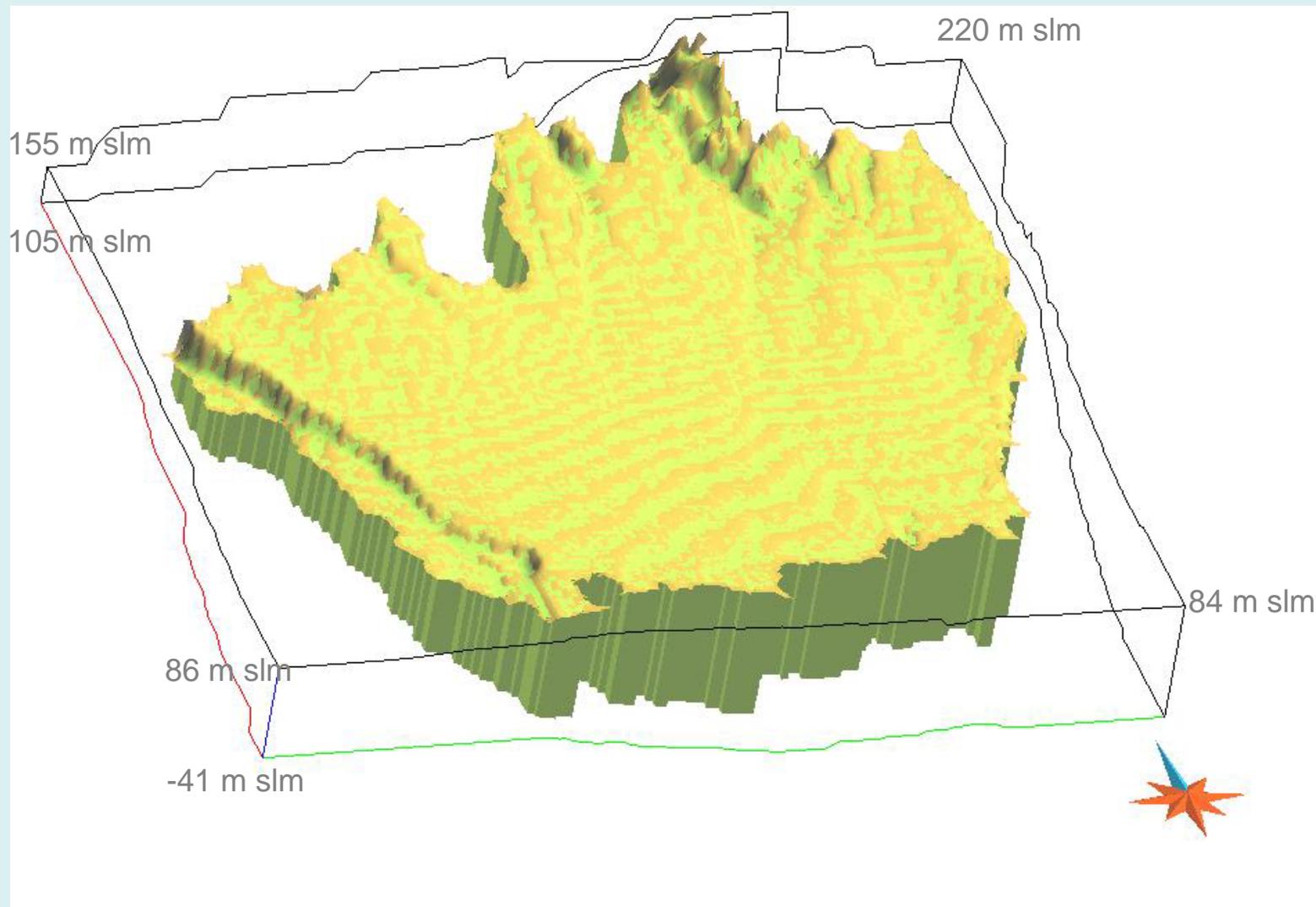
Superfici di riferimento, pozzi con attribuzione delle caratteristiche tessiturali



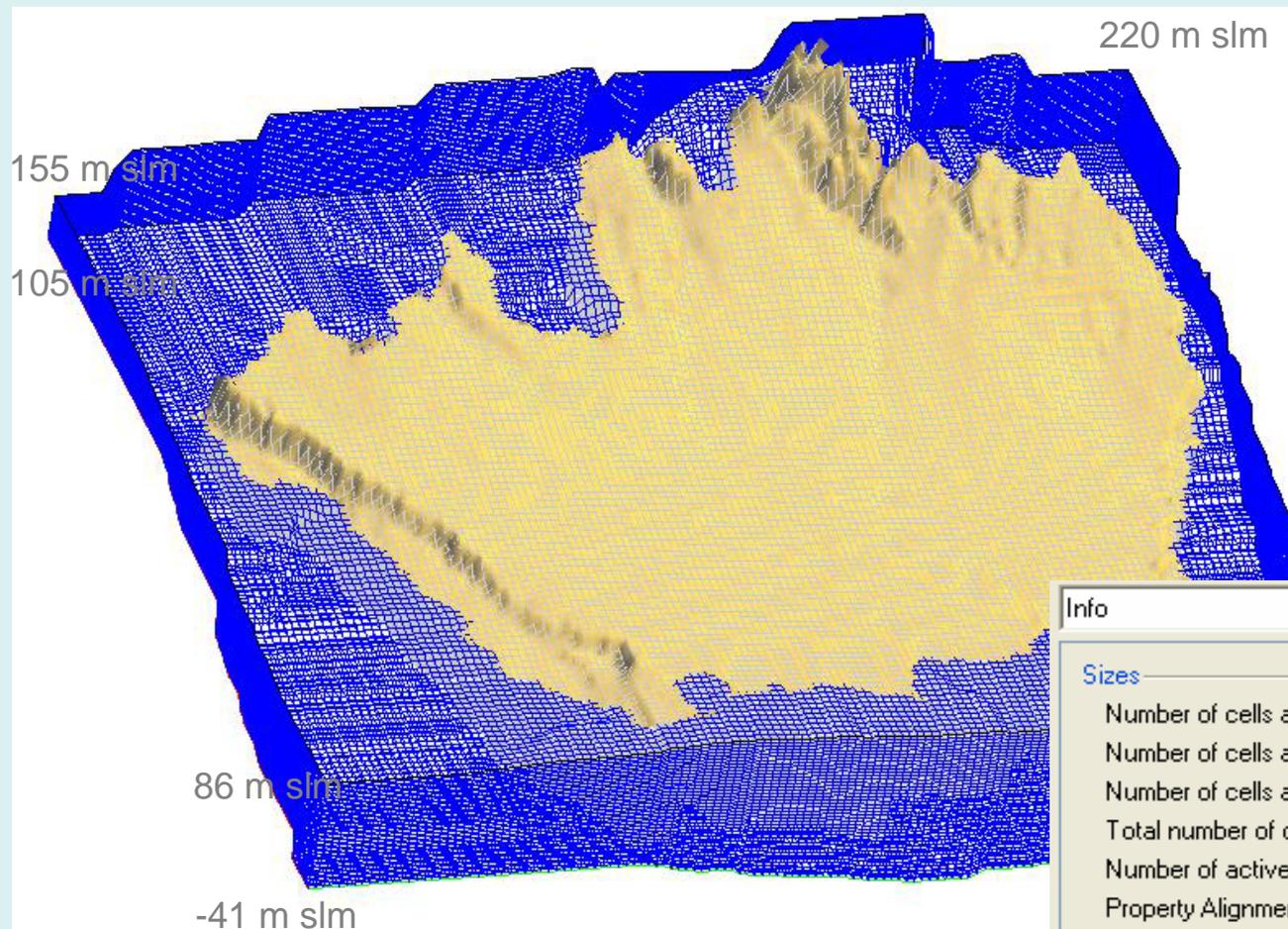
BIANCHI E ALI. (2007) CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007

Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Tessiture -



Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Tessiture -



Dimensioni celle:
250 * 250 * ~ 3 m

Info

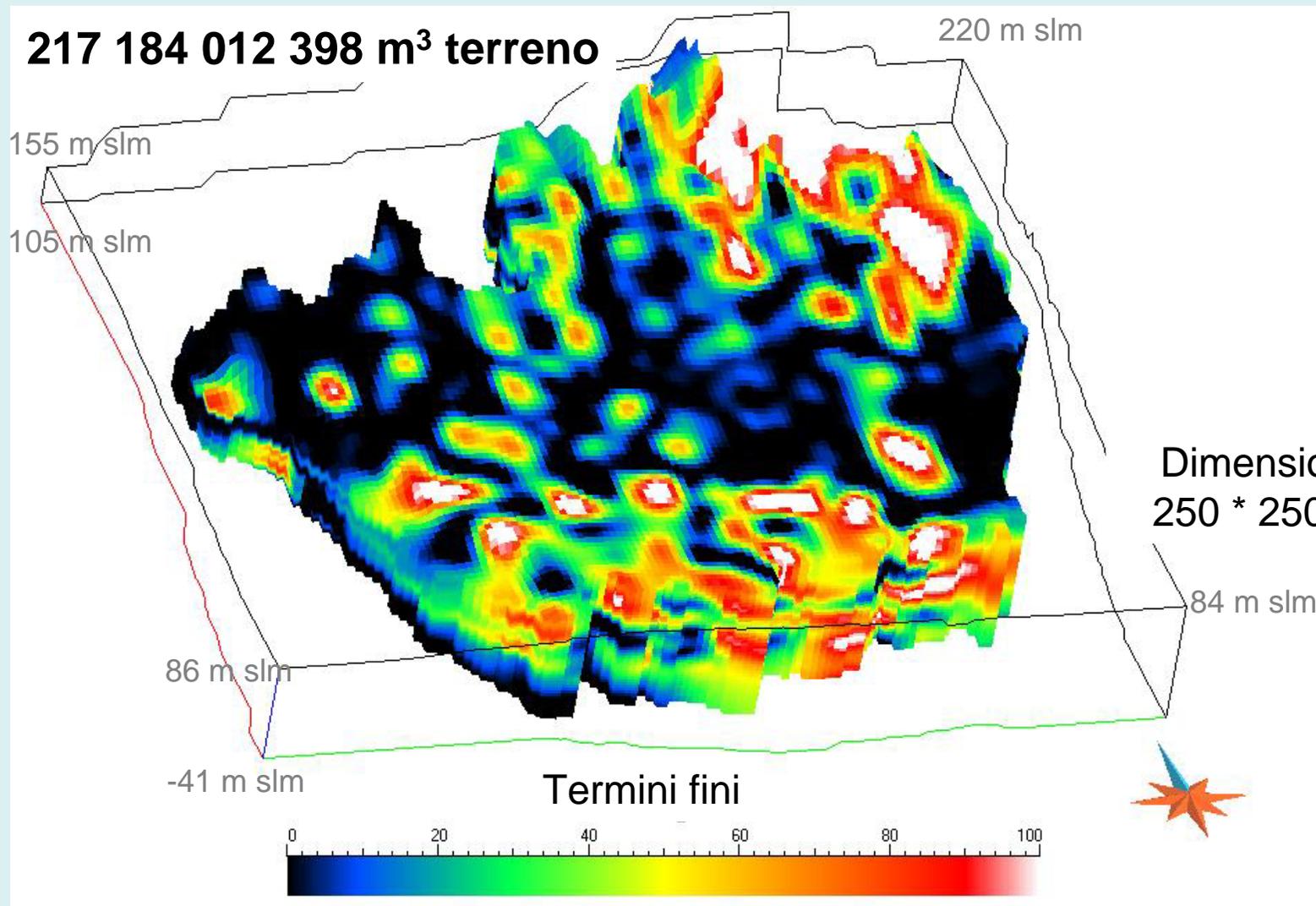
Sizes

Number of cells along I:	84
Number of cells along J:	137
Number of cells along K:	40
Total number of cells:	597320
Number of active cells:	597320
Property Alignment:	Cell Centered

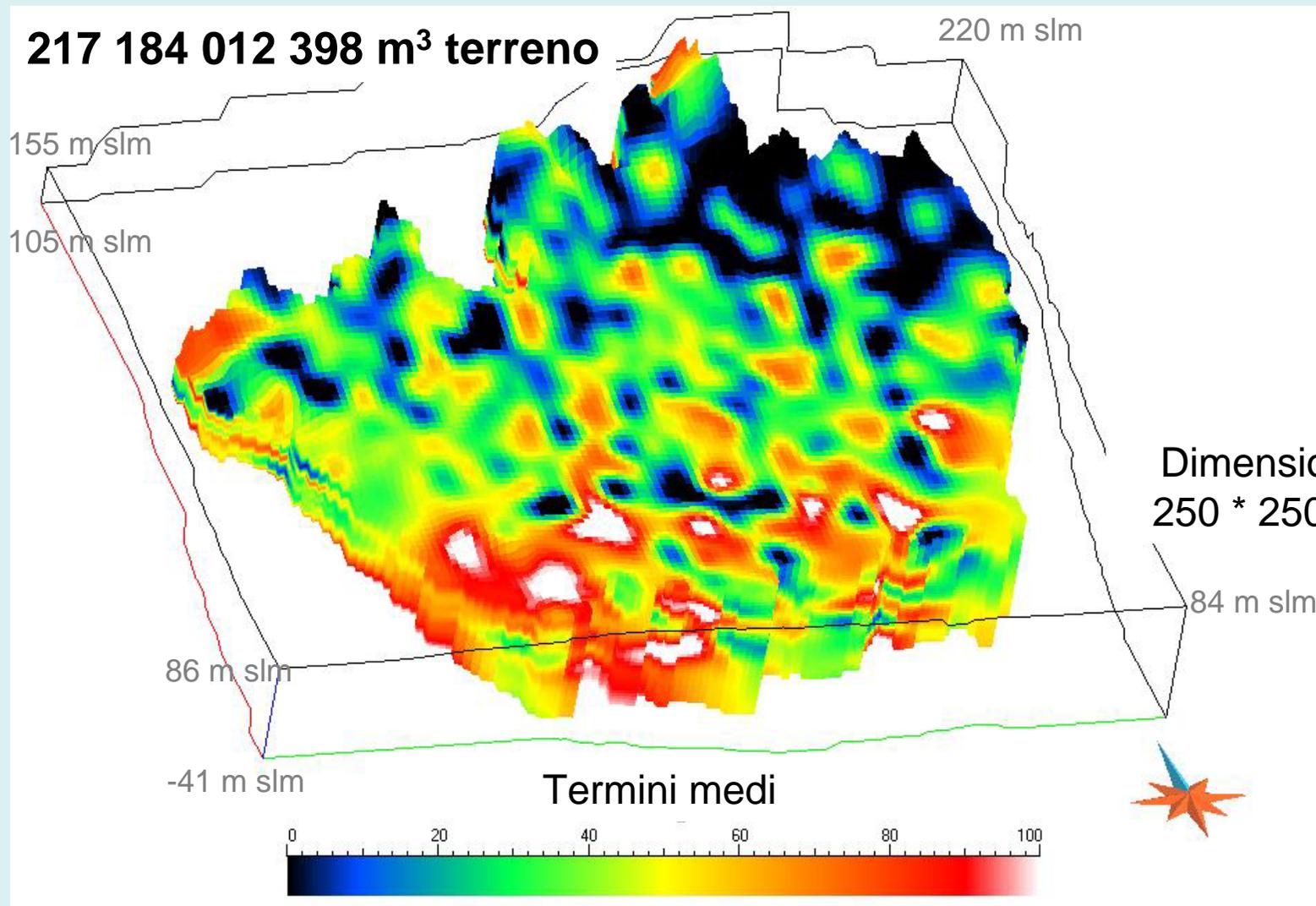
Location

Domain:	Depth
Origin:	1475000 5012000 -44.1515274047
U extremity:	1475000 5067000 103.398635864
V extremity:	1544000 5012000 -77.9934997558
W extremity:	1475000 5012000 86.5974044799

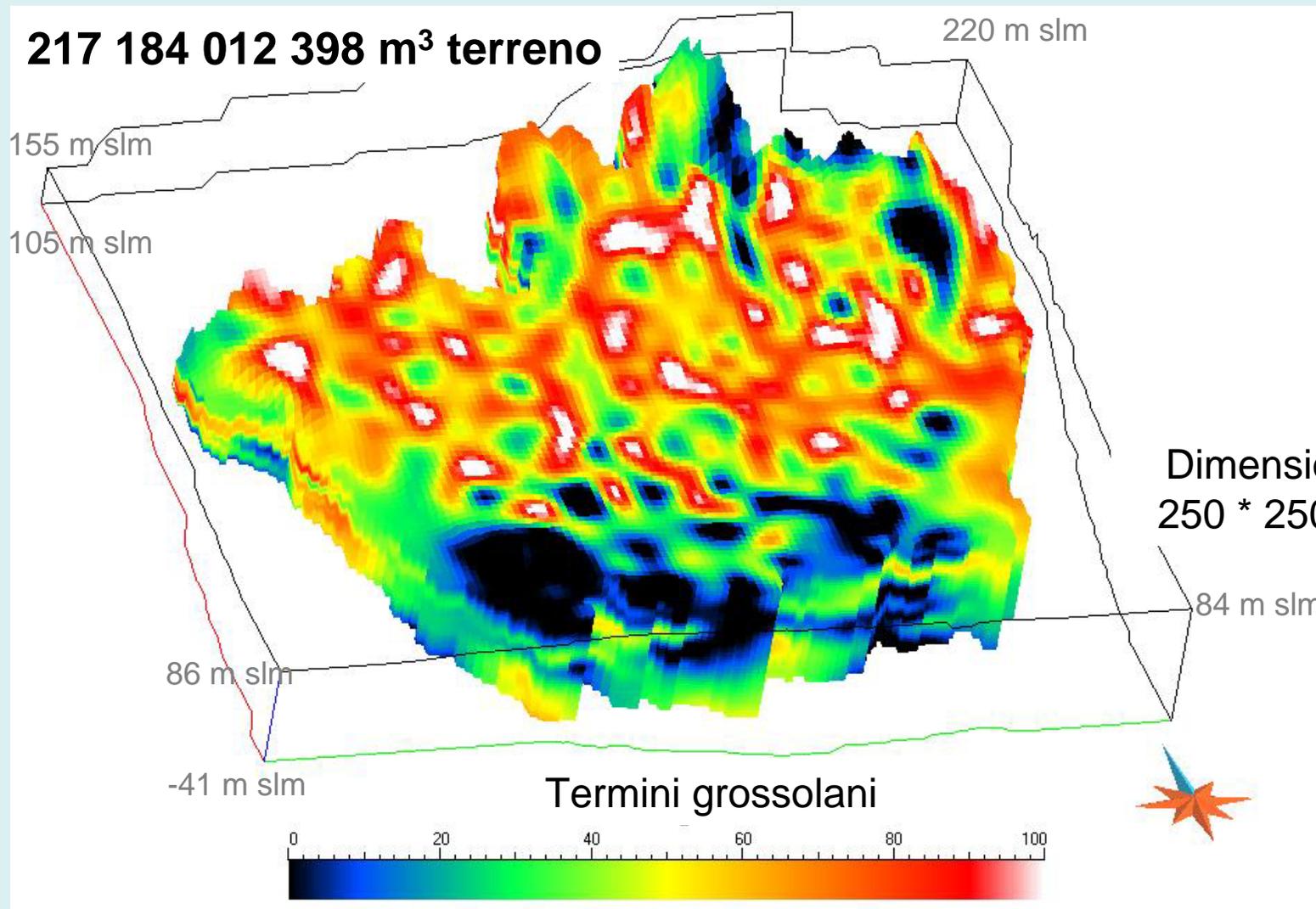
Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Tessiture -



Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Tessiture -



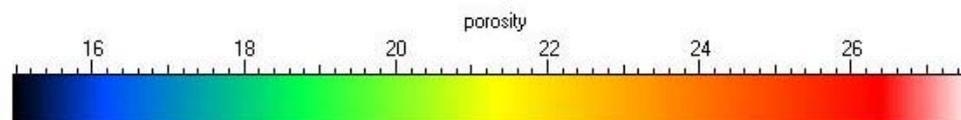
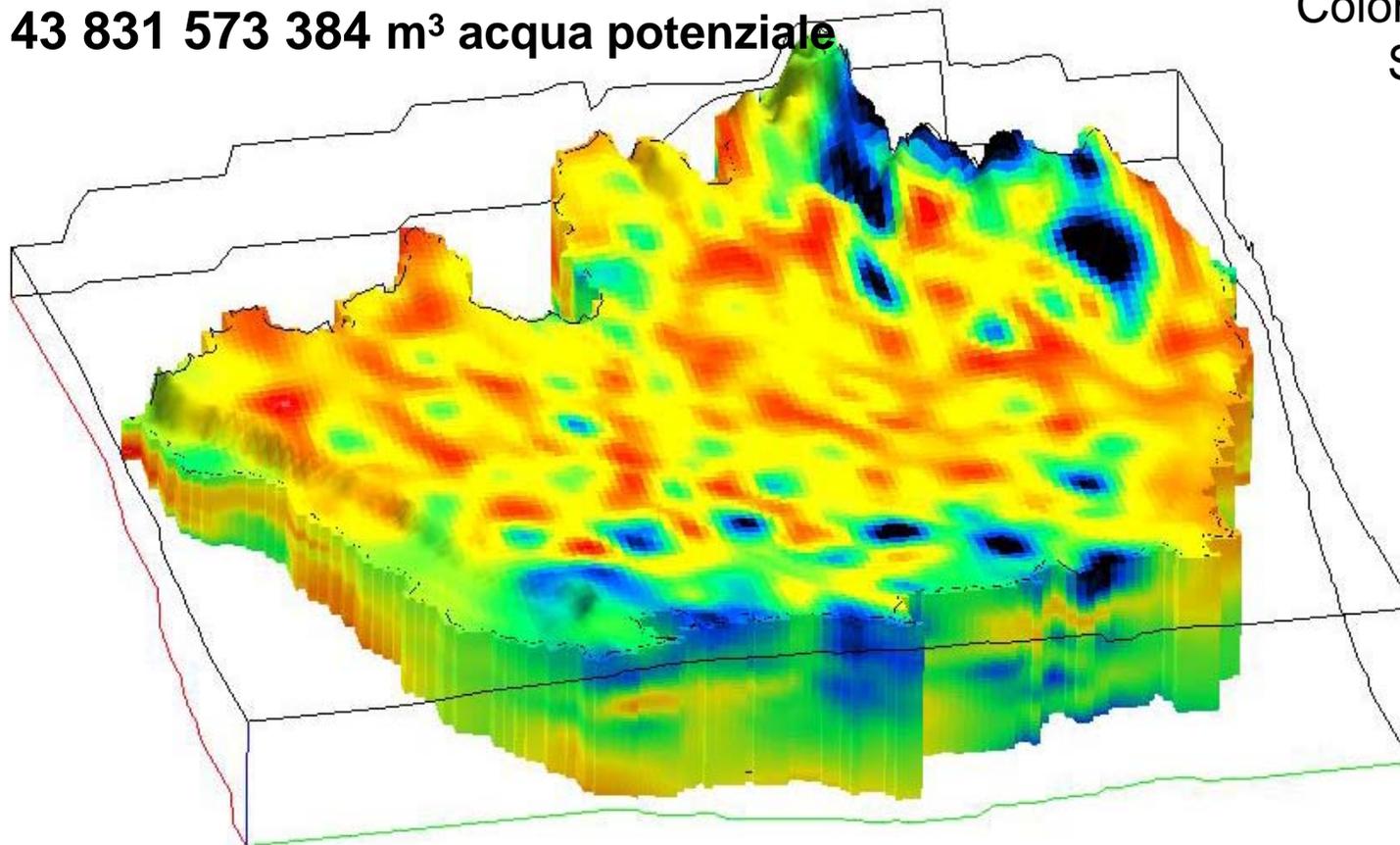
Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Tessiture -



Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Porosità efficace -

217 184 012 398 m³ terreno
43 831 573 384 m³ acqua potenziale

Righe 109
Colonne 137
Strati 40



Ricostruzione della griglia 3D di calcolo - Porosità efficace -

217 184 012 398 m³ terreno
43 831 573 384 m³ acqua potenziale

Righe 109
Colonne 137
Strati 40



Property Statistics (1)

File Help

Object PROV_MI

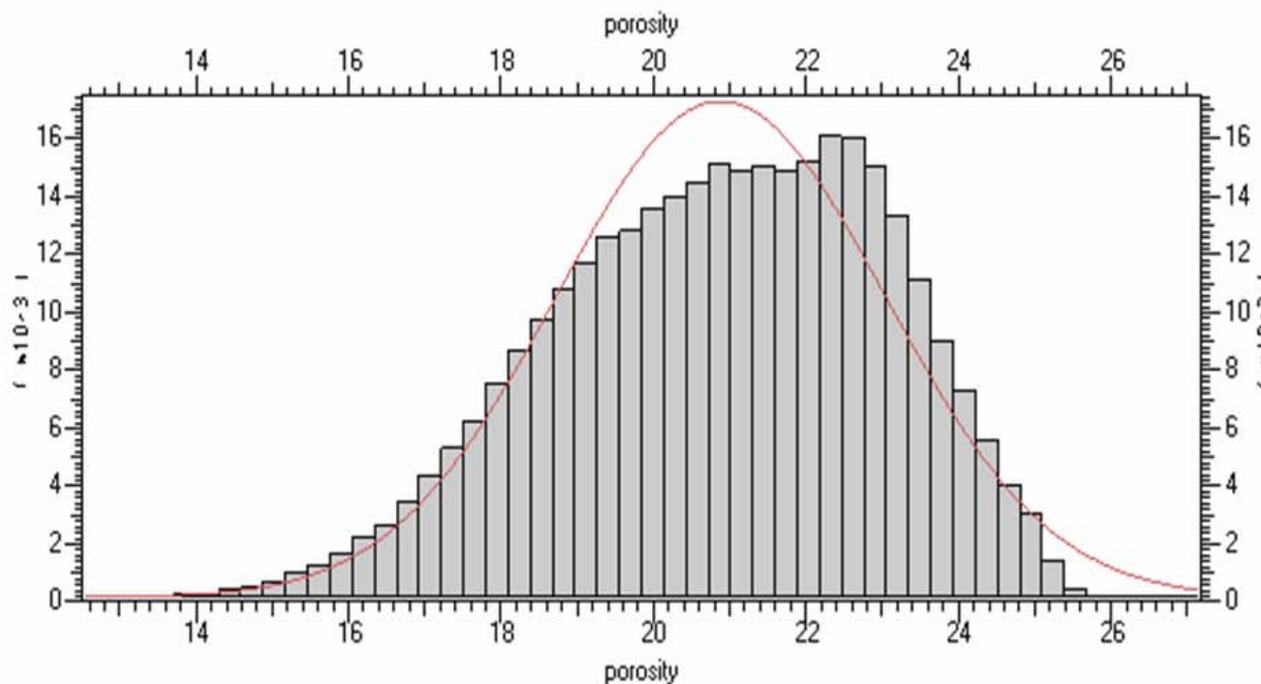
Region Data

Property porosity

Field: 0

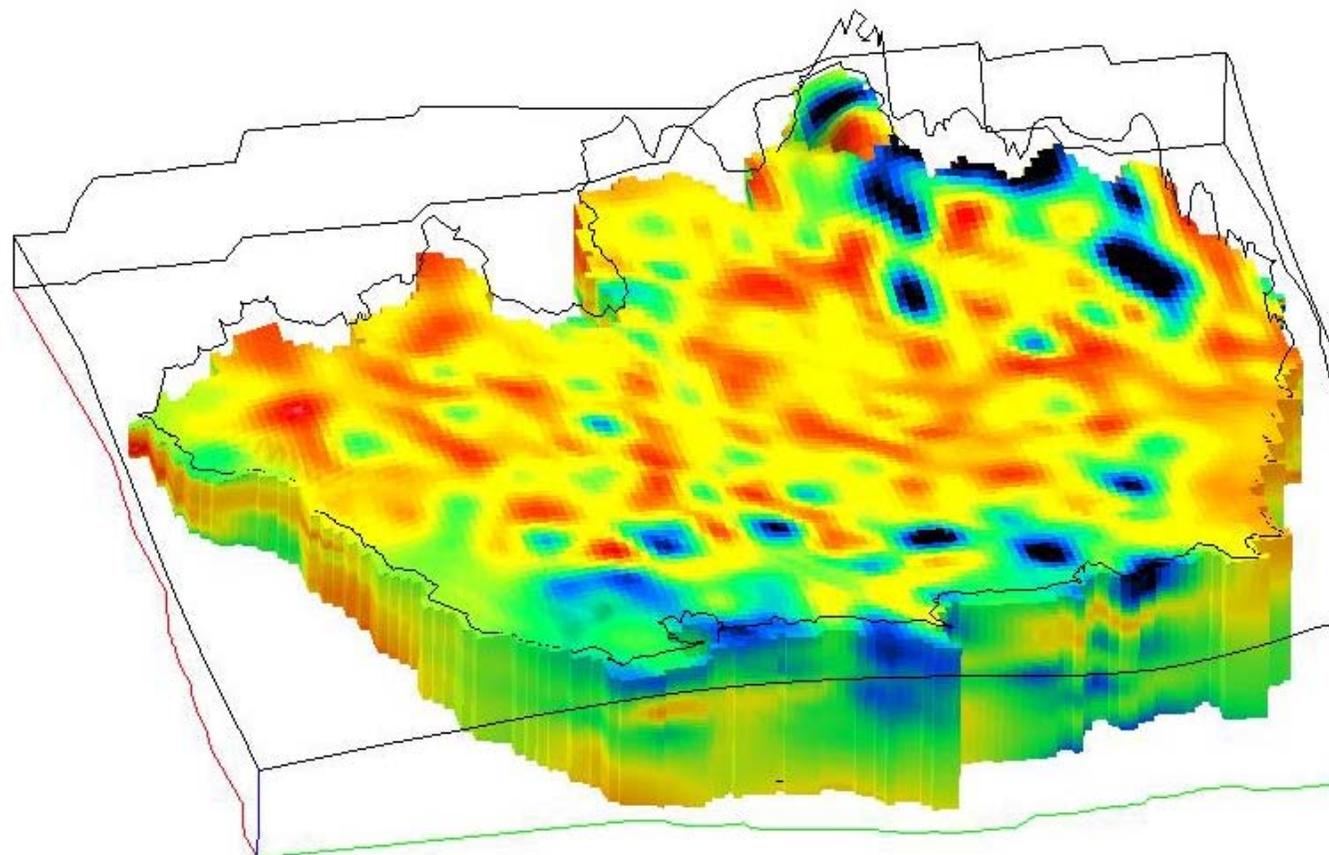
Statistics

Minimum :	12.4903
25th percentile :	19.3272
Median :	21.0364
75th percentile :	22.5802
Maximum :	27.1932
Samples :	323840
Mean :	20.891
Std. deviation :	2.17487
Variance :	4.73008



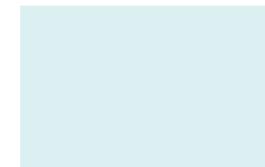
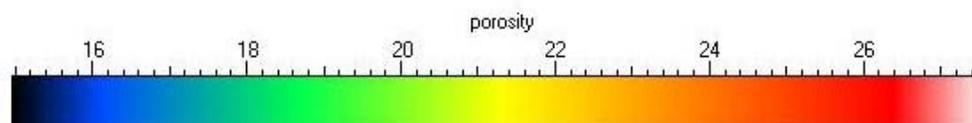
Volume di porosità (dal 1977 al 2005)

Volume terreno saturo



Anno m³ terreno saturo

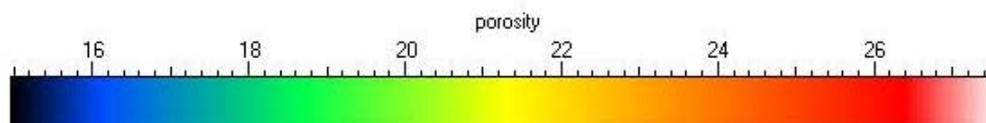
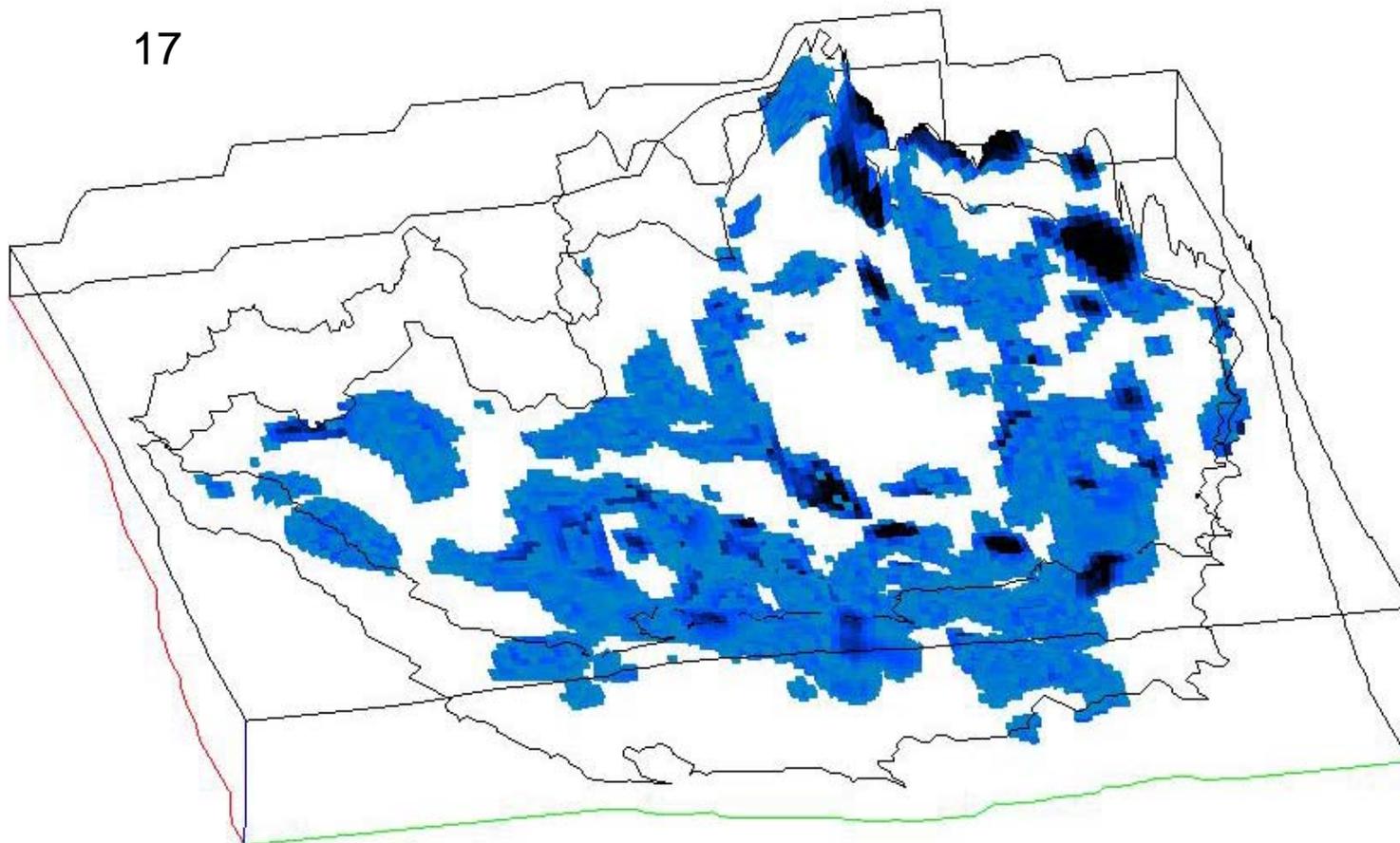
1977	174 185 703 208
1980	185 896 478 808
1985	184 490 050 908
1990	178 696 532 408
1995	182 787 595 714
2000	179 615 294 057
2001	183 694 712 308
2002	182 719 490 248
2003	181 791 908 874
2004	181 092 523 857
2005	180 541 799 298



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

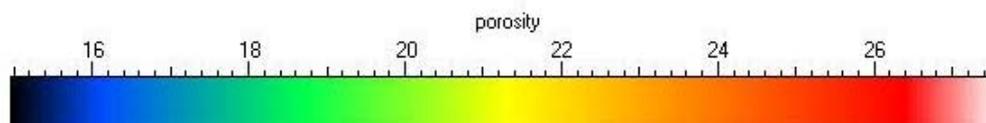
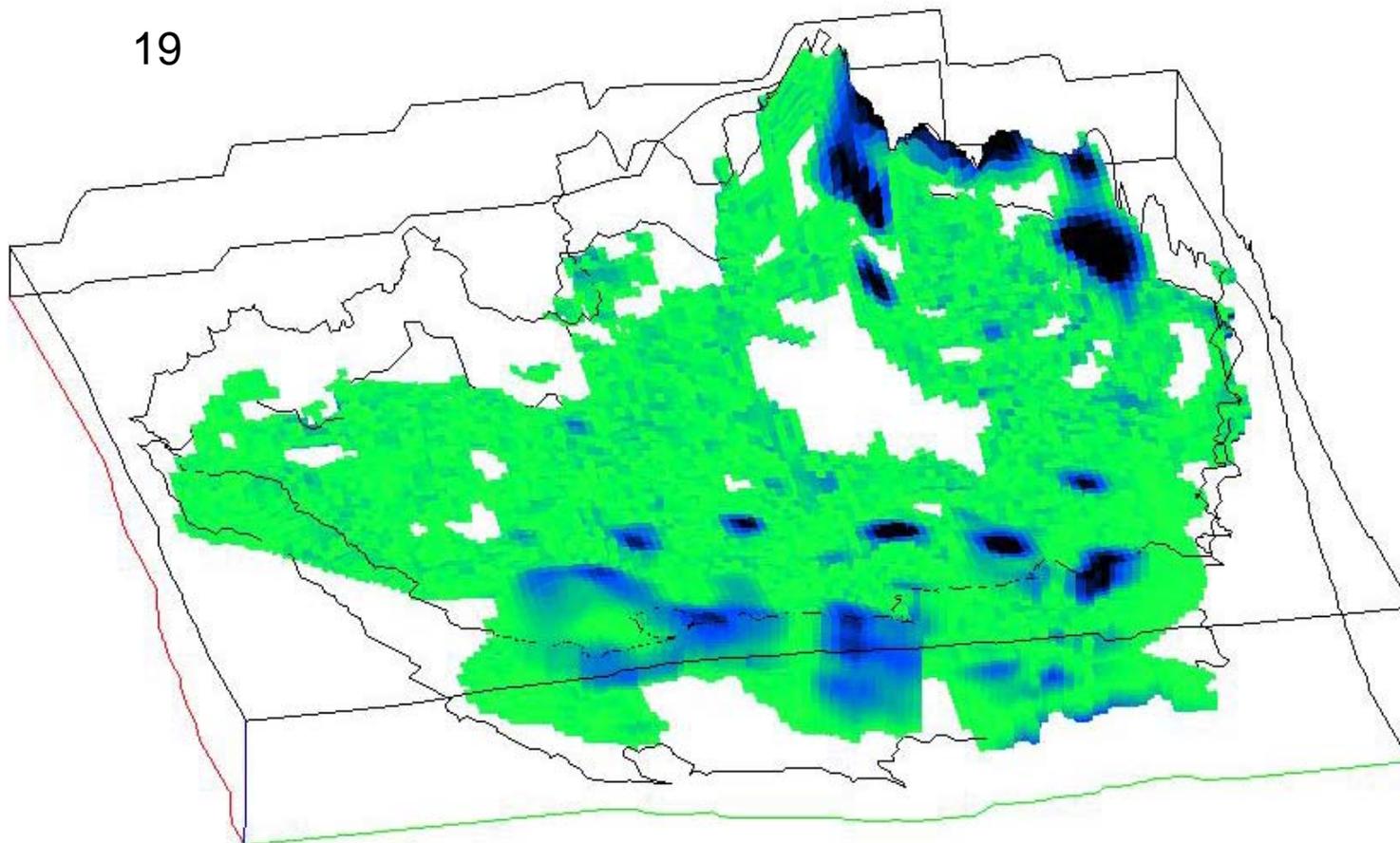
17



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

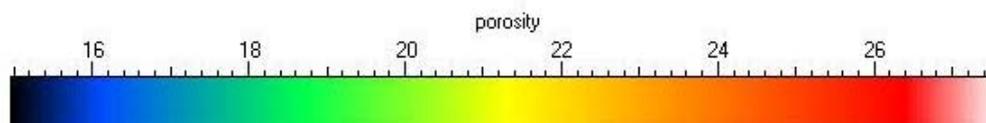
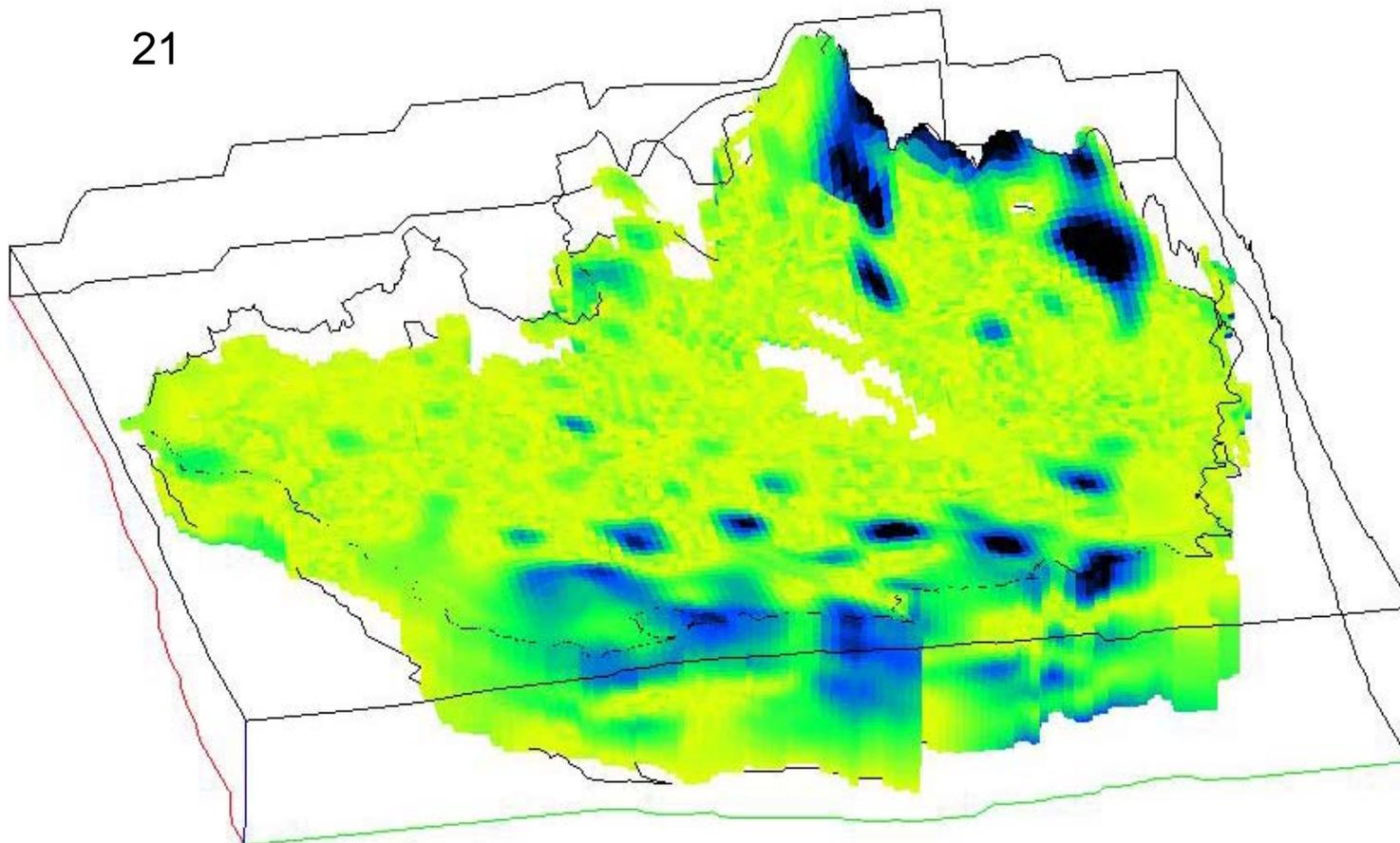
19



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

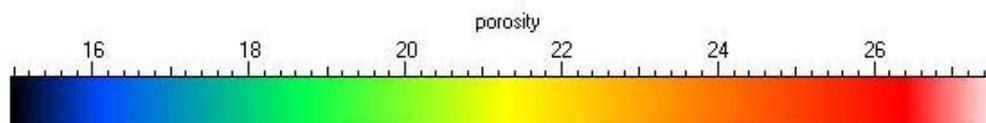
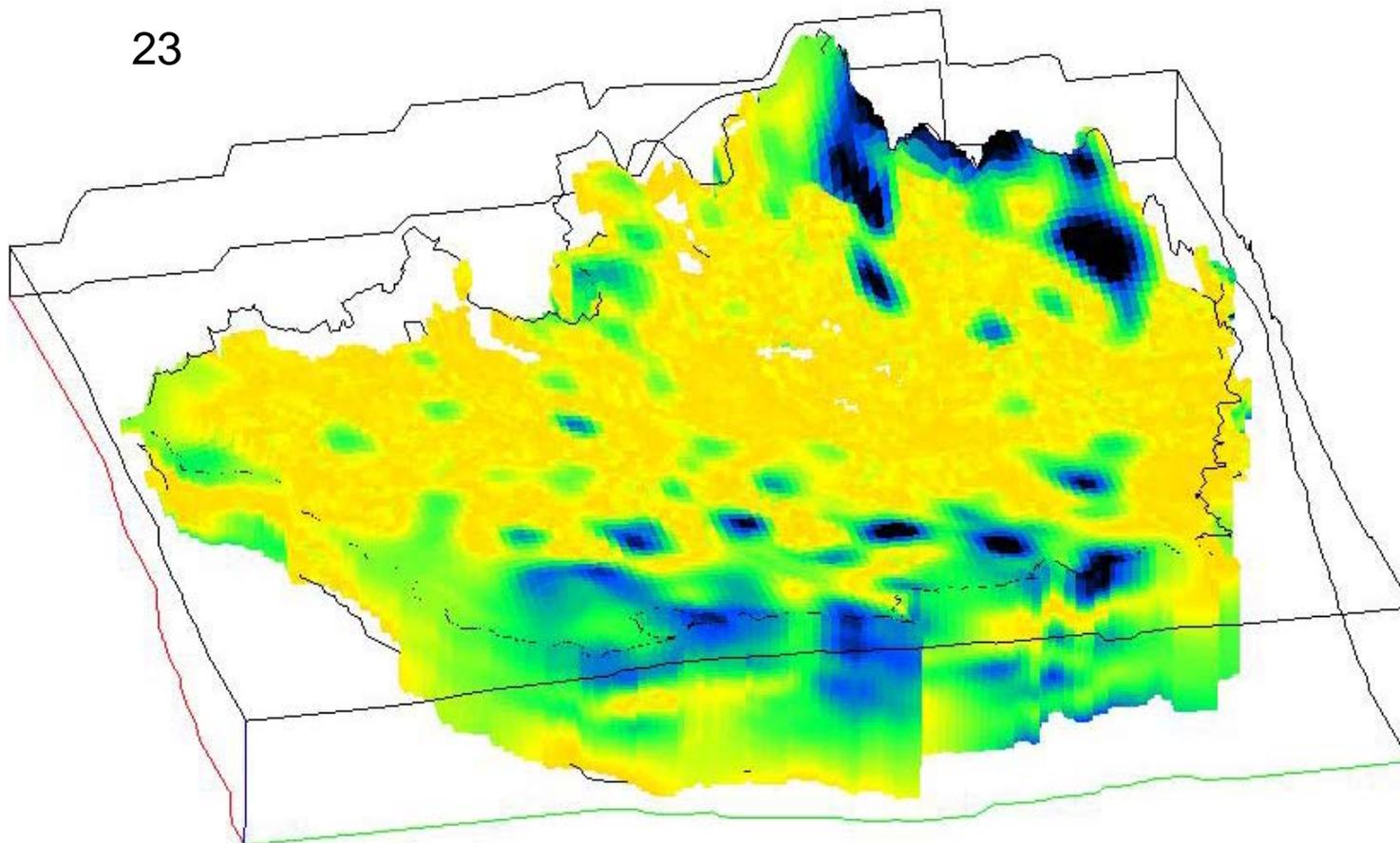
21



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

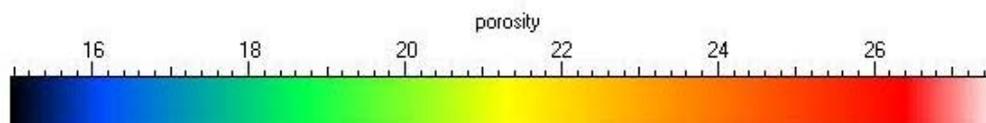
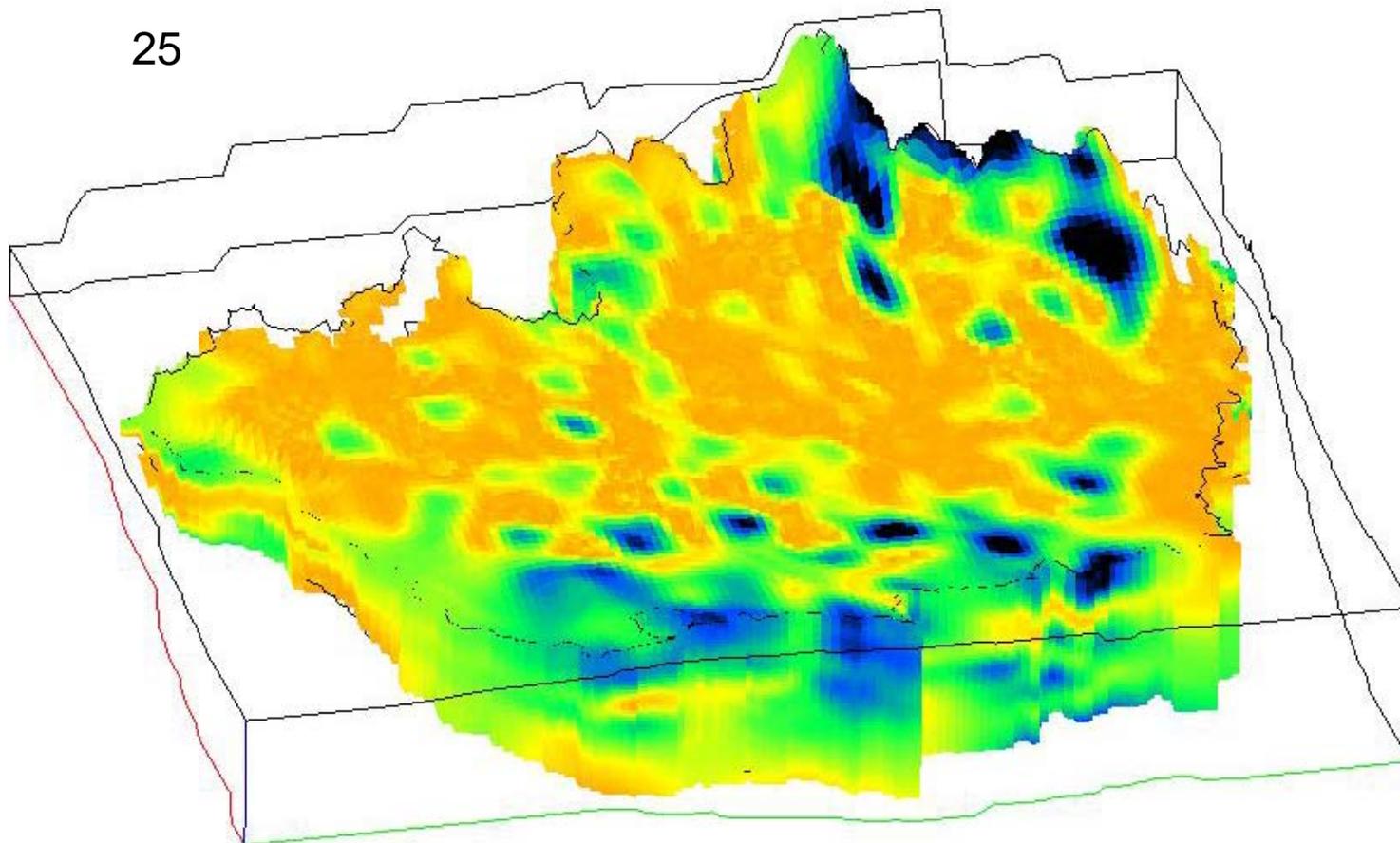
23



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

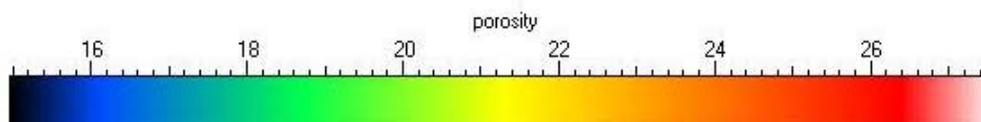
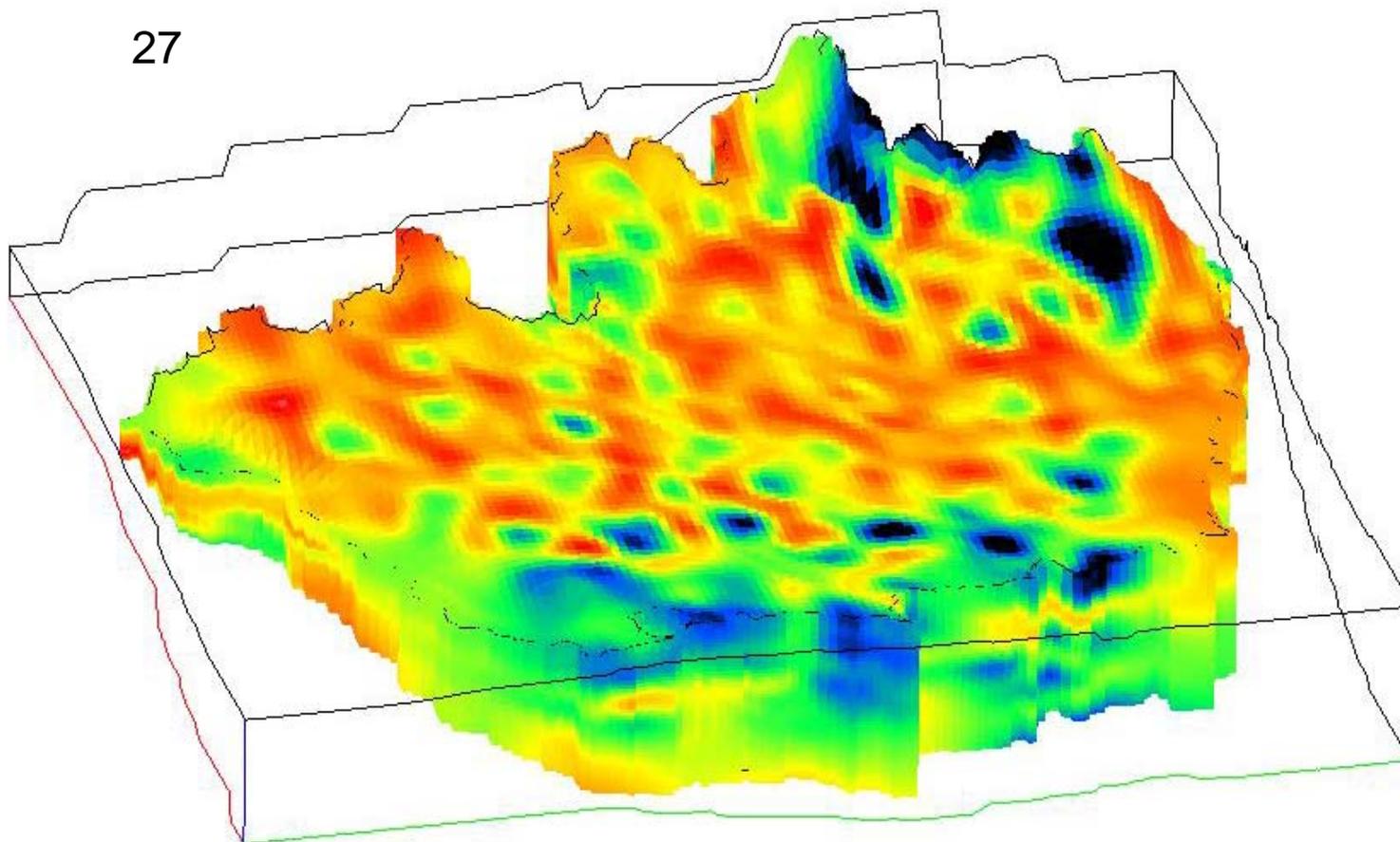
25



Classi di porosità (da 12% a 27%) nel settembre 2004

Classi di porosità %

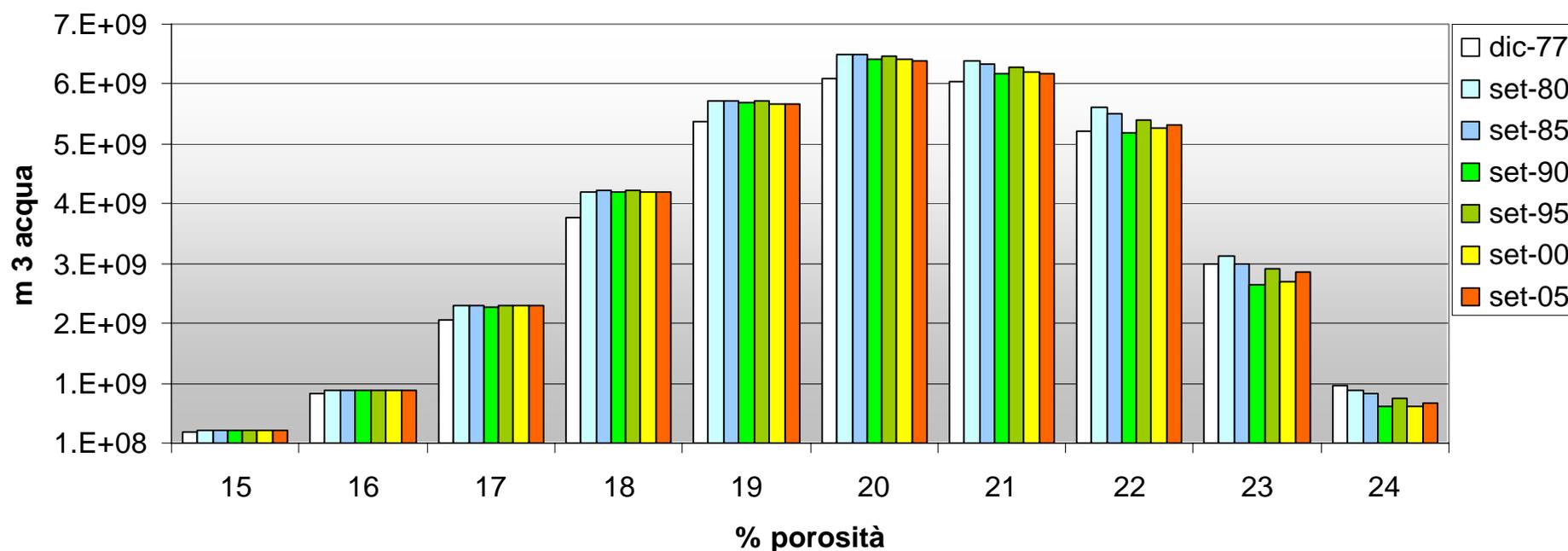
27



Distribuzione delle classi di porosità dal 15% al 24% , dal 1977 al 2005



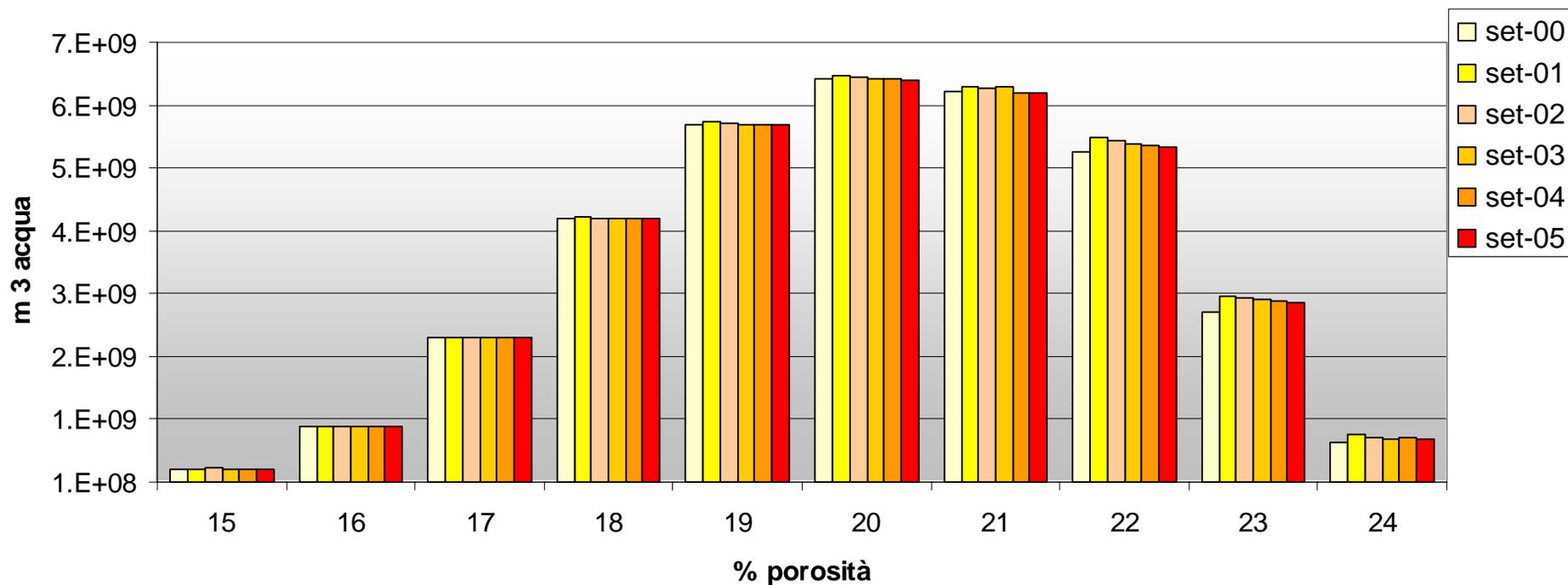
Volumi d'acqua vs Classi di porosità 1977 - 2005, ogni 5 anni



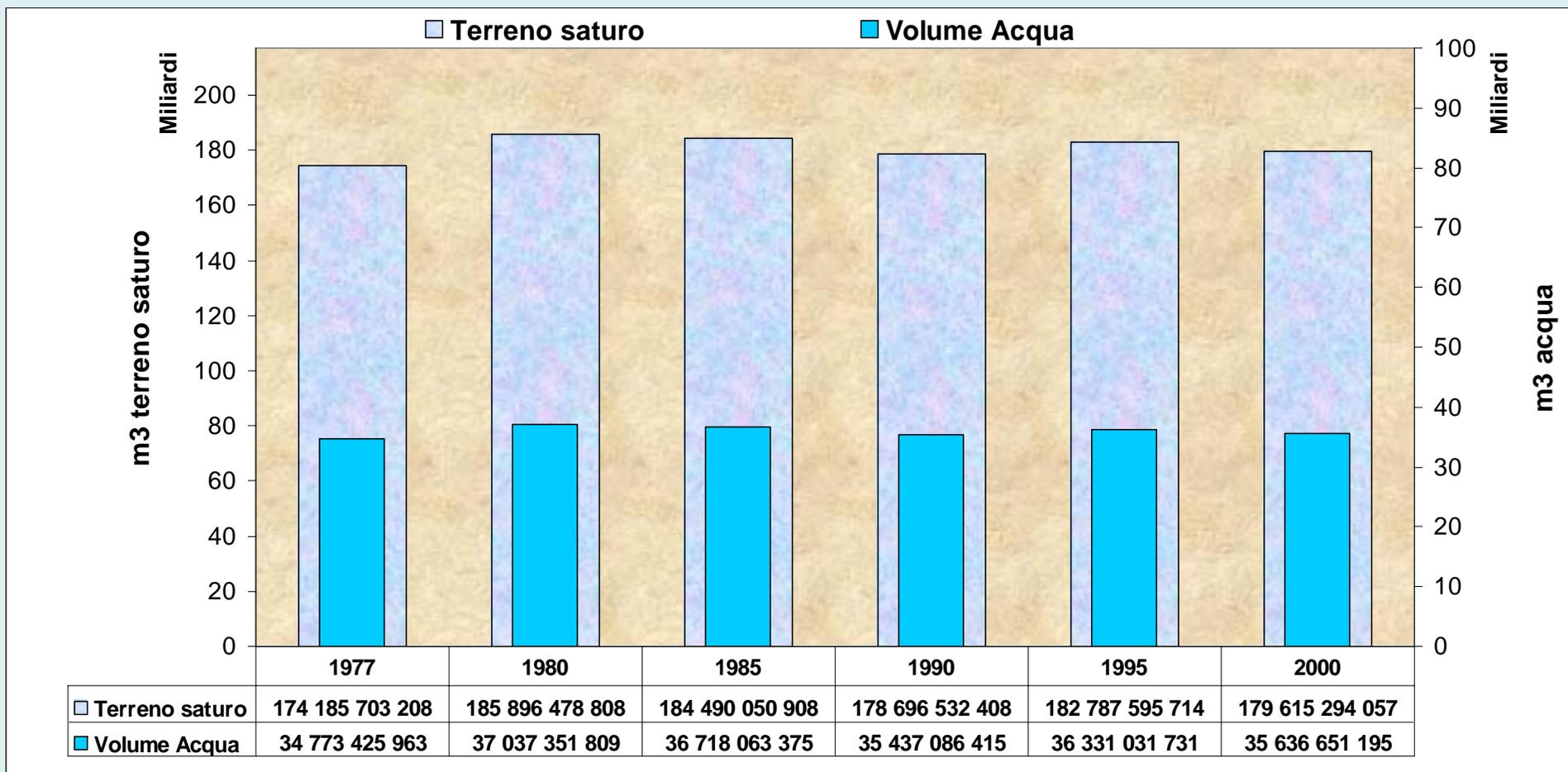
Distribuzione delle classi di porosità dal 15% al 24% , dal 2000 al 2005



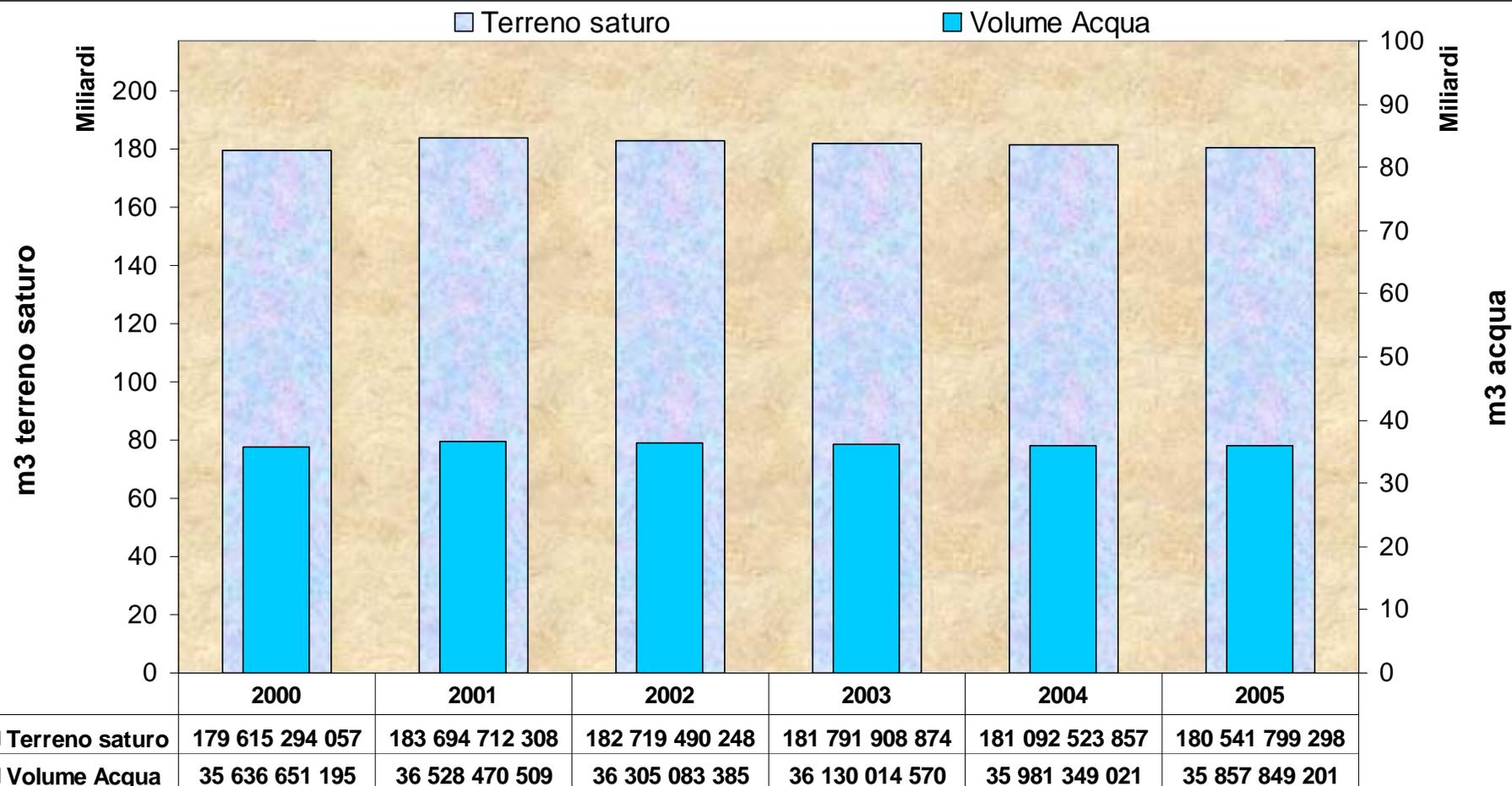
Volumi d'acqua vs Classi di porosità, dal 2000 al 2005 ogni anno



Variazione del terreno saturo e della disponibilità idrica, nel mese di settembre, dal 1977 al 2000



Variazione del terreno saturo e della disponibilità idrica, nel mese di settembre, dal 2000 al 2005

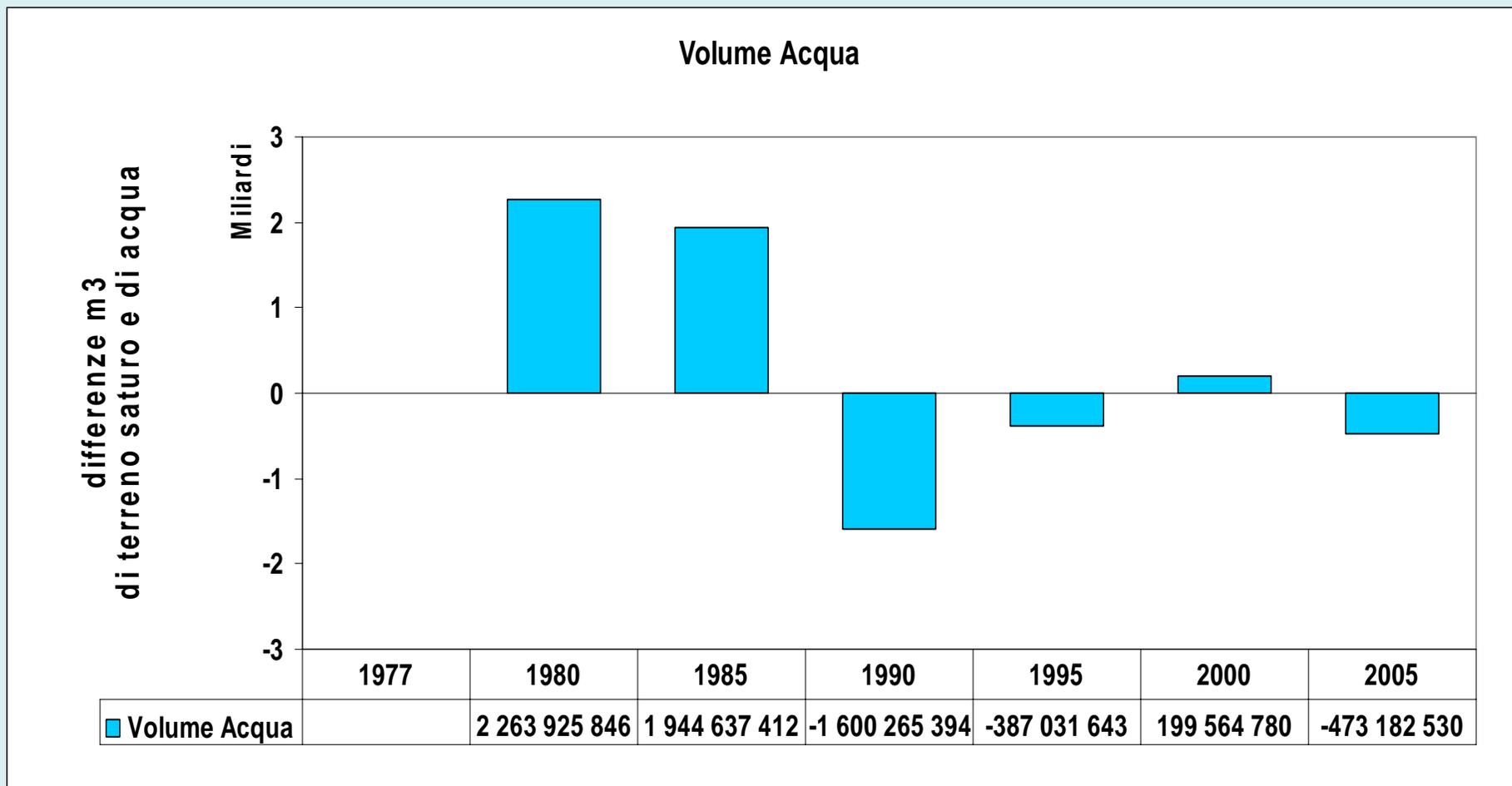


Variatione del terreno saturo e della disponibilità idrica, calcolate nel mese di settembre, dal 1977 al 2005



Anno	Terreno saturo m³	Volume Acqua m³
1977	174 185 703 208	34 773 425 963
1980	185 896 478 808	37 037 351 809
1985	184 490 050 908	36 718 063 375
1990	178 696 532 408	35 437 086 415
1995	182 787 595 714	36 331 031 731
2000	179 615 294 057	35 636 651 195
2001	183 694 712 308	36 528 470 509
2002	182 719 490 248	36 305 083 385
2003	181 791 908 874	36 130 014 570
2004	181 092 523 857	35 981 349 021
2005	180 541 799 298	35 857 849 201

Variazioni quinquennali della disponibilità idrica dal 1977 al 2005



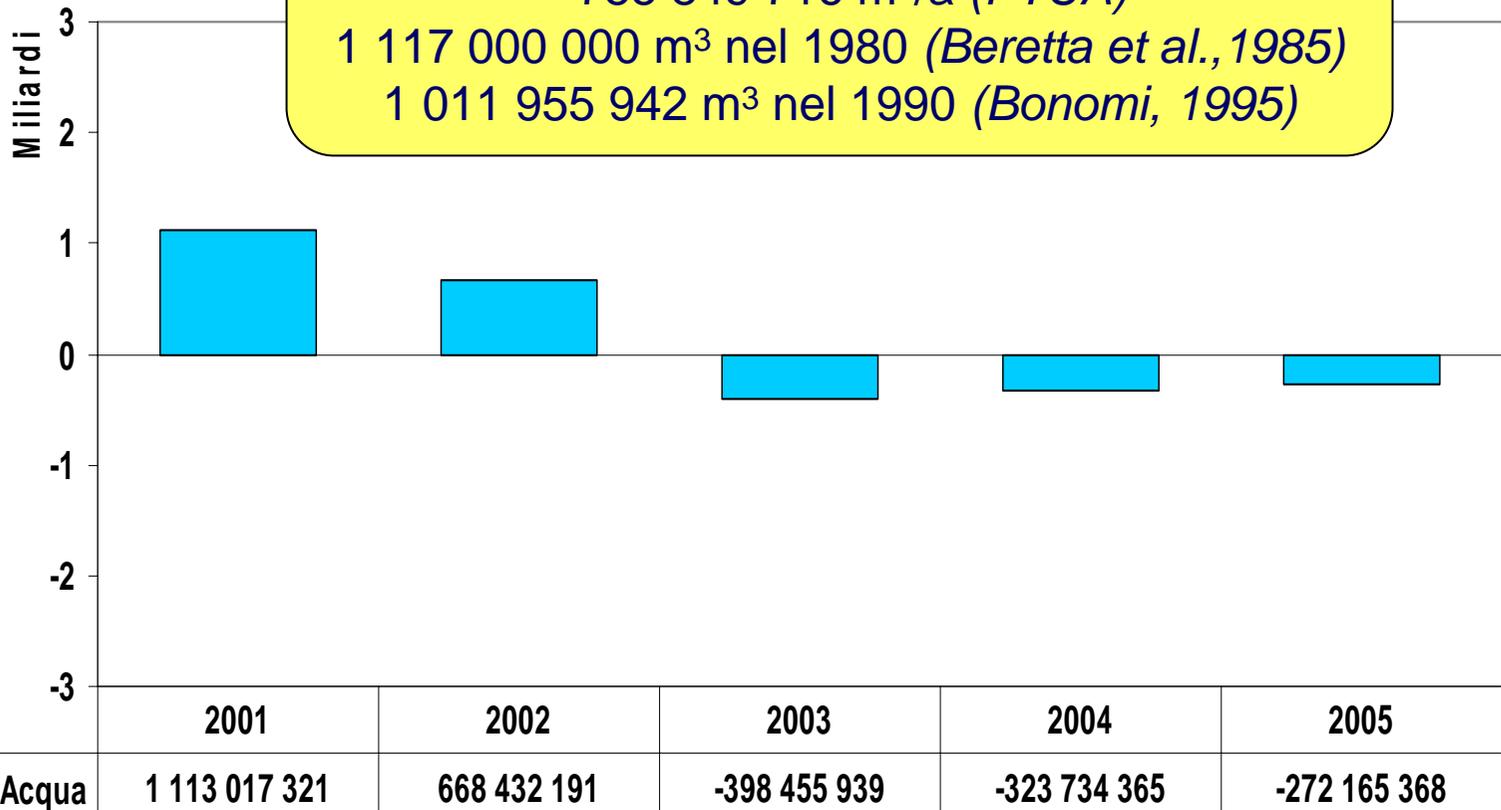
Variazioni annuali della disponibilità idrica dal 2000 al 2005



differenze m³
di terreno saturo e di acqua

Miliardi

Prelievi annui da pozzi
755 849 716 m³/a (PTUA)
1 117 000 000 m³ nel 1980 (Beretta et al., 1985)
1 011 955 942 m³ nel 1990 (Bonomi, 1995)



Considerazioni conclusive

per la stima della disponibilità idrica a scala provinciale/regionale



- **Banca dati** condivisa, necessaria alla ricerca e alla gestione, utile ai professionisti.
- **Conoscenza della distribuzione areale** dei dati statici (geometrie e caratteristiche) **e temporale** dei dati dinamici (precipitazioni, idrometrie, piezometrie)
- **Eterogeneità del sistema** sotterraneo: arealmente e verticalmente (elaborazioni 3D), per stimare il deflusso sotterraneo.
- **Trend piezometrico**, quale risposta del sistema è fondamentale: temporalmente per correlarlo con le voci di bilancio, arealmente per stimare un bilancio idrico sotterraneo.
- **Quantificare arealmente** il reale **contributo delle voci di bilancio** (precipitazioni e irrigazioni) in funzione dell'uso del suolo e della pedologia dell'area: stima della ricarica con modelli di percolazione del non saturo.
- **Bilancio annuale e pluriennale**