

Radiazione ed evaporazione

MARCO BINDI

Università degli Studi di Firenze

La radiazione solare: considerazioni generali

La radiazione solare costituisce la maggior fonte di energia per il nostro pianeta, determina il ciclo dell'acqua, il ciclo della produzione primaria attraverso la fotosintesi e l'evapotraspirazione, è la causa prima del movimento delle masse di aria e di acqua. L'emissione di energia da parte di tutti i corpi a temperatura superiore agli 0°K è alla base del loro bilancio energetico e quindi in ultima analisi delle loro condizioni termiche. La misura o la stima della radiazione solare su una superficie durante l'anno può servire per la progettazione di un impianto a pannelli solari, per la progettazione di una serra, per il calcolo dell'evapotraspirazione di una coltura, per la stima del bilancio idrico di un bacino, per l'impianto di un vigneto o di un frutteto, per il telerilevamento.

Quella che comunemente viene chiamata radiazione solare è tecnicamente conosciuta come radiazione solare globale ed è una misura dell'intensità della radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre. La radiazione solare globale include due componenti, la radiazione solare diretta e la radiazione solare diffusa. Quando la radiazione

solare attraversa l'atmosfera terrestre parte di essa viene assorbita o diffusa dalle molecole di aria, vapore acqueo, aerosol e nubi; la parte di radiazione solare che

raggiunge direttamente la superficie terrestre viene chiamata radiazione solare diretta, mentre la parte della stessa radiazione, che è stata diffusa dall'atmosfera, raggiungerà la superficie terrestre come radiazione solare diffusa. La radiazione solare globale, misurata in una banda spettrale tra i 400 e i 1100 nm (nanometri) che comprende tutto il visibile (400-700 nm) e parte del vicino infrarosso, viene registrata con uno strumento chiamato piranometro o solarimetro, che è costituito da una superficie annerita che assorbendo la radiazione si scalda,



Figura 1a.
Solarimetro per la misura della radiazione solare globale

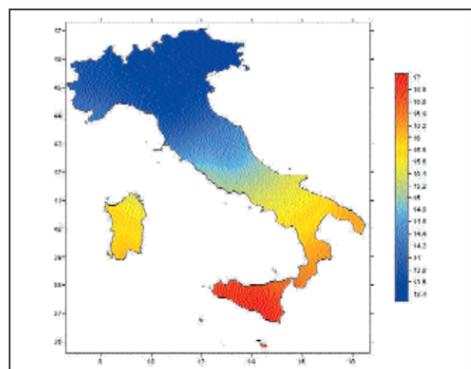


Figura 1b.
Mappa della radiazione globale giornaliera media ($MJ g^{-1} m^{-2}$). (1)

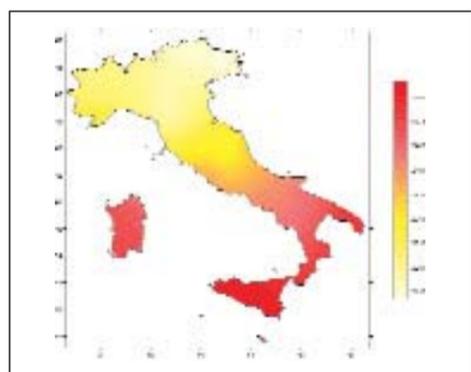


Figura 1c. Mappa della radiazione globale giornaliera media nel periodo estivo ($MJ g^{-1} m^{-2}$).

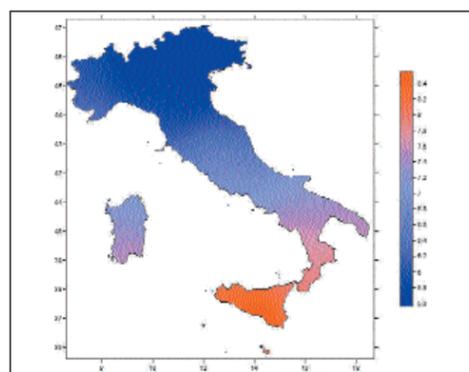


Figura 1d. Mappa della radiazione globale giornaliera media nel periodo invernale ($MJ g^{-1} m^{-2}$).

creando una differenza di temperatura che viene rilevata e convertita in tensione da termocoppie. L'energia che colpisce il sensore, una volta integrata e riferita a un dato periodo di tempo, viene espressa in $Joule sec^{-1} m^{-2}$.

La radiazione solare: variazioni nello spazio e nel tempo

Il clima radiativo dell'Italia si ripartisce secondo la latitudine, la quota, la distanza dal mare e la posizione relativa alle masse di aria, rispettivamente fredde e calde, che giungono dalla Siberia o dal Canada e dall'Africa del Nord o dall'Asia minore. Tutti questi elementi sono infatti causa della nuvolosità e delle nebbie che rappresentano gli elementi determinanti ai fini dell'insolazione di

un'area. Come si può riscontrare infatti nelle figure 1 b, c e d la differenza di radiazione solare globale giornaliera fra l'Italia peninsulare e l'Italia settentrionale è per l'intero anno del 10% e del 21% fra l'Italia insulare e quella settentrionale. Se poi si esamina la ripartizione per stagioni si può osservare che per i mesi invernali l'Italia insulare ha una radiazione solare globale maggiore del 30% di quella dell'Italia settentrionale. Per quanto riguarda poi la ripartizione all'interno delle singole aree, si può riscontrare come le coste e le regioni meridionali presentino il maggior regime radiativo, mentre le aree con regime radiativo minore siano rappresentate dalle regioni montane appenniniche ed alpine.

Nelle figure 2 a, b, c e d sono riportati gli scarti medi annuali della radiazione solare globale, rispetto al valore medio del trentennio 1971-2000, di alcune stazioni caratteristiche delle diverse aree geografiche. Nell'area settentrionale (Trieste) e meridionale (Brindisi) è ben evidente un trend positivo della radiazione solare globale, mentre per l'area centrale (Vigna di Valle) il trend positivo è molto meno evidente.

Naturalmente la ripartizione della radiazione nelle diverse aree comporta delle differenze sostanziali nel regime termico sia in termini di valori assoluti di temperatura sia di escursione termica. Da ciò ne discende una suddivisione della penisola in aree agroecologiche ben differenziate sia dal nord al sud, sia dal mare ai monti, sia relativamente alla posizione dei rilievi rispetto alle masse di aria dominanti.

Particolare attenzione va prestata al clima radiativo locale alla scala cioè del topoclima o clima influenzato dalla topografia di una regione. Dal punto di vista ambientale infatti questo costituisce l'elemento di maggior importanza che può differenziare aree assai vicine tra loro ma, ad esempio, con esposizioni diverse.

Le condizioni che regolano la quantità di radiazione che giunge su di una superficie sono rappresentate dall'esposizione, dalla pendenza e dall'orizzonte della superficie medesima. Naturalmente maggiore è la nuvolosità in una zona e minore è l'effetto della diversa pendenza ed esposizione; infatti quando il cielo è completamente coperto la radiazione diffusa si distribuisce uniformemente senza riguardo alla posizione.

È possibile sulla base delle informazioni ricavabili da una mappa topografica alla scala 1:25 000, ottenere una mappa della radiazione particolareggiata (vedi tabelle elaborazioni a livello locale).

L'evapotraspirazione: considerazioni generali

L'evaporazione, Ev, consiste nel passaggio dell'acqua dallo stato liquido allo stato di vapore. In natura l'entità di tale fenomeno dipende dalle condizioni fisiche dell'ambiente (radiazione, temperatura, umidità, vento) e dalla disponibilità d'acqua, che può essere a «pelo libero» (mari, laghi, fiumi, ecc.) o trattenuta in un «mezzo poroso» (terreno e superfici varie). La traspirazione, Tr, consiste nel passaggio dell'acqua contenuta negli organismi (piante ed animali) dallo stato liquido allo stato di vapore. Tale processo è regolato sia dalle condizioni dell'atmosfera sia da una serie di meccanismi biologici (apertura-chiusura di stomi, pori cutanei, ecc.) che tendono a mantenere gli organismi nelle condizioni migliori.

L'evapotraspirazione (ET) è il risultato dell'evaporazione dalla superficie bagnata, di terreno e foglie, e della traspirazione d'acqua dalle piante presenti su tale terreno. Quando ci si riferisce ad una superficie coperta da una coltura od in genere da vegetazione è estremamente difficile distinguere le due componenti, quindi il fenomeno viene considerato nel suo insieme. Evaporazione, traspirazione ed evapotraspirazione si misurano su base oraria ($mm h^{-1}$) o su base giornaliera ($mm g^{-1}$) attraverso strumenti come gli evaporimetri (vasca a bocca tarata, graduata in altezza, riempita di acqua) e i lisimetri (grossi contenitori riempiti di terreno coperto di vegetazione). Inoltre, poiché la misura diretta dell'evapotraspirazione è assai complessa, si ricorre spesso al calcolo dell'ET, con l'applicazione di coefficienti che tengano conto del tipo di coltura e dello stato idrico del terreno, a partire dall'evapotraspirazione potenziale, ETP (quantità d'acqua dispersa nell'atmosfera da una superficie di riferimento, quando l'acqua non costituisce un fattore limitante).

L'evapotraspirazione è una componente essenziale del bilancio idrico e viene utilizzata in combinazione con le precipitazioni per la programmazione dell'irrigazione. A livello di bacino l'ETP è impiegata per calcolare la perdita d'acqua, per stimare le portate dei corsi d'acqua, per la progettazione dei bacini artificiali.

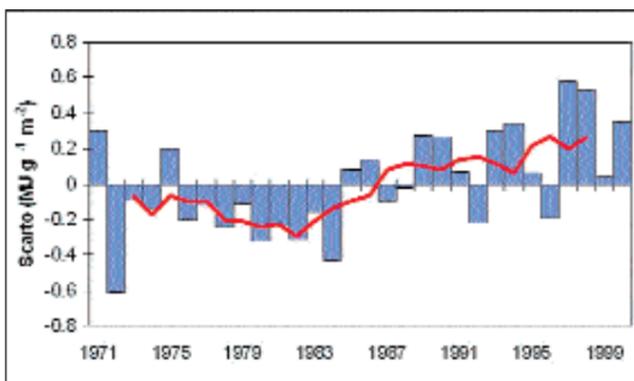


Figura 2a. Scarto della radiazione globale media annuale in Italia rispetto alla media del periodo 1971-2000. (2)

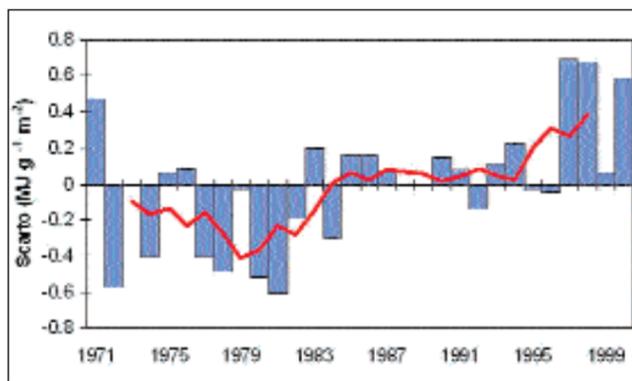


Figura 2b. Scarto della radiazione globale media annuale rispetto alla media del periodo 1971-2000 (staz. Trieste - nord Italia).

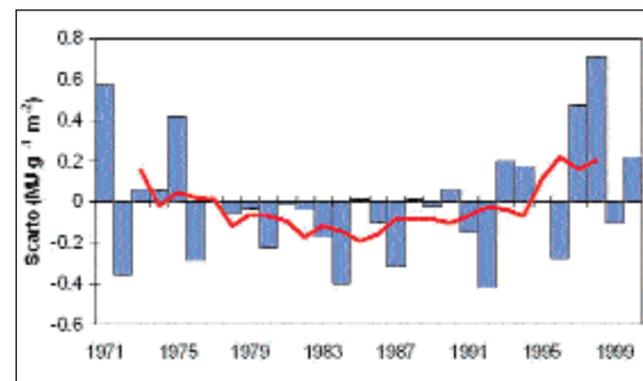


Figura 2c. Scarto della radiazione globale media annuale rispetto alla media del periodo 1971-2000 (staz. Vigna di Valle - centro Italia).

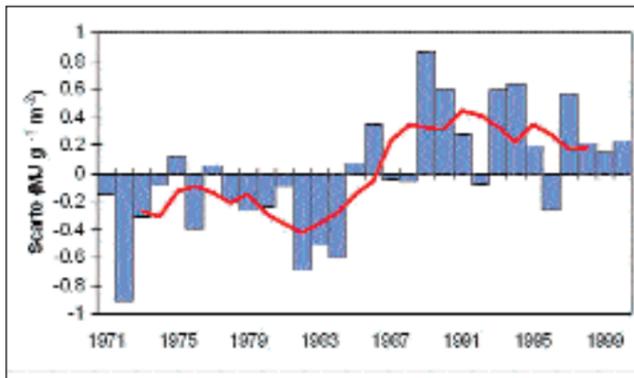


Figura 2d. Scarto della radiazione globale media annuale rispetto alla media del periodo 1971-2000 (staz. Brindisi - sud Italia).

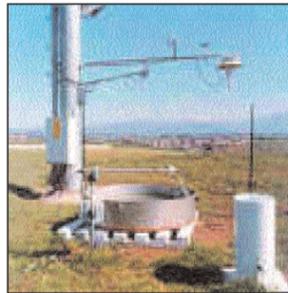


Figura 3a. Vasca evaporimetrica per la misura dell'evaporazione da una superficie standard satura.

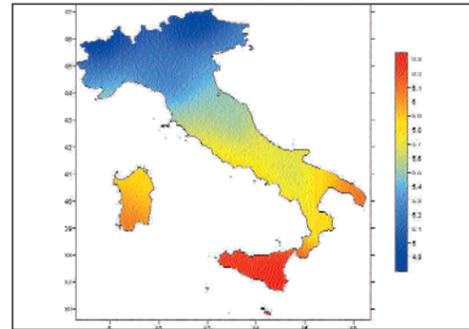


Figura 3b. Mappa dell'evapotraspirazione potenziale giornaliera media (mm g⁻¹). (3)

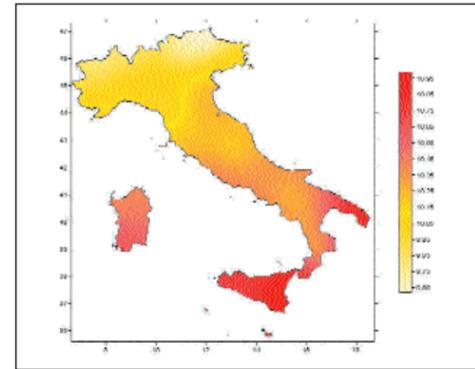


Figura 3c. Mappa dell'evapotraspirazione potenziale giornaliera media nel periodo estivo (mm g⁻¹).

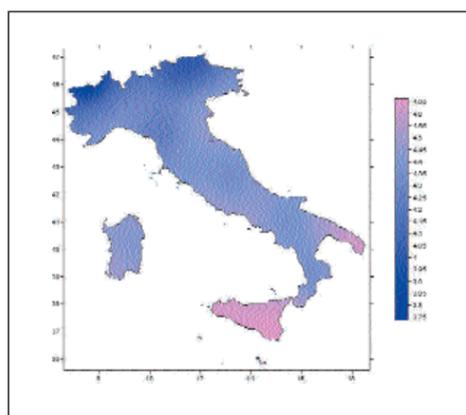


Figura 3d. Mappa dell'evapotraspirazione potenziale giornaliera media nel periodo primaverile (mm g⁻¹).

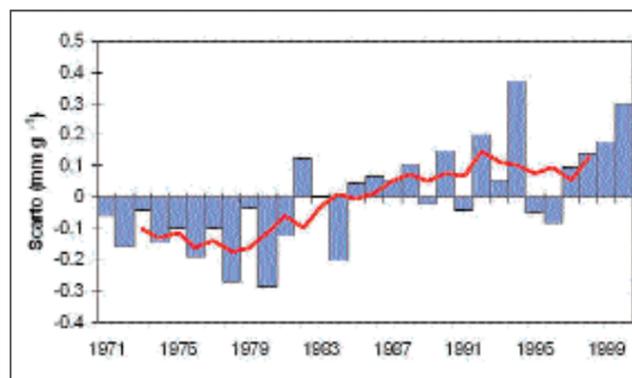


Figura 4a. Scarto dell'evapotraspirazione potenziale (ETP, mm g⁻¹) in Italia rispetto alla media del periodo 1971 - 2000.

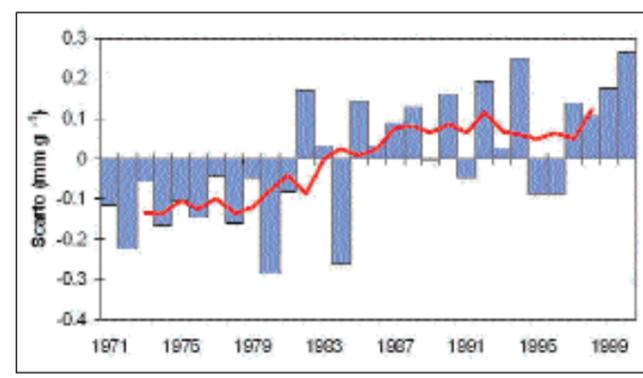


Figura 4c. Scarto dell'evapotraspirazione potenziale (ETP, mm g⁻¹) media annuale rispetto alla media del periodo 1971 - 2000 (staz. Vigna di Valle - centro Italia).

L'evapotraspirazione: variazioni nello spazio e nel tempo

L'ETP segue l'andamento della radiazione solare e della temperatura, per cui la sua ripartizione sul territorio italiano è fortemente influenzata dalla latitudine, dalla quota, dalla distanza dal mare, ecc. Come si può riscontrare infatti nelle figure 3 b, c e d le differenze di evapotraspirazione potenziale giornaliera fra l'Italia peninsulare e l'Italia settentrionale sono per l'intero anno del 17% e del 23% fra l'Italia insulare e quella settentrionale. Se poi si esamina la ripartizione per stagioni si può osservare che per i mesi primaverili l'Italia insulare ha una evapotraspirazione potenziale maggiore del 33% dell'Italia settentrionale. Per quanto riguarda poi la ripartizione all'interno delle singole aree, si può riscontrare come le coste e le regioni meridionali presentano il maggior regime di evapotraspirazione, mentre le aree con valori evaporativi minori siano rappresentate dalle regioni montane appenniniche ed alpine.

Nelle figure 4 a, b, c e d sono riportati gli scarti medi annuali dell'evapotraspirazione potenziale rispetto al valore medio del trentennio 1971-2000, di alcune stazioni caratteristiche delle diverse aree geografiche. In tutte e tre le aree esaminate (settentrionale, Trieste; centrale, Vigna di Valle; meridionale,

Brindisi) è ben evidente un *trend* positivo della ETP causato dai forti aumenti che nello stesso periodo si sono registrati nei regimi radiativi e termici (vedi cartelle della radiazione solare e temperatura).

Naturalmente la diversa entità dell'ETP nelle diverse aree comporta delle differenze sostanziali nella perdita di acqua dal suolo e dalle altre superficie evaporanti. Da ciò ne discende una suddivisione della penisola in aree con fabbisogni idrici ben differenziati sia dal nord al sud, sia dal mare ai monti, sia relativamente alla posizione dei rilievi rispetto alle masse di aria dominanti. □

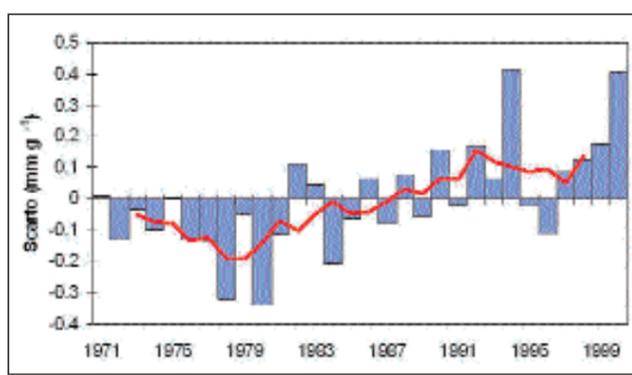


Figura 4b. Scarto dell'evapotraspirazione potenziale (ETP, mm g⁻¹) media annuale rispetto alla media del periodo 1971 - 2000 (staz. Trieste - nord Italia).

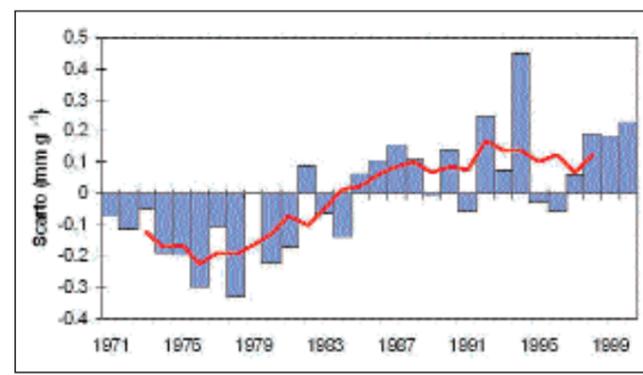


Figura 4d. Scarto dell'evapotraspirazione potenziale (ETP, mm g⁻¹) media annuale rispetto alla media del periodo 1971 - 2000 (staz. Brindisi - sud Italia).

NOTE

(1) I valori di radiazione solare sono stati ottenuti a partire dai valori misurati presso le stazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica.

(2) Il calcolo della radiazione solare globale è stato effettuato utilizzando il metodo di Angstrom.

(3) Il calcolo dell'ETP è stato effettuato utilizzando il metodo di Thornthwaite a partire dai valori di temperatura misurati presso le stazioni del servizio Meteorologico dell'Aeronautica.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., "La nuova cartografia di Monselice e relativo database", *Documenti del territorio*, anno XIV, n. 47, 2001.
- AA.VV., *Il Veneto nella cartografia. Evoluzione, produzione e utilizzazione della carta tecnica*, IUAV CIRCE, Padova, Il Poligrafo casa editrice, 2002.
- AMADIO G., "Il database DB_25 e la corrispondente nuova cartografia alla scala 1:25 000 serie 25 DB", in *Atti della II Conferenza Nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Bolzano, novembre 1998.
- AMADIO G., "La derivazione del DB_25 e relativa cartografia da database e cartografia numerica tecnica regionale: esperienze e prospettive", in *Atti della III Conferenza Nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Napoli, novembre 1999.
- AMADIO G., "La cartografia in forma raster", *Bollettino di Geodesia e scienze affini*, anno LI, Firenze, I.G.M., 1992, n. 3, pp. 227-242.
- ANTENUCCI J. C., BROWN K., CROSWELL P. L., KEVANY M., ARCHER H., *Geographic information systems: a guide to the technology*, London-New York, Chapman and Hall, 1995.
- ARCA S., "Roma e la rete trigonometrica nazionale", in CANTILE A. (A CURA DI), *Eventi e documenti diacronici delle principali attività geotopografiche in Roma*, Supplemento a *L'Universo*, a. LXXX, n. 6, Firenze, I.G.M., 2000, pp. 162-177.
- ARONOFF S., *Geographic information systems: a management perspective*, Ottawa, WDL Publications, 1993.
- ASCOLI G. I., "Per la toponomastica italiana", in *Archivio glottologico italiano*, supplementi periodici, Terza dispensa, 1895, p. 97.
- ATZENI P., CERI S., PARABOSCHI S., TORTONE R., *Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione*, London, McGraw-Hill, 2002.
- BELUSSI A., NEGRI M., PELAGATTI G., in "An integrity constraint driven system for updating spatial database", *8th ACM Symposium on advances in geographic information systems*, Washington, novembre 2000.
- BENVENISTE E., *Problemi di linguistica generale*, Milano, Il Saggiatore, 1971.
- BERNHARDSEN T., *Geographic Information Systems*, Arendal, Viak IT, 1992.
- BERTIN J., *Sémiologie graphique*, Paris, Mouton, 1967.
- BERTINO E., *Sistemi di basi di dati orientate agli oggetti*, Reading, Addison Wesley Masson, 1992.
- BIANCO F., *Le Terre del Friuli. La formazione dei paesaggi agrari in Friuli tra il XV e il XIX secolo*, Astrea (Mantova)-Cierre Edizioni (Verona), 1994.
- BONHAM-CARTER G. F., *Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS*, New York, Pergamon Press, 1994.
- BUCI-GLUCKSMANN C., *L'oeil cartographique de l'art*, Paris, Galilée, 1996.
- BUGAYEVSKIY L. M., SNYDER J. P., *Map projections: a reference manual*, London, Taylor and Francis, 1995.
- CAMPANA S., "Geografia storica, telerilevamento e tecnologia GIS: una rassegna bibliografica", in *Trame dello spazio. Quaderni di geografia storica e quantitativa del Laboratorio Informatico di Geografia*, Dipartimento di Storia, Università di Siena, 1, 2003, pp. 102-103.
- CANTILE A., "Sulla generalizzazione dei centri abitati nella carta topografica alla scala 1:25 000", *L'Universo*, anno LXXIII, n. 2, Firenze, I.G.M., 1993, pp. 209-224.
- CANTILE A., "Sulla nuova Carta topografica d'Italia alla scala 1:25 000", *L'Universo*, anno LXXI, n. 6, Firenze, I.G.M., 1991, pp. 802-810.
- CANTILE A., "Il tempo nelle carte, il tempo delle carte", in *Atti della VII Conferenza Nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Verona, ottobre 2003, pp. 28-31.
- CANTILE A., "Toponomastica ufficiale italiana: fonti legislative attuali e prospettive future", in *Atti del Convegno internazionale di studi "Toponimi e Antroponimi: Beni-documento e spie d'identità per la Lettura, la Didattica e il Governo del territorio"*, Salerno, 2003 (in corso di stampa).
- CARLÀ M., "La nuova carta d'Italia alla scala 1:50 000 in edizione definitiva", *Bollettino dell'A.I.C.*, n. 5, Firenze, 1965, pp. 11-19.
- CARLÀ M., "La nuova carta d'Italia alla scala 1:50 000 dell'I.G.M.", *Bollettino dell'A.I.C.*, n. 9, Firenze, 1967, pp. 13-20.
- CARRERA F., *City Knowledge*, Ph. D. Dissertation Proposal. MIT, 2002.
- CASSINIS G., "Per una carta d'Italia a grande scala", *Politecnico di Milano. Pubblicazione dell'Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria* n. 52, 1942.
- CASTI E., *L'ordine del Mondo e la sua rappresentazione. Semiosi cartografica e autoreferenza*, Milano, Unicopli, 1998.
- CASTI E., "Il paesaggio come icona cartografica", *Rivista Geografica Italiana*, CVIII, 2001, pp. 543-582.
- CHIGGIO R., "Segni convenzionali per i fogli 1:50 000 della carta d'Italia", *L'Universo*, anno LXV, n. 3, Firenze, I.G.M., 1985, pp. 408-416.
- CHORLEY R. P., BECKINSALE R. P., DUNN A. J., *The History of the Study of Landforms, II, The Life and Work of William Morris Davis*, London, Methuen, 1973.
- COCKCROFT S., "A taxonomy of spatial data integrity constraints", *Geoinformatica*, 1, 1997, n. 4.
- COMMISSIONE GEODETICA ITALIANA, *Norme proposte per la formazione di carte tecniche alle scale 1:5 000 e 1:10 000*, Firenze, I.G.M., 1973.
- COMMISSIONE GEODETICA ITALIANA, *La formazione di cartografie generali a grande scala (1:2 000, 1:1 000). Guida per le scelte tecniche ed economiche*, Milano, Editrice «Le Strade», 1974.
- COMUNE DI EMPOLI, *Empoli: città e territorio. Vedute e mappe dal '500 al '900*, Comune di Empoli, 2000.
- CORNA PELLEGRINI G., "Cartografia, Geografia e Immagine del cambiamento ambientale globale", *Rivista Geografica Italiana*, C, 1993, pp. 800-801.
- CORNA PELLEGRINI G., "Realtà, immagine e immaginazione nella carta geografica", *Bollettino della Società Geografica Italiana*, XI, vol. IX, 1993, pp. 185-190.
- COTTON W. R., ANTHES R. A., *Storm and cloud dynamics*, San Diego, Academic Press, 1989.
- DE DAINVILLE F., "De la profondeur à l'altitude. Des origines marines de l'expression cartographique du relief terrestre par côtes et courbes de niveau", *Internationale Jahrbuch für Kartographie*, II, 1962, p. 159, n. 1.
- DAVIS W. M., "Geography in the United States", *Amer. Geol.*, XXIII (1904), p. 166.
- DE GENNARO M., FONDELLI M., "La Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione del Veneto: l'aggiornamento dei dati geografici", in *Atti della VII Conferenza Nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Verona, 28-31 ottobre 2003.
- DEMATTEIS G., *Le metafore della Terra*, Milano, Feltrinelli, 1985.
- DIREZIONE GENERALE DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI, *Formazione delle mappe catastali ed impiego dei relativi segni convenzionali. Nuova istruzione di servizio*, Roma, Ministero delle Finanze, 1970.
- DIGITAL GEOGRAPHIC INFORMATION WORKING GROUP (DIGWIG), *The Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST)*, Edition 2.1, 2000.
- DYSON E., GILDER G., KEYWORTH G., TOFFLER A., "A Magna Carta for the Knowledge Age", *I-Ways*, XVIII, 1995, n. 2, pp. 60-1.
- EIGHTH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES, "Report of the Conference", New York, United Nations publication, 2002.
- EIGHTH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES, "Concise Gazetteer of Italian Geographical Names", prepared by SALVATORE ARCA, New York, United Nations publication, 2002.
- EIGHTH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES, "Toponymic Guidelines for Map Editors and Other Editors, Italy (revision)", prepared by ANDREA CANTILE, New York, United Nations publication, 2002.
- EIGHTH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES, "Multilingual Glossary of Geographical Features", prepared by GIOVANNI ORRÙ, New York, United Nations publication, 2002.
- ERRERA C., "Toponomastica ufficiale", *Rivista geografica italiana*, anno I, 1894, vol. I, pp. 364-365.
- FARINELLI F., "La cartografia della campagna nel Novecento", in GAMBÌ L., BOLLATI G. (A CURA DI) *Storia d'Italia*, VI, Atlante, Torino, Einaudi, 1976, pp. 626-654.
- FARINELLI F., *I segni del Mondo. Immagine cartografica e discorso geografico in età moderna*, Firenze, La Nuova Italia, 1992.
- FARINELLI F., "L'arte della Geografia", *Geotema*, 1, Bologna, Patron Editore, 1995.
- FARINELLI F., *Geografia: un'introduzione ai modelli del mondo*, Torino, Einaudi, 2003.
- FARINELLI F., "Veteris Forma Italiae", *Rivista Geografica Italiana*, CXI, 2004, p. 146.
- FERRANTI G., CIARAPICA A., FONDELLI M., VERCESI G., "Cartografia numerica integrata per le scale 1:2 000-1:5 000-1:10 000-1:25 000", in *Atti della VI Conferenza Nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Perugia, 5-8 novembre 2002.
- FIFTH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES, "Toponymic Guidelines for Map Editors and Other Editors: Italy", prepared by SANDRO TONIOLO, New York, United Nations publication, 1987.
- FONDELLI M., PASQUALIN M., POSOCCO F., ZOLLET L., *Cartografia numerica e informazione territoriale*, Mogliano Veneto, Arcari Editore, 1992.
- GAMBÌ L., "Critica ai concetti geografici di paesaggio umano", in *Una geografia per la storia*, Torino, Einaudi, 1973, pp. 148-174.
- GILLIES J., CAILLIAU R., *Com'è nato il Web*, Milano, Baldini e Castoldi, 2002.
- GOLDFINGER C., *La géofinance. Pour comprendre la mutation financière*, Paris, Seuil.
- GRANUCCI F., *Prontuario bibliografico di toponomastica italiana*, Dipartimento di linguistica dell'Università degli Studi di Firenze, 1988.
- HURRELL J. W., KUSHNIR Y., OTTERSEN G., VISBECK M., "The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact", *Geophysical Monograph Series*, 134, 2003.
- HUSSERL E., *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Milano, Il Saggiatore, 1961.

- IPCC-GROUP 1, *Climate change 2001: The Scientific Bases*, Cambridge, 2001.
- ISO/TC 211 - *Geographic Information/Geomatics, 19107: Spatial Schema*.
- ISO/TC 211 - *Geographic Information/Geomatics, 19114: Quality evaluation procedures*.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Commissione per la revisione della Carta d'Italia alla scala 1:100 000, Istruzioni generali (provvisorie) per gli Ufficiali revisori*, Firenze, I.G.M., 1910.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, "Intorno ad una eventuale carta fondamentale dello Stato nella scala 1:5 000", *L'Universo*, anno XXIII, n. 5, Firenze, I.G.M., 1942.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Segni convenzionali e norme sul loro uso, Vol. I: Cartografia alla scala 1:25 000*, Firenze, I.G.M., 1950.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Segni convenzionali e norme sul loro uso, Vol. II: Carte derivate*, Firenze, I.G.M., 1955.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Norme per l'esecuzione dei lavori aerofotogrammetrici alla scala 1:25 000 con metodo numerico (1a Fase: Operazioni preparatorie di campagna)*, Firenze, I.G.M., 1956.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Segni convenzionali e norme sul loro uso. Volume I: Cartografia alla scala 1:25 000*, Firenze, I.G.M., 1960.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Collezione dei testi tecnici, Segni convenzionali per i fogli della Carta d'Italia alla scala 1:50 000 e norme sul loro uso*, Firenze, I.G.M., 1984.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Collezione dei testi tecnici, Segni convenzionali per le sezioni della Carta d'Italia alla scala 1:25 000*, Firenze, I.G.M., 1986.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, *Norme sull'uso dei segni convenzionali per le sezioni della Carta d'Italia alla scala 1:25 000 Serie 25DB, Versione: 3.0.3*, Firenze, I.G.M., 2000.
- JONES C., *Geographical information systems and computer cartography*, Harlow, Longman, 1997.
- KADMAN NAFTALI, *Glossary of terms for the Standardization of Geographical Names*, New York, United Nations, 2002.
- KOLAKOWSKI L., *La filosofia del positivismo*, Bari, Laterza, 1974.
- KRZANOWSKI R. M., PALYLYK C. L., CROWN P. H., *Lexicon of terms for users of geographic information systems*, Fort Collins, GIS World Inc, 1995.
- LAURINI R., THOMPSON D., *Fundamentals of spatial information systems*, London, Academic Press, 1992.
- LICINI P., "L'enigma, l'etnia e la pergamena", *Geotema*, 1, Bologna, Patron Editore, 1995, pp. 77-78.
- LONGLEY P. A., GOODCHILD M. F., MAGUIRE D. J., RHIND B. W., *Geographic information systems and science*, Chichester, J. Wiley & Sons, 2001.
- MAC EACHREN A. M., *How maps work: representation, visualization and design*, New York, Guildford Press, 1995.
- MAGUIRE D. J., GOODCHILD M. F., RHIND D. W., *Geographical information systems: principles and application*, Harlow, Longman, 1991.
- MANZI E., "La cartografia storica", in RUOCCO D. (A CURA DI), *Cento anni di Geografia in Italia*, Collezione «Argomenti geografici», Novara, Istituto Geografico De Agostini, 2001, pp. 133-141.
- MARINELLI G., «Saggio di Cartografia della regione veneta», in *Monumenti Storici pubblicati dalla Regia Deputazione Veneta di Storia Patria*, serie IV, vol. I, Miscellanea, I, Venezia, Tipografia Naratovich, 1881, p. 21.
- MARINELLI O., "Alcune questioni relative al moderno indirizzo della geografia", *Rivista Geografica Italiana*, IX, 1902, pp. 234, 236.
- MARTIN D., *Geographic information Systems*, London-New York, Routledge, 1996.
- MCDONNELL R., KEMP K., *International GIS Dictionary*, Cambridge, GeoInformation International, 1995.
- MOELLERING H. (A CURA DI), *Spatial database transfer standars: current international status*, London-New York, Elsevier applied science, 1991.
- MOLENAAR M., *An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS*, London, Taylor & Francis, 1998.
- MORI A., *La cartografia ufficiale in Italia e l'Istituto Geografico Militare*, Stabilimento poligrafico per l'Amministrazione della guerra, Roma, 1922.
- OPENGIS PROJECT DOC. 02-078, *Geographic information framework-Data content standards*, apr. 2002 - www.opengis.org.
- PAROLI A., "Per una carta topografica in grande scala dell'intero territorio del Regno", *Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*, anno VIII, n. 2, 1941.
- PAROLI A., "Primi esperimenti per la formazione della Carta d'Italia in grande scala", *Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*, anno VIII, n. 6, 1941.
- "Quadro attuale della dotazione di cartografia di base delle Regioni e Provincie Autonome con cenni relativi ad altri prodotti", *Documenti del territorio*, Anno XIV, n. 47, 2001.
- PELAGATTI G., ROSSI M., "Modello dei dati di un database geografico e evoluzione della cartografia numerica", *MondoGIS*, dicembre 2002.
- PELLETIER M., *La Carte de Cassini. L'extraordinaire aventure de la Carte de France*, Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.
- PESCHEL O., *Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche*, Leipzig, Duncker u. Humblot, 1876.
- PEUQUET D. J., MARBLE D. F. (A CURA DI), *Introductory readings in geographic information systems*, London-New York, Taylor & Francis, 1990.
- PORRO C., *Relazione sui lavori della Commissione negli anni 1910-11-12-13*, Roma, 1913.
- QUAINI M., "La carta geografica. Un racconto speculare", *Rivista Geografica Italiana*, 101, 1994, pag. 321.
- QUAINI M., *Tra Geografia e Storia. Un itinerario nella geografia umana*, Cacucci, Bari, 2002.
- RAPER PETER E., *United Nations Documents on Geographical Names*, Pretoria, Name Research Institute, 1966.
- R. COMMISSIONE PER LA REVISIONE DELLA CARTA D'ITALIA, *Istruzioni generali per le indagini toponomastiche*, Firenze, I.G.M. 1936.
- RHEINGOLD H., *Smart mobs-tecnologie senza fili, la rivoluzione sociale prossima ventura*, Milano, Cortina, 2003.
- RITTER C., *Einleitung zur allgemeinen vergleichenden Geographie und Abhandlungen zur Begründung einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Erdkunde*, Berlin, Reimer, 1852, pp. 34-5.
- ROMBAI L., *Tradizione e innovazioni nei metodi della storia della cartografia*, ms dell'intervento alla tavola rotonda su questo tema al Convegno Internazionale di Studi «Mundus Novus. Amerigo Vespucci e i metodi della ricerca storico-geografica», a cura del Comitato Nazionale per le celebrazioni del Quinto Centenario del viaggio di Amerigo Vespucci (1501-1502), Roma-Firenze, 27-30 nov. 2002.
- ROMBAI L., *Geografia storica dell'Italia. Ambienti, territori, paesaggi*, Firenze, LeMonnier, 2002.
- ROSANVALLON P., *La démocratie inachevée*, Paris, Gallimard, 2000.
- SCHIVELBUSCH W., *Storia dei viaggi in ferrovia*, Torino, Einaudi, 1988.
- SCHLÜTER O., *Die Ziele der Geographie des Menschen*, München u. Berlin, Oldenbourg, 1906.
- SIEGEL D. J., *La mente relazionale. Neurobiologia dell'esperienza interpersonale*, Milano, Cortina, 2001.
- SURACE L., "Un esperimento di derivazione di cartografia a media scala da cartografia tecnica 1:5 000", *Bollettino della Società Italiana di Topografia e Fotogrammetria*, n. 3-4, 1982, pp. 43-49.
- SURACE L., "L'automazione nel rilievo fotogrammetrico alla scala 1:25 000: analisi di una ricerca sperimentale condotta presso l'I.G.M.", *Bollettino della Società Italiana di Topografia e Fotogrammetria* n. 2, 1985, pp. 9-21.
- TOMLINSON R., *Thinking about Gis*, Redlands, Esri Press, 2003.
- TONIOLO S., "Le Nazioni Unite e la normalizzazione dei nomi geografici", *Rivista geografica italiana*, settembre-dicembre 1983, pp. 481-502.
- TONIOLO S., "Principali esonimi italiani di endonimi europei", estratto dal n. 2/2001 de *L'Universo*, LXXXI, Firenze, I.G.M., 2001.
- TURRI E., *Antropologia del paesaggio*, Milano, Edizioni di Comunità, 1974.
- VERGNEAULT-BELMONT F., *L'Oeil qui pense. Méthodes graphiques pour la recherche en sciences de l'homme*, Paris, L'Harmattan, 1998.
- VIDAL DE LA BLACHE P., "La Carte de France au 50 000", *Annales de Géographie*, XIII (1904), p. 120.
- VIDAL DE LA BLACHE P., *Principes de Géographie Humaine*, Paris, Colin, 1922.
- WALKER R. (A CURA DI), *AGI Standards Committee GIS Dictionary*, Association for Geographic Information, 1993.
- WEBER, *Il metodo delle scienze storico-sociali*, Torino, Einaudi, 1951.
- WEISSBERG J. L., "Le compact réel-virtuel", in AA.VV., *Les Chemins du Virtuel*, Paris, Centre Georges Pompidou, 1989, p. 16.
- WIENER N., *The Uman Use of Human Beings*, Boston, Houghton Mifflin, 1954.
- WORBOYS M. F., *GIS: a computing perspective*, London, Taylor & Francis, 1995.
- ZEILER M., *Modeling our world*, Esri Press, 1999.

