

INDIVIDUAZIONE DEI BACINI AEROLOGICI DELLA REGIONE LOMBARDIA

Eva Savina MALINVERNI (*) Luigi MUSSIO (**) Eliana Paola TONELLI (**)

(*) Università Politecnica Marche - Facoltà di Ingegneria – DARDUS - e-mail: e.s.malinverni@univpm.it

(**) Politecnico di Milano – DIAR – e-mail: luigi.mussio@polimi.it; eliana.tonelli@polimi.it

Riassunto

Un bacino aerologico è una massa d'aria, a comportamento omogeneo, che gravita su di un'area avente caratteristiche omogenee per distribuzione delle sorgenti di emissione e per caratteristiche meteo – climatiche e meteo – diffusive. Per la Regione Lombardia sono stati così individuati oltre sessanta bacini, disposti altimetricamente su tre livelli: basso, medio ed alto, e planimetricamente ripartiti individuando bacini aerologici particolari, secondo le varie caratteristiche morfologiche del territorio regionale lombardo.

Abstract

3D modeling in Lombard Italian region shows around 60 air-mass homogeneous basins on three different height levels.

Definizione di bacino aerologico e loro prima individuazione

Per la definizione ed una prima rappresentazione dei bacini aerologici è fondamentale la raccolta della bibliografia esistente. La ricerca bibliografica riguarda la normativa vigente ed i piani dell'aria già realizzati, o comunque in fase di realizzazione, da parte di altre regioni. La delibera del CEPE del 21 dicembre 1993 denominata Programma Generale S.I.N.A. (Sistema Informativo Nazionale dell'Ambiente) relativo al triennio 1994-1996 ha individuato alcune componenti ambientali prioritarie, relative ai seguenti tematismi:

- stato della qualità delle acque sotterranee;
- stato della qualità delle acque superficiali;
- inquinamento atmosferico.

Per l'analisi dell'inquinamento atmosferico, il suddetto programma ha fatto uso del concetto di bacino aerologico. In base a queste specifiche si identificano grandi bacini aerologici e, nell'ambito di questi, sottobacini localizzati, in corrispondenza delle aree ad elevato rischio di inquinamento, come le aree metropolitane e quelle industriali. Resta da osservare una certa ambiguità, nelle procedure di definizione dei suddetti bacini. Infatti quando si prescinde da precise indicazioni topografiche e morfologiche, la definizioni di fenomeni e processi areali e spaziali diventa quasi sempre incerta.

Una prima, semplicissima e quasi ovvia, suddivisione del territorio lombardo basata sulle caratteristiche sopra elencate, è stata eseguita individuando, in via preliminare, i bacini aerologici sulla base di considerazioni di tipo qualitativo. La suddivisione del territorio lombardo in due grandi aree è stata ottenuta incrociando due parametri.

- L'altitudine, ovvero la curva di livello 300 m slm, perché a tale quota si colloca, mediamente nel periodo invernale, il tetto delle inversioni termiche con base al suolo, tetto che costituisce un decisivo limite al rimescolamento verticale delle masse d'aria e conseguentemente è proprio a tale quota che può essere collocata la superficie di discontinuità tra le masse d'aria della pianura e le masse d'aria montane.

- ❑ Un fattore geografico particolare costituito dalla cerchia morenica dei laghi prealpini, perché rappresenta un ostacolo allo scambio d'aria fra la pianura, da un lato, ed i fondovalle - laghi prealpini, dall'altro.

La linea definita secondo questi parametri coincide sostanzialmente con la isoterma di 12° C di temperatura media annua (Fig. 1). In questa fase, assolutamente preliminare, di individuazione dei bacini aerologici, la zona di pianura appare sostanzialmente uniforme dal punto di vista dei fattori climatici naturali ed è stata considerata come unico bacino aerologico. Viceversa la zona montana è stata suddivisa, utilizzando gli spartiacque, nella valli principali:

- ❑ Valle del Ticino;
- ❑ Valle dell'Adda;
- ❑ Valle del Brembo;
- ❑ Valle del Serio;
- ❑ Valle dell'Oglio;
- ❑ Valle del Mincio;
- ❑ Oltrepò pavese,

aree che, ancora in prima approssimazione, possono costituire grandi bacini aerologici. All'interno della Valle dell'Adda, è stata fatta una ulteriore suddivisione in tre aree aventi orografia differente (Fig. 2):

- ❑ Lario e Valchiavenna (N-S);
- ❑ Media Valtellina (E-O);
- ❑ Alta Valtellina (N-S).

In questa classificazione non è ancora stata presa in considerazione la componente antropica come, ad es., nel Piano Provinciale di Risanamento e Tutela della Qualità dell'Aria della Provincia Autonoma di Trento. Esso intende per bacino aerologico un'unità territoriale con particolari caratteristiche geografiche e climatiche che subisce limitati contributi di inquinamento provenienti da altre aree, cosicché le unità territoriali possano essere considerate abbastanza omogenee, relativamente a fattori naturali che determinano il grado di inquinamento dell'aria.

Inoltre appare evidente come la suddivisione precedente non rispecchi i criteri di analisi richiesti per la definizione dei bacini aerologici, essendo poco conforme alla complessa orografia della regione. Le principali mancanze riscontrate nella ripartizione delle aree riguardano essenzialmente il basso numero di bacini e la limitatezza di una rappresentazione bidimensionale.

Infatti una suddivisione del territorio in sole undici zone che corrispondono, in linea di massima, ai bacini idrogeologici dei principali fiumi lombardi, prevede che la concentrazione di inquinante in ognuna di esse si mantenga costante. Tutto ciò porta ad un'evidente contraddizione data la notevole superficie e la complessità orografica di ogni zona considerata. Inoltre l'analisi condotta solo in planimetria presuppone che l'altimetria non sia una grandezza vincolante per la determinazione del livello d'inquinamento dell'aria.

Individuazione geografica dei bacini aerologici

Per superare questa contraddizione, il lavoro svolto parte da uno studio più approfondito dell'orografia lombarda, condotto dapprima sulla carta, a piccola scala (1:200.000), del TCI e successivamente sulla carta, a media scala (1:10.000), della Regione Lombardia. Queste carte hanno rispettivamente permesso di individuare i bacini aerologici e di delimitarli, seguendo i loro confini costituiti, in altimetria, da curve di livello e punti quotati, e in planimetria, da quelle linee di rottura, formate dalle linee di cresta delle principali catene montuose e collinari.

Pertanto partendo dalla sopraccitata carta a piccola scala e seguendo i profili morfologici dei rilievi alpini, prealpini e collinari è stato possibile, seguire i confini delle proiezioni planimetriche dei bacini aerologici e, una volta importati i profili in file .dwg (Autocad), individuare chiaramente una sessantina di bacini aerologici corrispondenti, in linea di massima, alla quasi totalità delle valli lombarde, ad alcune zone collinari pedemontane, all'alta pianura padana ed alla bassa pianura

padana, oltreché alle colline dell'Oltrepò pavese (Fig. 3, con specifico riferimento al livello medio, di seguito definito). Altimetricamente tutta la regione lombarda è stata suddivisa in tre livelli.

- livello basso;
- livello medio;
- livello alto.

Dopodiché planimetricamente, ciascun livello è stato opportunamente suddiviso, individuando bacini aerologici particolari, facendo uso della sopraccitata CTR lombarda.

- Nel livello basso, si sono considerate solo due zone poste ad una quota inferiore rispetto al piano medio di campagna, evidenziando così il canyon del fiume Ticino e quello del fiume Adda, dalle colline a sud rispettivamente dei laghi Maggiore e di Como fino all'arrivo dei fiumi nella bassa pianura (Fig. 4).
- Nel livello medio, si sono prese in considerazione tutte le aree con un'altimetria compresa tra il piano campagna della pianura Padana e 2.000 m slm, ovunque oltre il limite della vegetazione d'alto fusto, in una zona tipica di alta montagna. Procedendo da Sud verso Nord, si ritrovano l'Oltrepò pavese, la bassa e l'alta pianura padana, le colline del Varesotto, della Brianza, della zona di Bergamo, della Franciacorta e dell'anfiteatro morenico del Garda, le valli delle Prealpi Lombarde nel Comasco, nel Lecchese nella Bergamasca e nel Bresciano, e le Alpi Lombarde: Orobie, Lepontine e Retiche (Fig. 5).
- Il livello alto, costituito dalle sole zone ad altimetria superiore ai duemila metri, è suddiviso in pianura padana e zone collinari, Prealpi Lombarde, Alpi Orobie, Alpi Lepontine ed Alpi Retiche (Fig. 6).

Data questa notevole suddivisione, merita di essere messo in evidenza come le precedenti divisioni, quasi amministrative, non rispondessero affatto all'esigenza di definire chiari bacini aerologici. Ad es., la Valtellina e la Val Chiavenna, oltre alla zona di Livigno sita a Nord delle Alpi, costituiscano nel loro insieme la provincia di Sondrio, ma devono essere suddivise quantomeno in dieci bacini aerologici distinti, per tenere conto della diversa disposizione delle valli maggiori e minori (Nord - Sud e/o Est - Ovest). Un altro esempio interessante è fornito dai canyon del Ticino e dell'Adda sottostanti il piano medio dell'alta pianura lombarda. In questo caso specifico, la struttura dei bacini aerologici è decisamente tridimensionale. Infatti i due canyon hanno quote, caratteristiche meteorologiche ed ambientali ben differenti dall'alta pianura. Infine il livello alto è costituito dalle masse d'aria al di sopra dei bassi strati, spesso nebbiosi in inverno ed afosi in estate, e da quelle zone montane, come già detto in precedenza, prive di vegetazione, impervie e disabitate.

Elenco dei bacini aerologici nel livello medio

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. bacino Nord (Spol, Livigno) | 30. Val Cavallina |
| 2. Valdidentro | 31. Val Borlezza |
| 3. Valdisotto | 32. Clusone |
| 4. Valfurva | 33. bassa Val Camonica |
| 5. Valtellina orientale | 34. Val di Caffaro |
| 6. Val Malenco | 35. Lago d'Idro |
| 7. Val Masino | 36. alto Lago di Garda |
| 8. Val Bregaglia | 37. basso Lago di Garda |
| 9. Val San Giacomo e Piano di Chiavenna | 38. Val Sabbia |
| 10. alto Lago di Corno | 39. Prevalle |
| 11. Valtellina occidentale | 40. Val Trompia |
| 12. Valtellina da Sondrio a Tirano | 4L Lago d'Iseo |
| 13. Val di Corteo | 42. Viadanica |
| 14. alta Val Camonica | 43. bassa Val Brembana |
| 15. Val di Savio | 44. Pontida |
| 16. Val di Paisco | 45. Lago di Lecco |
| 17. Val di Scalve | 46. Vallassina |

18. alta Val Seriana	47. colline Como – Lecco
19. Val Brembana orientale	48. basso Lago di Como
20. media e alta Val Brembana	49. Val d'Intelvi
21. Valtorta	50. Valle del Tresa
22. Val Varrone	51. Val Veddasca
23. Porlezza – Menaggio	52. alto lago Maggiore
24. Valsassina	53. Valcuvia – Valganna
25. Val Taleggio	54. basso lago Maggiore
26. Val Imagna	55. colline Verbania – Varese
27. Val Brembilla	56. colline Varese – Como
28. Val Serina	57. alta Pianura Padana
29. bassa Val Seriana	58. bassa Pianura Padana
	59. Oltrepò pavese

La zonizzazione 3D dei bacini aerologici richiederebbe, a rigore, l'utilizzo di un database capace di interpretare topologie tridimensionali, inserendole in un programma per l'analisi e la gestione di SIT 3D. Tuttavia un programma di questo tipo non è attualmente disponibile tra i programmi commerciali in uso per l'analisi e la gestione di SIT. E' stato allora giocoforza necessario operare con i tradizionali programmi per l'analisi e la gestione di SIT, facenti riferimento a topologie bidimensionali, collegando tra loro i tre strati altimetrici come entità tematiche.

Aspetti antropici

Fatto salvo nebbie nel periodo invernale ed afa nel periodo estivo limitatamente, per lo più, alla bassa pianura padana, la regione Lombardia non presenta fonti di inquinamento scollegate dalla presenza del fattore antropico. Viceversa il fattore antropico condiziona pesantemente i livelli di inquinamento presenti. La Regione Lombardia è una delle più densamente popolate d'Europa e, sempre in Europa, è una delle regioni più sviluppate industrialmente e dal punto di vista della densità del traffico veicolare circolante nelle principali arterie della Regione. Si riporta di seguito l'elenco delle città oltre i 40.000 abitanti, così come esse si sono negli ultimi cinquanta anni conurbate. E' facile evidenziare oltre alla grande conurbazione di Milano, Brescia e prima di tutti gli altri capoluoghi di provincia lombardi (ad eccezione di Sondrio, ma con l'aggiunta di Vigevano), la conurbazione di Monza e della bassa Brianza e quella della città lineare dell'Olona (con le città di Gallarate, Busto Arsizio Legnano).

Città	Abitanti
<input type="checkbox"/> Milano	1.182.600
<input type="checkbox"/> Sesto San Giovanni	75.421
<input type="checkbox"/> Cinisello Balsamo	72.402
<input type="checkbox"/> Rhò	51.181
<input type="checkbox"/> Cologno Monzese	47.295
<input type="checkbox"/> Bollate	46.244
<input type="checkbox"/> Brescia	187.865
<input type="checkbox"/> Monza	117.000
<input type="checkbox"/> Paderno Dugnano	45.000
<input type="checkbox"/> Busto Arsizio	76.138
<input type="checkbox"/> Legnano	53.788
<input type="checkbox"/> Gallarate	46.262
<input type="checkbox"/> Bergamo	110.691
<input type="checkbox"/> Varese	82.282
<input type="checkbox"/> Como	78.315
<input type="checkbox"/> Pavia	71.074
<input type="checkbox"/> Cremona	69.444
	1388

□ Vigevano	54.672
□ Mantova	46.372
□ Lecco	45.507
□ Lodi	39.636

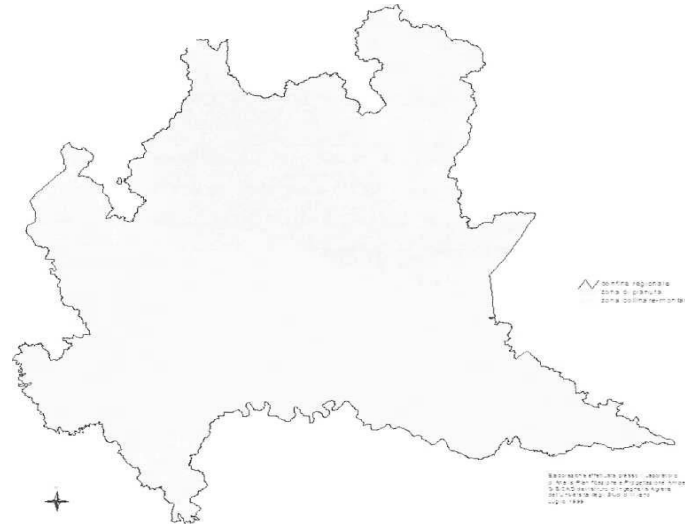


Fig. 1 La suddivisione tra zona di pianura e zona montana, quasi lungo l'isoterma di 12° C di temperatura media annua

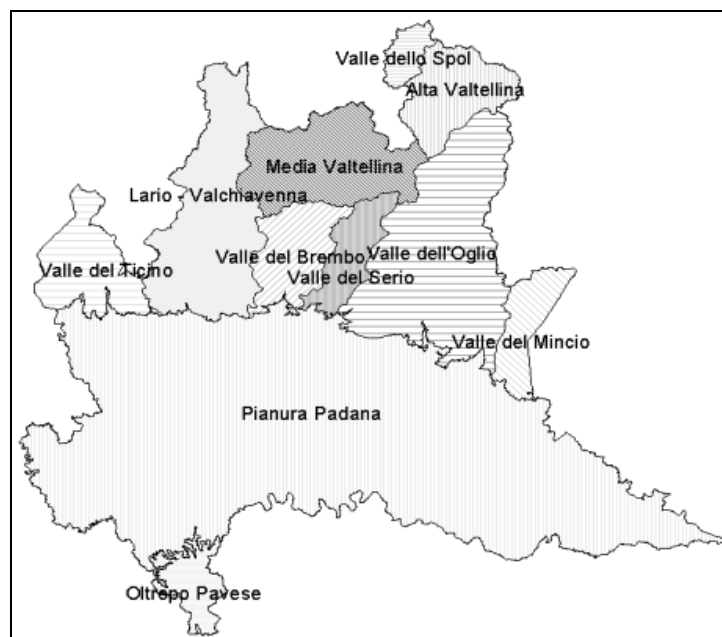


Fig. 2 I bacini quasi amministrativi (anche se evidentemente non affatto aerologici)¹

¹ Giova ripetere come questa suddivisione sembri corrispondere soprattutto alle divisioni quasi amministrative di comunità montane, reali o possibili, seguendo i loro ipotetici confini. Infatti una ripartizione del territorio in sole undici zone, in linea di massima, corrispondenti ai bacini idrogeologici dei maggiori fiumi lombardi, prevede che la concentrazione di inquinante in ognuna di esse si mantenga costante. Di conseguenza, tutto ciò determina una stridente contraddizione, data la notevole superficie e la complessità orografica di ogni zona interessata. Inoltre l'analisi condotta solo in planimetria fa ritenere che l'altimetria non sia una grandezza rilevante per la determinazione del livello d'inquinamento dell'aria. Invece come già detto in precedenza, altimetricamente tutta la regione lombarda è stata ripartita in tre livelli: basso, medio ed alto; dopodiché planimetricamente, ciascun livello è stato a sua volta suddiviso, individuando bacini aerologici particolari.

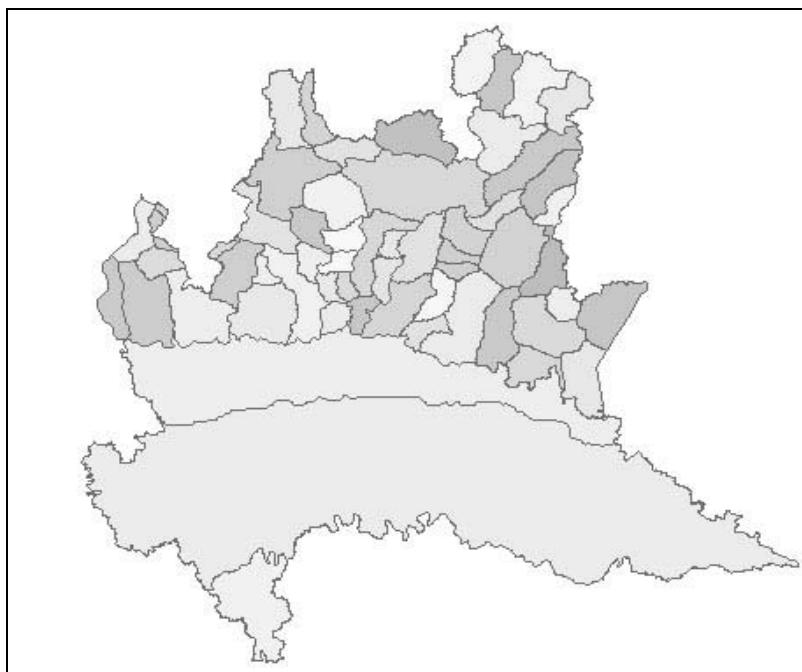


Fig. 3 La carta dei bacini aerologici dalla quota del piano campagna (p.c.) a 2500 m slm ²

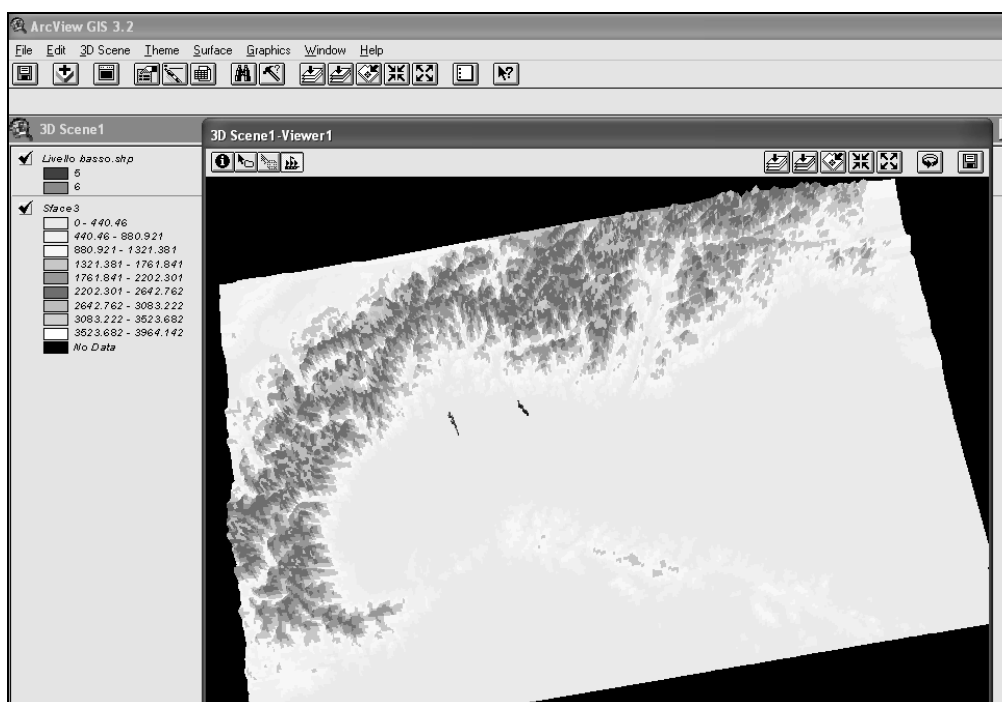


Fig. 4 I bacini aerologici sotto la quota del p.c., costituiti dai canyon del Ticino e dell'Adda

² La carta dei bacini aerologici dalla quota del piano campagna a 2500 m slm serve da riferimento base. Si noti a riguardo come proprio superare il basso numero di bacini e la limitatezza di una rappresentazione bidimensionale abbia permesso di correggere le maggiori mancanze evidenziate, rispondendo fedelmente ai criteri di analisi necessari per l'individuazione dei bacini aerologici.

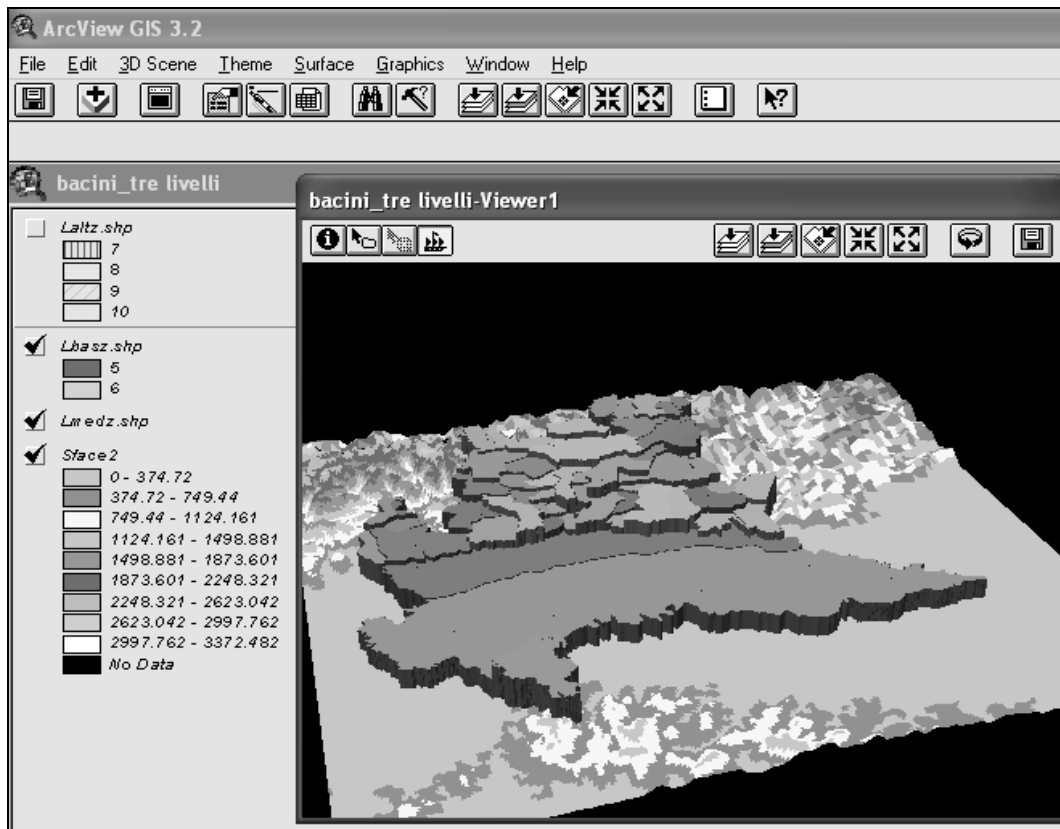


Fig. 5 I bacini aerologici dalla quota del piano campagna a 2500 m slm³

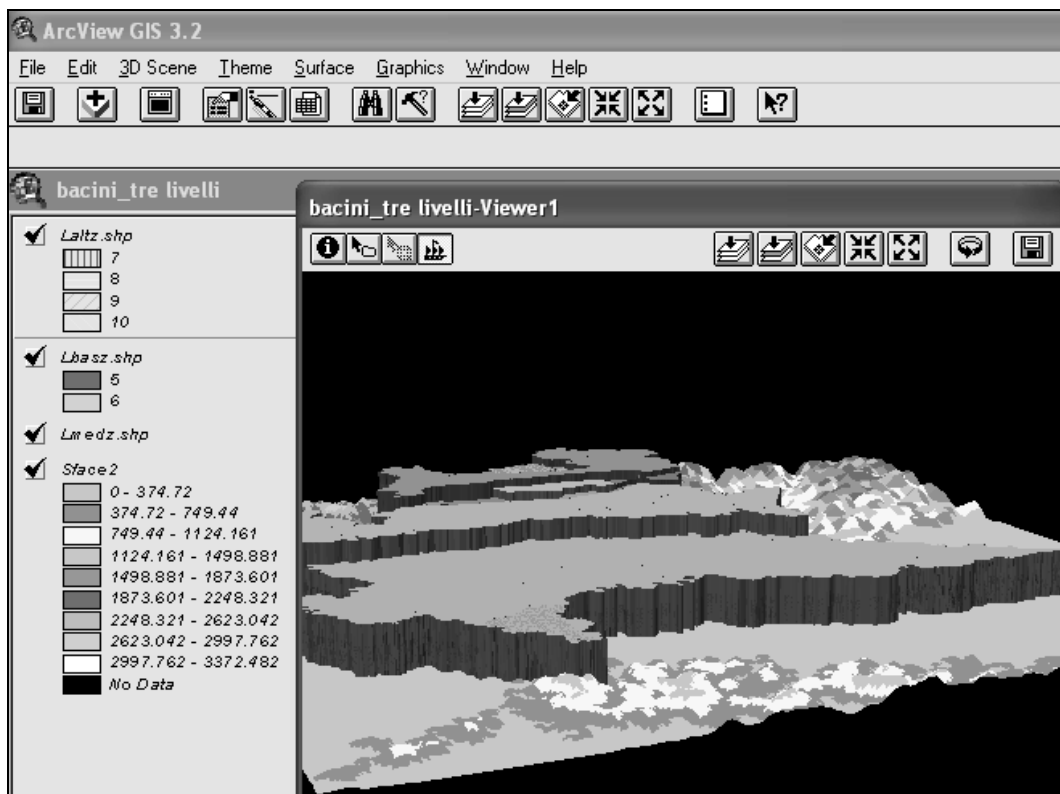


Fig. 6 I bacini aerologici oltre quota 2500 m slm

³ Si osservi come gli strati altimetrici, meno complessi, inferiore e superiore siano collegati quali entità tematiche.

A tutto ciò si aggiunge come fonte di inquinamento la presenza di arterie di traffico di particolare rilevanza e intensità quali le autostrade ed alcune strade statali:

- A1 Autostrada del Sole;
- A4 Autostrada Serenissima;
- A7 Autostrada dei Fiori;
- A8 Autostrada dei Laghi per il lago Maggiore;
- A9 Autostrada dei Laghi per il lago di Como;
- A21 Autostrada dei Vini;
- A22 Autostrada del Brennero;

- N. 10 Padana Inferiore;
- N. 11 Padana Superiore;
- N. 36 del Lago di Como e dello Spluga;
- N. 38 dello Stelvio;
- N. 342 Briantea.

La presenza di insediamenti urbani e vie di comunicazione non modifica ovviamente i bacini aerologici, ma li differenzia sostanzialmente al loro interno, in funzione della concentrazione delle emissioni e del grado di diffusione nell'atmosfera.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano gli Ing. Luigi Barazzetti, Luca Broggi ed Erik Rial per tutto il lavoro svolto nella determinazione dei confini geografici dei bacini aerologici lombardi e, in particolare, l'Ing. Luigi Barazzetti per aver volentieri messo a disposizione il materiale raccolto che ha proficuamente permesso la stesura definitiva del presente lavoro.

Bibliografia

- Albertella A., Malinverni E. S., Nardinocchi C. (1998). Per una cartografia tematica: metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione dei dati ambientali territoriali. *Bollettino della SIFET*, n. 2.
- Malinverni E. S. (1998). Costruzione di un modello digitale delle altezze (DEM) di alta qualità e generazione di un'ortomagine digitale con sovrapposizione di elementi vettoriali. *Bollettino della SIFET*, n. 3.
- Malinverni E.S., Mussio L. (2001): Topografia e fotogrammetria: metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione di dati ambientali territoriali. In: F. Sartori (Ed) *Ricerche e risultati: per una cartografia tematica lombarda*. FLA – Università di Pavia, Pavia, p. 343 – 377.
- Malinverni E.S., Mussio L. (2007): Un SIT 3D dedicato ad un piano regionale per la qualità dell'aria. *Rivista dell'agenzia del Territorio*, anno VII, n. 3, 2007.
- Malinverni E.S., Tonelli E.P. (2002): Un GIS 3D per una completezza dell'informazione cartografica nella gestione territoriale. *Atti della Conferenza Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale – 6° Conferenza Nazionale dell'ASITA*, vol. 2. Perugia, p. 1455–1460.
- Mussio L. (2006a): Possibilità offerte dai metodi statistici applicati alle informazioni geografiche. In: P.L. Paolillo (Ed) *Questioni ambientali nella gestione del territorio: strumenti e casi di studio nel territorio cremonese*. Politecnico di Milano / Regione Lombardia, Cremona, S1_10 p. 8.
- Mussio L. (2006b): Metageomatica: spunti di riflessione sulla Geomatica. *Rivista dell'agenzia del Territorio*, anno VI, n. 3, 2006.
- Tonelli E.P., Malinverni E.S. (2003): Il problema della rappresentazione tematica su una base cartografica 3D. *Atti della Conferenza L'Informazione Territoriale e la dimensione tempo – 7° Conferenza Nazionale dell'ASITA*, vol. 2. Verona, p. 1811–1816.