

ANTONIO VEGGIANI

L'OTTIMO CLIMATICO MEDIEVALE IN EUROPA.
TESTIMONIANZE LUNGO LA FASCIA COSTIERA
PADANO-ADRIATICA

INTRODUZIONE

È noto che dopo l'ultima grande glaciazione svoltasi tra 75.000 e 10.000 anni fa, ha avuto inizio l'Olocene, un periodo geologico caratterizzato da fluttuazioni climatiche di più modesta entità ma che hanno avuto comunque una grande influenza sugli ambienti fisici e biologici nonché sulle stesse attività antropiche (1). In base alle indagini sui ghiacciai, sui pollini fossili racchiusi nei sedimenti, sullo spessore degli anelli di crescita annuale degli alberi (dendrocronologia), sulle datazioni dei resti organici fossili mediante i radioisotopi (Carbonio-14), sui dati archeologici e storici è stato possibile ricostruire il susseguirsi delle vicende climatiche di quest'ultimo periodo. A fasi calde e secche si alternarono fasi fredde e umide. La fase più calda svoltasi tra il 5.000 e il 3.000 a.C. è stata denominata *Optimum Climatico* o *Ottimo Climatico Postglaciale*, fase in cui si svilupparono le culture neolitiche. La temperatura dell'emisfero settentrionale si innalzò in media di 2°-3° rispetto a quella attuale e di conseguenza anche i mari, a seguito dello scioglimento dei ghiacciai, elevarono il loro livello medio di qualche metro rispetto a quello attuale.

Un'altra fase calda, detta *Optimum Climatico Medievale* oppure *Ottimo Climatico Medievale* ed anche *Piccolo Ottimo Climatico*, si svolse tra l'VIII e il XIII sec. Questa fase calda faceva seguito ad un periodo di deterioramento climatico che secondo la cronologia del ghiacciaio di Fernau nel Tirolo si svolse tra il 400 e il 750 d.C. con punte massime intorno al 600 d.C. Le risposte fisiche, caratterizzate da sovralluvionamenti degli al-

(1) M. PINNA, *La storia del clima. Variazioni climatiche e rapporto clima-uomo in età post-glaciale*, «Memorie della Società Geografica Italiana», 36 (1984), 264 pp.

vei fluviali e variazioni nella rete idrografica, indotte da questa fase fredda e umida, sono state individuate anche in Romagna (2). Nella presente nota si illustrano sia le risposte fisiche, sia le risposte biologiche che si ritiene siano state indotte anche dall'ottimo climatico medievale lungo la fascia costiera adriatica tra Cattolica, Rimini, Cervia, Ravenna e Venezia.

I LIMITI CRONOLOGICI

I limiti dell'ottimo climatico medievale al quale si attribuiscono numerosi fenomeni, quali l'estendersi della coltura della vite dai paesi mediterranei verso il bassopiano germanico e nell'arcipelago britannico o lo sviluppo dei Vichinghi, una popolazione scandinava che andò a colonizzare la Groenlandia e l'Islanda liberatesi in parte dai ghiacciai (3) restano ancora non ben definiti. La cronologia più valida è quella ricavata con lo studio delle oscillazioni della fronte del ghiacciaio di Fernau nel Tirolo che mettono in evidenza un ritiro tra il 750 e il 1150 d.C.

Il piccolo ottimo climatico, che si estese da un capo all'altro dell'emisfero settentrionale, influì notevolmente su vari ambienti. Nella Baia di Hudson nel Canada sono stati scoperti i resti di una foresta fossile situata a 25-40 ed anche 100 chilometri a nord dell'attuale limite delle foreste. La datazione eseguita con il radiocarbonio ha rivelato un'età variabile dall'870 al 1140 d.C. È stato supposto che questo stesso periodo sia stato accompagnato da siccità nell'Europa occidentale, ma non emergono elementi dalle ricerche, per esempio, sulle torbiere. Lo studio delle torbiere infatti permette di riconoscere gli episodi umidi per la comparsa nella stratigrafia di superfici di ricorrenza che corrispondono a una recrudescenza nella crescita di sfagni. È risultato così che nelle torbiere tedesche, sulla base di datazioni radiometriche, le superfici di ricorrenza si presentano principalmente, per quanto riguarda l'era volgare, fra il 400 e il 700 e nel 1200 (4). Non sembra che nei secoli IX-XII ve ne siano state di asciutte e miti. L'interpretazione di questi livelli è delicata, perché possono corrispondere sia ad una temporanea e violenta inondazione, sia ad una effettiva fase di piovosità accentuata. L'impaludamento, la persistenza di acquitrini e la difficoltà di scolo in una fascia costiera possono anche essere una conseguenza dell'innalzamento del livello medio marino a seguito dello svolgersi di un periodo caldo con scioglimento in parte dei ghiacciai.

(2) A. VEGGIANI, *Prove di un ciclo climatico di piovosità nell'alto medioevo nel Cesenate*, «Studi Romagnoli», 30 (1979), pp. 87-101; *id.*, *Degrado ambientale e dissesti idrogeologici indotti dal deterioramento climatico nell'alto medioevo in Italia. I casi riminesi*, «Studi Romagnoli», 34 (1983), pp. 123-146.

(3) E. LE ROY LADURIE, *Tempo di festa, tempo di carestia. Storia del clima dall'anno mille*, Torino 1982, pp. 287-297.

(4) *Ibid.*, p. 288-289.

Quest'ultimo esempio potrebbe ritrovarsi nelle oscillazioni a lungo termine della umidità superficiale della torbiera di Bolton Fell Moss a nord-est di Carlisle ai confini tra l'Inghilterra e la Scozia. Qui infatti viene segnalato un periodo più umido della torbiera tra il 900 e il 1100 d.C. (5).

Significativi anche gli studi sulla diffusione del faggio nell'Europa di nord-ovest. È stato accertato che nel primo millennio dell'era volgare si sono avuti tre periodi di diffusione di quella specie arborea: dal 130 ± 100 al 220 ± 120 , dal 500 ± 110 al 750 e dal 1090 ± 90 al 1200 . Queste fasi di espansione corrispondono a periodi di clima piovoso; durante i periodi più secchi il faggio cede il posto ad altre specie arboree (6).

I maggiori benefici del piccolo ottimo climatico medievale si riscontrarono nelle regioni dell'Europa settentrionale. Il ritiro dei ghiacciai, a seguito dell'innalzamento della temperatura, è documentato anche alle Isole Svalbard nel Mare Glaciale Artico (7). Nelle isole baltiche, nel sud della Svezia e nella Norvegia di sud-ovest, dove vi era stata una intensa attività antropica durante il periodo romano fino al 500 d.C. e successivamente, tra il 500 e l'800 d.C. un abbandono, si ha di nuovo una forte espansione antropica durante l'epoca vichinga (800-1100) e il medioevo fino al 1300 (8).

Più dettagliate informazioni si sono avute con l'esecuzione nel 1966 di un carotaggio continuo a Camp Century entro la calotta glaciale della Groenlandia. La carota di ghiaccio ottenuta per una lunghezza di 1390 metri, è stata datata nelle sue varie parti sulla base della velocità di accumulo del ghiaccio, 35 centimetri l'anno, e della velocità alla quale il ghiaccio stesso è stato compresso sotto il peso degli strati soprastanti. Su di essa sono state effettuate ricerche sul contenuto di isotopi stabili di ossigeno da parte di W. Dansgaard e altri autori (9). Infatti quando di un elemento esistono in natura più isotopi stabili, le loro relative proporzioni variano in occasione di ogni passaggio di fase e queste variazioni sono in parte controllate dalla temperatura. Su questo principio si basa il più importante metodo geochimico di valutazione paleoclimatica, detto della composizione isotopica dell'ossigeno. Di questo elemento esistono in natura tre isotopi stabili, O-16, O-17, O-18. Il primo è di gran lunga il più comune, segue poi l'O-18 mentre l'O-17 è presente in quantità trascurabile. Il rapporto O-18/O-16 varia nei passaggi di fase, in particolare nella evaporazione e

(5) H.H. LAMB, *Climate and history in Northern Europe and elsewhere*, in: N.A. Mörner e W. Karlén (Eds.), «*Climatic changes on a yearly to millennial basis*», D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht 1984, pp. 225-240; cf. pp. 229-230; P. ALEXANDRE, *Le climat en Europe au Moyen Age*, Édit. École Sc. Soc., Paris 1987, cf. pp. 798-801.

(6) ALEXANDRE, op. cit., pp. 798-800.

(7) S. BARONOWSKI - W. KARLÉN, *Remnants of wiking age tundra in Spitsbergen and Northern Scandinavia*, «*Geografiska Annaler*», 58 A (1976), n. 1-2, pp. 35-40.

(8) B. AMBROSIANI, *Settlement expansion - settlement contraction: a question of war, plague, ecology or climate?*, «*Climatic changes*», cit., pp. 241-247.

(9) LE ROY LADURIE, op. cit., pp. 293-297.

condensazione dell'acqua ed è pertanto controllato dalla temperatura. Di conseguenza esaminando il rapporto O-18/O-16 ottenuto per i vari campioni di ghiaccio prelevati, si possono trarre indicazioni sulla temperatura presente all'epoca della loro formazione (10).

Le rilevazioni effettuate nei 470 metri della parte superiore della carota di ghiaccio di Camp Century hanno permesso di accertare che il clima in Groenlandia, pur fluttuando, era più caldo prima del 1130 d.C. e più freddo dopo questa data (fig. 1). Si nota comunque che fra il 340 e il 620 d.C. vi è stato un episodio freddo, che è quello che è stato accertato anche con lo studio delle fluttuazioni della fronte del ghiacciaio di Fernau nel Tirolo (con una avanzata tra il 400 e il 750 d.C.). Anche nel periodo più caldo registrato nella carota di ghiaccio di Camp Century, tra il 620 e il 1130 d.C. entro il quale viene a cadere l'ottimo medievale, si notano comunque pulsazioni meno calde con punte massime intorno agli anni 740, 940 e 1030 (fig. 1).

Indagando nelle cronache storiche si possono trovare le prove di quanto rilevato nella carota di ghiaccio della Groenlandia. Balza subito in evidenza il periodo di dissesti ambientali del 1031-1033 descritti dal monaco borgognone Rodolfo il Glabro che completò le sue storie verso il 1048 a Cluny, sotto il periodo abbaziale di Sant'Odilone, storie ampiamente valorizzate da Georges Duby (11). Rodolfo il Glabro, parlando di quei tre anni che precedettero il millenario della Passione del Signore, insiste sul fatto che le condizioni climatiche sono così cattive che non si trova il tempo favorevole per la semina, né per il raccolto. L'inevitabile conseguenza di questa anomalia è la carestia che colpì in quegli anni il bacino del Mediterraneo e l'Europa. Vengono pure segnalati numerosi casi di cannibalismo. Dopo questa punta di deterioramento climatico, si ritornò poi a condizioni ottimali, come risulta dal racconto dello stesso Rodolfo il Glabro (12).

(10) G. OROMBELLI, *La paleoclimatologia: brevi cenni introduttivi*, «Atti del Primo Convegno di Meteorologia Appenninica, Reggio Emilia, 7-10 aprile 1979», pp. 589-611, cf. pp. 589-603.

Con riferimento alla fig. 1, i tratti più negativi nel rapporto O-18/O-16 rappresentano i periodi più freddi. Una temperatura minore al momento della formazione porta ad un diminuito contenuto di O-18 nella pioggia o neve.

(11) G. DUBY, *L'anno mille. Storia religiosa e psicologia collettiva*, Torino 1976.

(12) Molti passi di Rodolfo il Glabro relativi al periodo di crisi del 1031-1033 e del ritorno poi a condizioni climatiche ottimali sono riportati in DUBY, op. cit., cf. pp. 91-93: «Le condizioni atmosferiche si fecero così sfavorevoli, che per nessuna semina si trovava il tempo propizio, né c'era modo di fare i raccolti, soprattutto a causa delle inondazioni. Si sarebbe detto che gli elementi ostili si davano battaglia, senza dubbio per fare vendetta dell'insolenza degli uomini. Piogge continue avevano talmente inbevuto tutta la terra, che per tre anni non si poterono scavare solchi atti a ricevere le sementi... Questa sterilità vendicatrice aveva preso l'avvio nelle contrade d'Oriente; devastando la Grecia, arrivò in Italia; di lì si riversò nella Gallia e raggiunse l'Inghilterra... Cosa che raramente capitò di udire nel corso dei secoli, una fame rabbiosa spinse gli uomini a divorare carne umana».

Anche dal diagramma degli scarti di temperatura rispetto ad una media per gli ultimi mille anni, diagramma ricostruito da P. Rognon per l'Islanda tenendo conto dei dati storici sui ghiacci, si notano per il periodo 900-1200 oscillazioni molto calde intervallate da oscillazioni fredde (13). Queste ultime, però, si mantengono al di sopra di quelle verificatesi durante la piccola età glaciale, un periodo particolarmente critico per quanto riguarda il clima e che si svolse tra il 1550 e il 1850 (fig. 2).

È stato fatto notare che le fluttuazioni del clima, sia in senso freddo e umido, sia in senso caldo e secco, si riscontrano per ugual periodi di tempo in vaste parti dell'emisfero settentrionale. A tal proposito sono significative le correlazioni tra i livelli del lago Ciad nella fascia africana del Sahel (fig. 3) elaborati da J. Maley e le temperature in Islanda (fig. 2). In effetti al raffreddamento in Europa in occasione della piccola età glaciale corrispondono in Africa periodi di livelli alti del lago Ciad mentre a periodi caldi in Europa corrispondono livelli bassi dello stesso lago (14).

Esaminando inoltre il numero delle annate piovose e con grandi alluvioni nel lungo periodo redatto per l'Italia da H.H. Lamb per un migliaio di anni (fig. 4), dal 350 a.C. al 1300 d.C., si nota che in corrispondenza dell'ottimo climatico medievale, 750-1150, si ha solo una punta massima attorno agli anni 850-900 (15). Vi sono indicazioni che i periodi secchi che appaiono così marcati in Italia tra il 300 e il 450 d.C. e successivamente attorno all'800 e tra il 900 e il 1000 hanno interessato vaste regioni in Europa e in Asia tra il 35° e il 55° di latitudine Nord. Il mar Caspio si trovò nei suoi livelli più bassi degli ultimi duemila anni intorno al 300 d.C. e poi nell'800. Queste due epoche corrispondono anche ai tempi di abbandono degli insediamenti lungo la via del Turchestan Cinese che collegava la Cina con l'Occidente (16).

Anche gli studi di dendrocronologia e dendroclimatologia si trovano in accordo con i dati fino qui illustrati per quanto riguarda l'ottimo climatico medievale ed anche per la piccola età glaciale. Correlazioni sono possibili anche con i territori della Lapponia nella parte più settentrionale della Svezia. Infatti attorno al lago di Torneträsk si trovano pini di età di seicento anni ed inoltre è possibile rinvenire tronchi di alberi abbattuti durante l'età vichinga. È stato così possibile ricostruire dal 436 d.C. ad oggi una curva standard dendrocronologica per il pino (fig. 5) dove sono riportate

Dopo questa terribile carestia le piogge dirette si quietarono: «Tutta la superficie della terra si coprì di un'amabile verzura e di un'abbondanza di frutti che bandì completamente la carestia... Lo stesso anno il grano, il vino e gli altri frutti della terra, furono tanti abbondanti che non se ne poté sperare un'uguale quantità per tutti i cinque anni successivi... Il secondo, il terzo e il quarto anno la produzione non fu minore».

(13) Y. TARDY, *Le cycle de l'eau. Climats, paléoclimats et géochimie globale*, Paris 1986, pp. 234-235.

(14) *Ibid.*, p. 235.

(15) LAMB, *Climate. Present, past and future*, London 1977, pp. 426-427.

(16) LAMB, *Climate. Present, cit.*, p. 428.

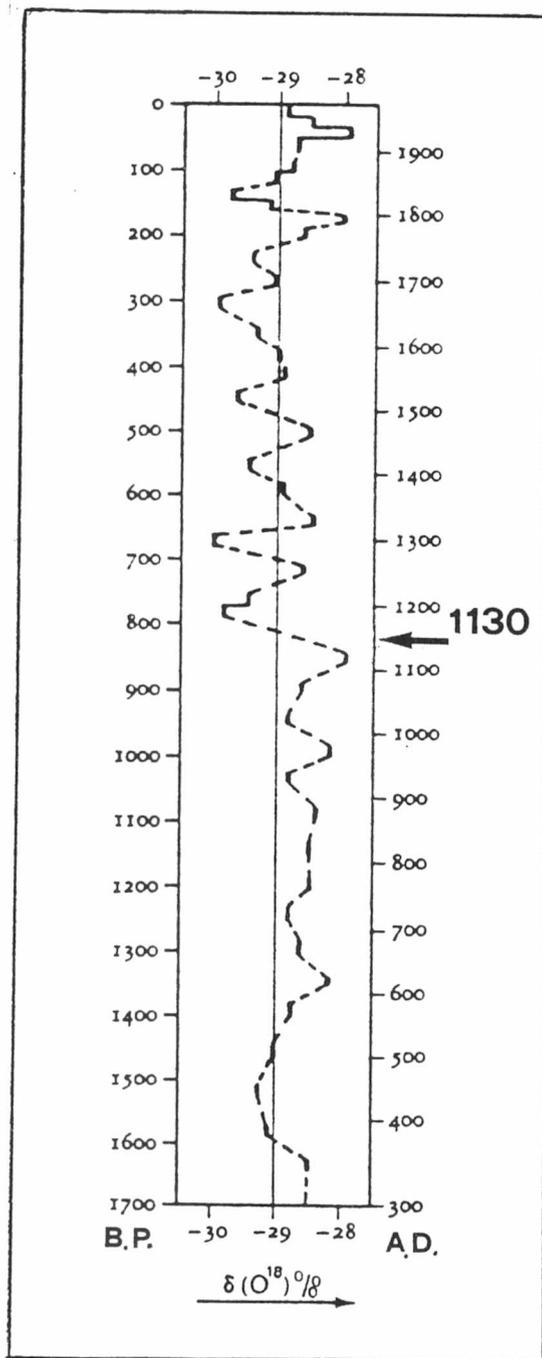


Fig. 1 - Variazioni del rapporto isotopico O-18/O-16 nella parte superiore di una carota di ghiaccio prelevata a Camp Century (Groenlandia) in funzione dell'età calcolata (dal 300 d.C. ad oggi) del ghiaccio stesso. I tratti di curva più negativi rappresentano i periodi più freddi.

Da DANSGAARD in LE ROY LADURIE, 1982.

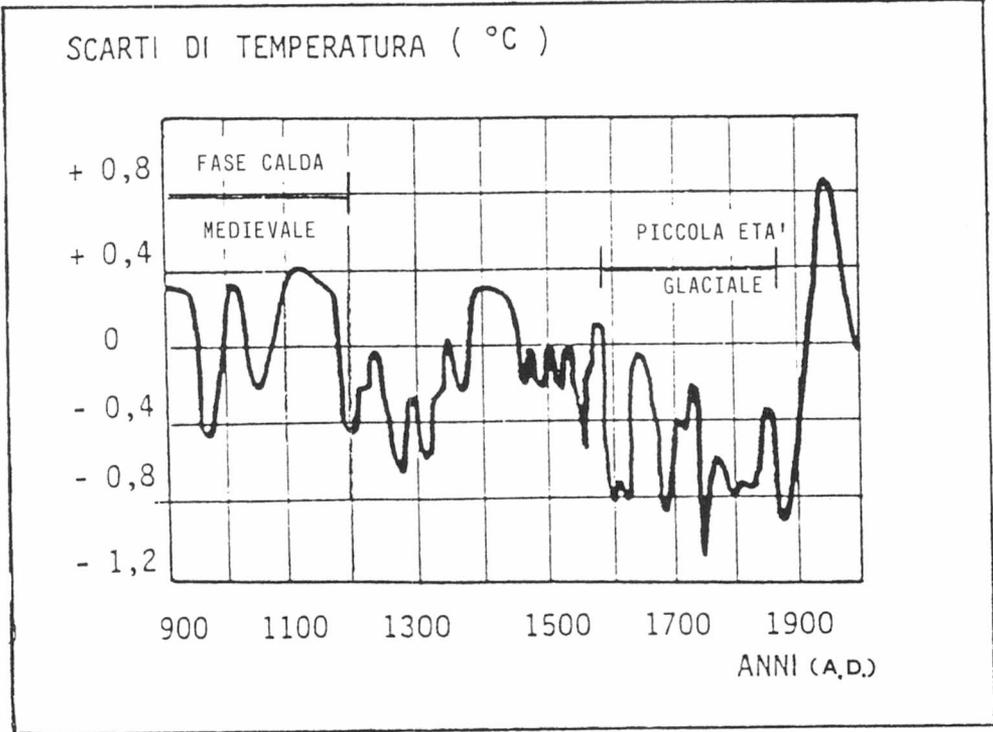


Fig. 2 - Fluttuazioni della temperatura nell'ultimo millennio in Islanda, sotto forma di scarto dalla media, ricostruite tenendo conto dei dati storici sulla presenza dei ghiacci nei mari circostanti.
Da ROGNON in TARDY, 1986.

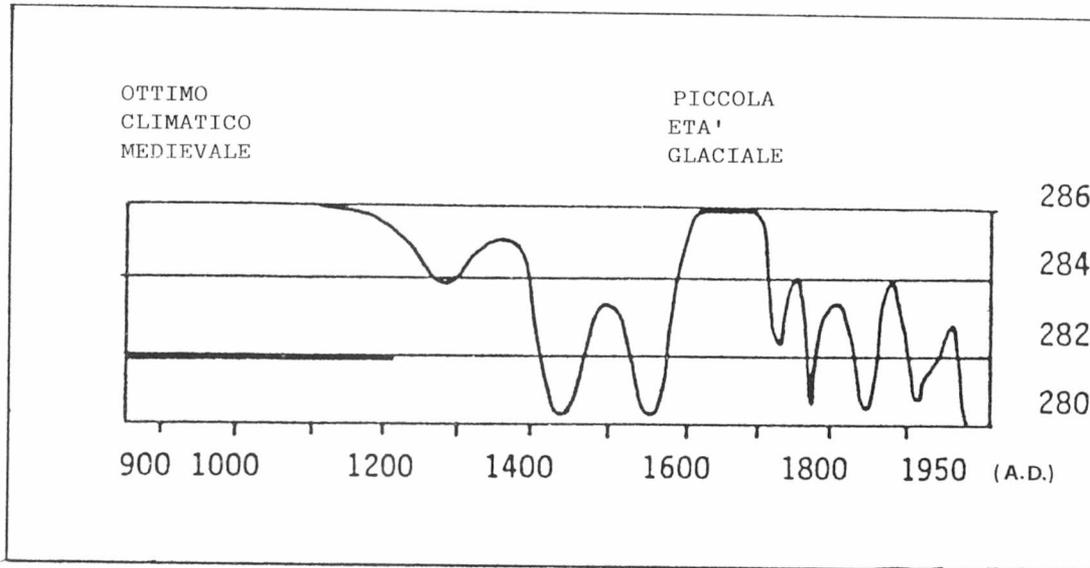


Fig. 3 - Fluttuazioni del livello del lago Ciad nell'ultimo millennio.
Da MALEY in TARDY, 1986.

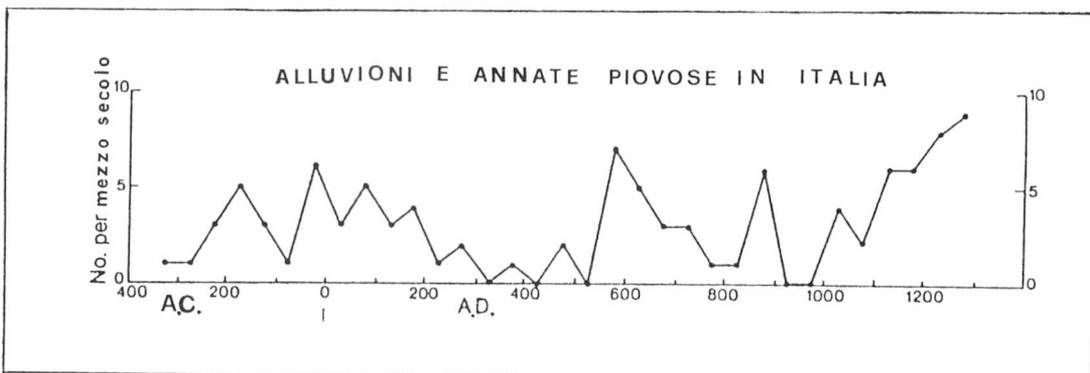


Fig. 4 - Alluvioni e annate piovose in Italia dal 350 a.C. al 1300 d.C.
Da LAMB, 1977.

nelle ordinate le larghezze, espresse in millimetri, degli anelli di accrescimento delle piante, e nelle ascisse gli anni. Generalmente un anno buono produce un anello largo e spesso, mentre un anno cattivo produce un anello sottile e talvolta appena segnato. Dalla curva standard si nota che nelle fasi calde dell'ottimo climatico medievale si hanno i valori più grandi, mentre nelle fasi più fredde si hanno i valori più piccoli. Per quanto riguarda la curva della regione di Törneträsk, i valori più bassi sono stati raggiunti negli anni 1601, 1642 e 1645, tre volte quindi nel corso di un cinquantennio (17).

È stato comunque fatto notare che per quanto riguarda le regioni dell'estremo nord della Svezia, il periodo più alto della linea limite dell'espansione del bosco coincide con il periodo tra il 950 e il 1140 d.C. in cui si hanno i valori più larghi degli anelli di accrescimento (18). Questo periodo, come si è già detto, viene a cadere in corrispondenza dell'ottimo climatico medievale (fig. 5).

Le ricerche più recenti effettuate su fonti storiche dall'anno 1000 al 1425 e sulla base di studi sulle variazioni del ghiacciaio dell'Aletsch in Svizzera, tenderebbero a collocare l'ottimo climatico medievale non più entro il periodo 800-1200 ma piuttosto entro il periodo 900-1300 (19). Nello stesso tempo, però, viene fatto presente che essendo il ghiacciaio dell'Aletsch il più importante della catena alpina, esso reagisce con più lentezza, 30 o 40 anni, alle variazioni climatiche, a differenza di altri ghiacciai alpini meno estesi e più piccoli e con reazioni più rapide, entro 5 o 10 anni. Comunque si registrano per il ghiacciaio dell'Aletsch, sulla base di datazioni al Carbonio-14 di resti di piante insediatesi in vicinanza della sua fronte e poi travolte da successive avanzate, due importanti espansioni che culminano verso il 900 e verso il 1360. Si potrebbe obiettare che l'avanzata che culminò attorno al 900 altro non è che una delle oscillazioni fredde che sono già state segnalate per altre vie entro l'ottimo climatico medievale. Per quanto riguarda invece la fase culminante del 1360, andrebbe già collocata nel deterioramento climatico che, come risulta dallo studio della carota di Camp Century, inizia dopo il 1130 e che avrà poi le sue fasi più critiche nella piccola età glaciale.

La tendenza a spostare la fase massima dell'ottimo climatico medievale verso i secoli XII e XIII risulta anche dagli studi su un isotopo radioattivo del carbonio, il Carbonio-14 che viene assimilato dalle foglie degli alberi come biossido di carbonio per mezzo della fotosintesi clorofilliana e con riferimento all'attività del sole. Questo isotopo radioattivo viene depositato nella polpa legnosa che si forma ogni anno durante la crescita

(17) T.S. BARTHOLIN, *Dendrochronology in Sweden*, «*Climatic changes*», cit., pp. 261-262.

(18) W. KARLÉN, *Dendrochronology, mass balance and glacier front fluctuations in Northern Sweden*, «*Climatic changes*», cit., pp. 263-271.

(19) ALEXANDRE, op. cit., pp. 793-803.

di una pianta. La quantità di radiocarbonio presente nell'atmosfera e che viene ogni anno assimilata dagli alberi, varia con il tempo e uno dei fattori che genera queste variazioni è il sole (20). Infatti il radiocarbonio si forma negli strati superiori dell'atmosfera terrestre per azione dei raggi cosmici galattici ad alta energia che raggiungono la Terra da tutte le direzioni dello spazio. Quando il sole è più attivo e il numero delle macchie solari è più elevato, il campo magnetico solare che in questa fase risulta più ampliato, scherma la terra di una certa quantità di raggi cosmici provocando di conseguenza una diminuzione della quantità di radiocarbonio prodotto. Il contrario avviene quando il sole è meno attivo e si riduce il numero di macchie solari.

Misurando la quantità di radiocarbonio contenuto nel legno degli anelli meristemati degli alberi che sono stati datati con la dendrocronologia, si è in grado di valutare le condizioni del sole nell'anno in cui si è formato un determinato anello meristemato. Considerando che vi sono serie dendrocronologiche che abbracciano gli ultimi ottomila anni, è stato possibile ricostruire la storia dell'attività solare dall'età neolitica ad oggi. Anche se il radiocarbonio si forma negli strati superiori dell'atmosfera terrestre e si ha un certo ritardo prima che giunga al suolo dove vivono gli alberi, dati i lenti e complessi processi di diffusione verticale, dovrebbero comunque emergere le prove dei cambiamenti a lungo periodo dell'attività solare, come ad esempio il Minimo di Maunder dell'età moderna, tra il 1645 e il 1715, accertato quando già era stato scoperto il telescopio che permetteva la visione diretta delle macchie solari. Minimi simili a quello di Maunder, al quale corrisponde un incremento nella quantità di radiocarbonio assorbito dalle piante, ne sono stati trovati diversi nell'esaminare la serie dendrocronologica degli ultimi millenni. Risultano anche valori di massimo (21).

La storia della concentrazione relativa di radiocarbonio ricostruita dalle analisi degli anelli meristemati, è stata rappresentata in diagramma dove sulle ordinate vengono riportate le concentrazioni di Carbonio-14 in rapporto al Carbonio-12 in parti per mille e in ascisse gli anni (fig. 6).

Per il fatto che gli anni del Minimo di Maunder coincidono con un periodo freddo della piccola età glaciale, si è preso questo minimo come indice di una anomalia storicamente documentata nell'attività solare al fine di usarla come prova vicariante relativa ai periodi più lunghi della storia del sole desunti con l'analisi al radiocarbonio degli anelli meristemati. Si è fatto notare anche che un livello alto di attività solare, chiamato Massimo medievale, compare nel diagramma nel sec. XII (fig. 6, punto 4) e

(20) J.A. EDDY, *Il clima e il ruolo delle condizioni solari*, in: R.I. Rotberg e T.K. Rabb (a cura di), «*Clima e storia*», Milano 1984, pp. 170-197.

(21) EDDY, *The sun since the Bronze Age*, «*Physics of solar planetary Environments. Proceedings of the International Symposium on Solar-Terrestrial Physics, June 7-18, 1976, Boulder, Colorado*», vol. 2, pp. 958-972.

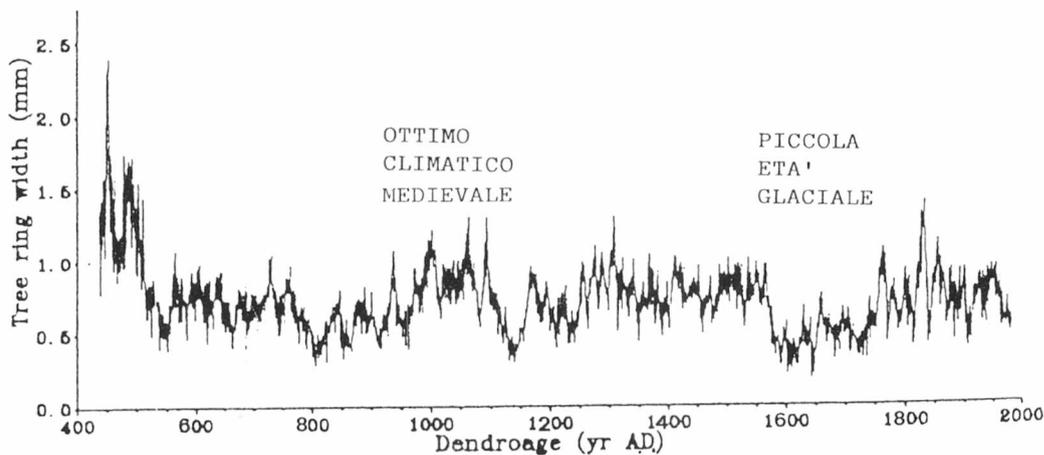


Fig. 5 - Curva dendrocronologica standard per la Svezia settentrionale dal 436 d.C. ad oggi.
Da BARTHOLIN, 1984.

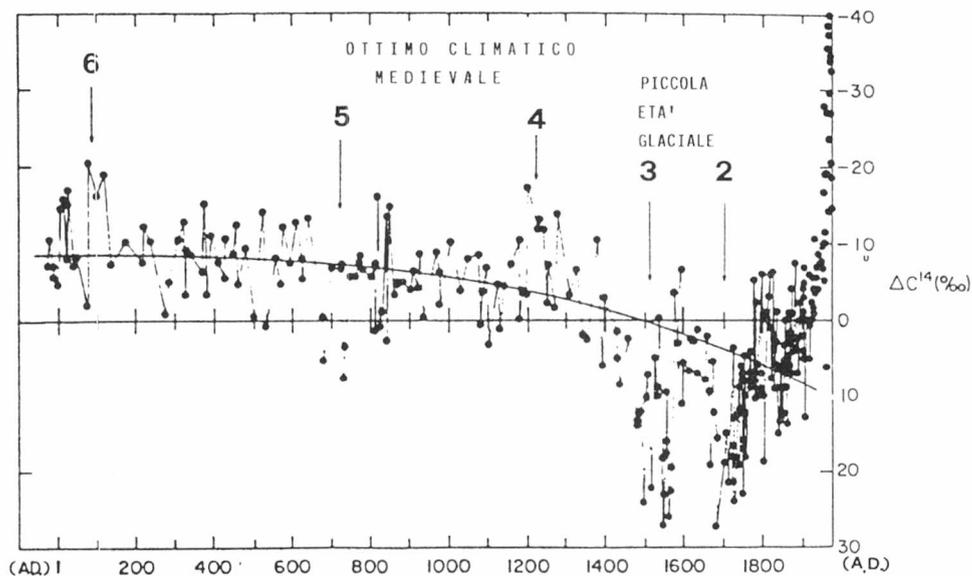


Fig. 6 - Serie storica delle concentrazioni di C-14 rispetto a C-12, in parti per mille, dell'ultimo millennio ricostruite dalle analisi degli anelli meristematici.
Sono indicate con frecce e numeri le escursioni massime e minime più significative riportate in fig. 7.
Da EDDY, 1976.

che questo massimo coincide con una fase climatica calda nota appunto come ottimo climatico medievale.

Diciotto sono le variazioni dell'attività solare simili al Minimo di Maunder o al Massimo medievale che nel tentativo eseguito da J.A. Eddy, esteso a 7.500 anni di storia, è stato possibile identificare mediante la documentazione fornita dal radiocarbonio contenuto negli anelli meristemati.

È molto sorprendente il fatto, già messo in evidenza da J.A. Eddy, della coincidenza tra i minimi dell'attività solare e l'avanzata dei ghiacciai e i massimi con la contrazione dei ghiacciai stessi, confermando così una netta correlazione con le fluttuazioni climatiche verificatesi nell'Olocene (22).

Negli ultimi 5.000 anni compaiono dodici variazioni dell'attività solare tra cui sei massimi e sei minimi (fig. 7). Per quanto riguarda in particolare gli ultimi 2.000 anni, sono da segnalare oltre il Minimo di Maunder (fig. 6, punto 2), il Minimo di Spörer tra il 1400 e il 1510 (fig. 6, punto 3), e il Minimo medievale tra il 640 e il 710, mentre tra i massimi compaiono oltre il Massimo medievale (fig. 6, punto 4), indicato tra il 1120 e il 1280, il Massimo romano (fig. 6, punto 6) ricadente tra il 20 a.C. e l'80 d.C. (23).

Si può concludere comunque che anche sulla base di queste ricerche particolari, compare un periodo caldo medievale che si inquadra tra quelli individuati con altri metodi. Il fatto che sia stato indicato il periodo 1120-1280, un po' troppo avanzato rispetto alla media di quelli comunemente noti e descritti, si può giustificare sia con il ritardo che si ha tra la formazione del radiocarbonio nei livelli alti dell'atmosfera e il suo assorbimento al livello del suolo dove vivono le piante, sia con gli errori di cui sono affette le datazioni al C-14. Se si vogliono però escludere queste ipotesi si può allora ritenere che si tratti di un'altra fase calda, distinta da quella che culminò intorno al mille. Questa oscillazione in senso caldo denominata Massimo medievale che appare nella curva del rapporto C-14/C-12 risulta anche nella curva del rapporto O-18/O-16 ricavata con lo studio della carota di ghiaccio di Camp Century. Qui appare infatti una punta in senso caldo intorno al 1250 (fig. 1). Questa fase calda potrebbe inoltre essere responsabile dell'innalzamento del livello medio marino documentato per la

(22) G.L. SISCOE, *Solar-terrestrial influences on weather and climate*, «Nature», 276 (1978), pp. 348-352.

(23) Nella fig. 6 sono stati riportati i valori del rapporto C-14/C-12 in parti per mille dall'era volgare ad oggi. Le quote più abbondanti di radiocarbonio sono rappresentate lungo il tratto di curva discendente rispetto alla normale del 1890 indicata dalla linea orizzontale passante per il valore zero.

Nel diagramma comprendente gli ultimi 7.500 anni di storia costruito da J.A. Eddy, la curva continua figura come una sinusoide che segue con notevole precisione i documentati cambiamenti delle forze del campo magnetico terrestre. Laddove se ne discosta in maniera significativa, si tratta di circostanze di probabile origine solare. Cf. EDDY, *Il clima*, cit., p. 191.

regione di Stoccolma tra il 1250 e il 1300, come verrà più avanti specificato. Per rafforzare ancora questa ipotesi si può ricordare che una fase di ritiro del ghiacciaio dell'Aletsch culmina intorno al 1250 (24).

Prove concrete per verificare lo svolgersi di fluttuazioni climatiche e valutarne la loro importanza, si possono ricavare dagli studi sulle variazioni del livello medio marino. Da vari decenni studiosi di tutto il mondo sono impegnati in queste ricerche con risultati non sempre in accordo. Vi è però un generale accordo sul fatto che in corrispondenza dell'ultima grande glaciazione il livello del mare si abbassò di un centinaio di metri e che a seguito del riscaldamento globale che ne seguì nell'Olocene, praticamente negli ultimi 15.000-10.000 anni, a seguito dello scioglimento delle calotte glaciali, si verificò una grande trasgressione marina. Secondo le ricerche di R.W. Fairbridge (25) il mare raggiunse il suo livello attuale attorno a 6.000 anni fa.

Successivamente il livello marino subì varie oscillazioni di qualche metro in più o in meno rispetto all'attuale come risposte alle fluttuazioni climatiche dell'Olocene. Una di queste oscillazioni in senso positivo, secondo la curva elaborata da Fairbridge, si inquadra nella seconda metà del primo millennio dell'era volgare (fig. 8). Le ricerche più recenti concordano su un livello del mare più alto dell'attuale di un metro circa, per quanto riguarda il medioevo, tra il 950 e il 1000. Si tratta della trasgressione marina di età vichinga e qui indicata «trasgressione marina medievale». A tal proposito studi dettagliati sono stati eseguiti nella zona di Stoccolma da B. Ambrosiani e da N.A. Mörner sulla base anche di evidenze archeologiche e tenendo conto dei sollevamenti di queste stesse zone che ancora oggi subiscono per effetto dei fenomeni isostatici tipici delle aree in cui si espansero le calotte glaciali che le caricarono. Infatti gli autori sopra indicati hanno dimostrato che gli spostamenti della linea di costa nella zona di Stoccolma sono caratterizzati da «salti» causati da interferenze tra trasgressioni e regressioni di tipo eustatico (in massima parte glacioeustatici) e movimenti verticali crostali di circa 50 centimetri per secolo. Oltre alla trasgressione di età vichinga o trasgressione marina medievale (fig. 9), sono state evidenziate altre due trasgressioni, di cui la più importante risulta intorno al sec. XIII, tra il 1250 e il 1300, alla quale segue quella del sec. XV (26).

Secondo quanto riferisce N.A. Mörner, le trasgressioni e regressioni medievali individuate nell'area di Stoccolma per l'ultimo millennio, sono in accordo con i dati di temperatura ricostruita da H.H. Lamb per l'Inghilterra (27).

(24) ALEXANDRE, op. cit., pp. 796-797.

(25) R.W. FAIRBRIDGE, *Quaternary shoreline problems at Inqua, 1969*, «Quaternaria», 15 (1971), pp. 1-18.

(26) AMBROSIANI, op. cit., pp. 244-245; N.A. MÖRNER, *Climatic changes on a yearly to millennial basis. An introduction*, «Climatic changes», cit., pp. 1-13.

(27) LAMB, *Climate and history*, cit., p. 228.

Major Solar Excursions since 5000 Yrs. B.P.

Feature	Beginning & End in Radiocarbon Record		Probable Extent in Real Time		Amplitude:	
					^{14}C	Corrected
1. Modern Maximum	AD 1800?	---	AD 1780?	---	?	?
2. Maunder Minimum	AD 1660	AD 1770	AD 1640	AD 1710	-1.0	-1.0
3. Sporer Minimum	AD 1420	AD 1570	AD 1400	AD 1510	-1.0	-1.1
4. Medieval Maximum	AD 1140	AD 1340	AD 1120	AD 1280	0.7	0.8
5. Medieval Minimum	AD 660	AD 770	AD 640	AD 710	-0.6	-0.7
6. Roman Maximum	AD 1	AD 140	20 BC	AD 80	0.6	0.7
7. Grecian Minimum	420 BC	300 BC	440 BC	360 BC	-2.0	-2.1
8. Homeric Minimum	800 BC	580 BC	820 BC	640 BC	-2.1	-2.0
9. Egyptian Minimum	1400 BC	1200 BC	1420 BC	1260 BC	-1.5	-1.4
10. Stonehenge Maximum	1850 BC	1700 BC	1870 BC	1760 BC	1.6	1.3
11. Pyramid Maximum	2350 BC	2000 BC	2370 BC	2060 BC	1.4	1.1
12. Sumerian Maximum	2700 BC	2550 BC	2720 BC	2610 BC	1.7	1.3

Fig. 7 - Le presunte escursioni più significative dell'attività solare verificatesi negli ultimi 5.000 anni ricostruite sulla base del rapporto C-14/C-12 negli anelli meristematici.
Da EDDY, 1976.

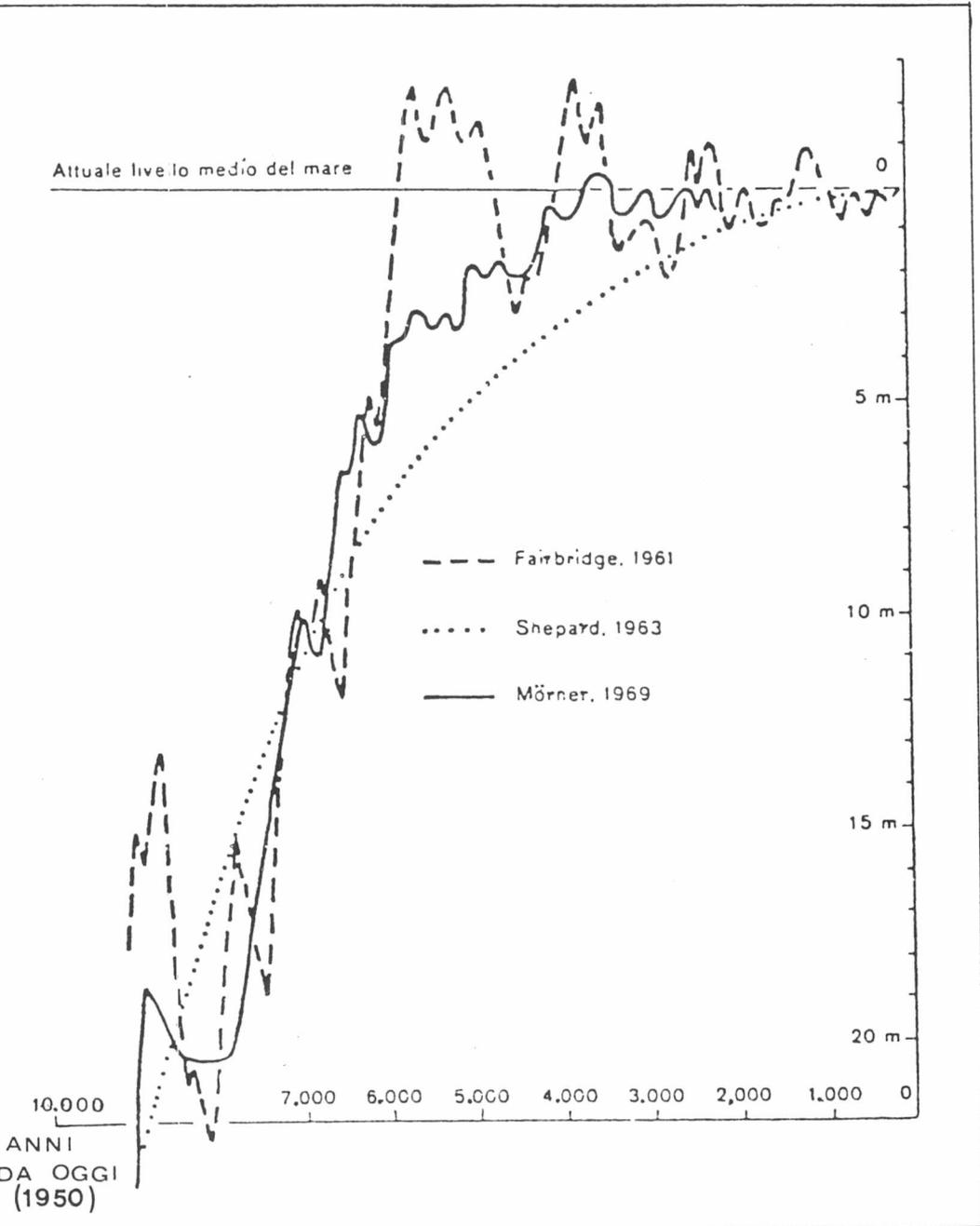


Fig. 8 - Fluttuazioni del livello medio del mare negli ultimi 10.000 anni.
Da FAIRBRIDGE, 1971.

LE TESTIMONIANZE FISICHE

La trasgressione marina più importante nell'ultimo millennio è senz'altro quella indicata nel nord dell'Europa come trasgressione marina di età vichinga tra il 950 e il 1000. In questo periodo tutti i mari del mondo mostrano un livello più alto di quello attuale di circa un metro. Questo fenomeno che portò nelle zone di pianura costiera ad una ingressione marina con spostamento della linea di costa verso terra, creò danni agli insediamenti umani ivi sorti. Per molto tempo l'uomo fu abile a reagire in maniera passiva ai cambiamenti naturali, ma ad iniziare dal 1000 la resistenza passiva fu rimpiazzata dall'attiva costruzione di dighe per proteggersi dall'invasione del mare, come avvenne di fatto sulla costa germanica del Mare del Nord (28).

H.H. Lamb fa notare, tuttavia, che erosioni marine costiere e qualche forte allagamento di terre da parte del mare continuarono a verificarsi tra il sec. XV e il sec. XIX, quando il livello marino, per il verificarsi della piccola età glaciale, doveva aver subito un pur lieve abbassamento. Questa concomitanza di eventi potrebbe indicare, sempre secondo Lamb, un aumento di tendenza delle principali tempeste cicloniche dal nord Atlantico ad avvicinarsi all'Europa centrale al verificarsi di un ciclo climatico freddo e umido. Le aumentate burrasche marine annullavano l'eventuale vantaggio derivato da un più basso livello marino (29).

Il livello del mare, come già accennato, variava a seguito dello scioglimento di parte delle calotte glaciali e dei ghiacciai sparsi in tutto il mondo. I valori medi di temperatura in Europa sembra abbiano raggiunto valori di 1,5°-2° (gradi Celsius) al di sopra di quella attuale, ma comunque molto più bassi di quelli raggiunti nell'optimum climatico postglaciale (30). Gli effetti sull'ambiente naturale furono però sensibili, tant'è che la banchisa polare si era notevolmente ridotta all'interno del Mare Artico ed i ghiacci galleggianti si erano fatti rarissimi intorno all'Islanda e alla Groenlandia.

Anche nell'area mediterranea, a seguito dell'innalzamento del livello marino, si crearono difficoltà alle zone di pianura costiera e prime fra tutte, a quelle della fascia padano-adriatica affette, tra l'altro, anche da un certo grado di subsidenza naturale dovuta alla particolare situazione geologica del sottosuolo profondo.

Tra Cattolica, Riccione, Rimini e Bellaria, le acque marine raggiunse-

Si fa presente che le dizioni *Piccola età glaciale* e *Ottimo climatico medievale* indicate sulle figure 2, 3, 5, 6 e 9 sono state introdotte dallo scrivente per rendere più evidente l'impatto delle fluttuazioni climatiche sugli ambienti fisici e biologici.

(28) K.E. BEHRE, B. MENKE, H. STREIF, *The Quaternary geological development of the German part of the North Sea*, in: E. Oele, R.T.E. Schüttenhelm e A.J. Wiggers (Editors), *The Quaternary history of the North Sea*, Uppsala 1979, pp. 85-113.

(29) LAMB, *Climate. Present*, cit., pp. 432-435.

(30) PINNA, op. cit., pp. 151-152.

ro la scarpata della falesia che si era formata nei sedimenti alluvionali quaternari in occasione di un più alto livello raggiunto dalle acque del mare durante l'optimum climatico postglaciale. Le prove si hanno nei depositi ghiaiosi di elaborazione marina contenenti i resti archeologici spiaggiati di epoche romana e bizantina, depositi che giacciono a ridosso della stessa falesia, che a guisa di scarpata divide la pianura alta dalla più bassa fascia costiera di larghezza variabile da 800 metri nei pressi di Bellaria a 600 metri a Viserba, a più di 1000 metri a Rimini e a 900 metri alla foce del torrente Conca presso Cattolica (31).

Tra Bellaria e Cesenatico la falesia scompare ma i depositi ghiaioso-sabbiosi di spiaggia con i resti fluitati romani e altomedievali continuano formando cordoni litorali che vanno poi a raccordarsi alle foci dell'antico delta padano a nord di Ravenna.

La presenza a Valle Felici nel territorio di Cervia di un insediamento preistorico ad una distanza di 1.400 metri dalla linea di spiaggia attuale ha permesso di formulare alcune considerazioni sulle fluttuazioni del livello del mare Adriatico. Questo insediamento di tipo capannicolo è formato da due livelli antropici giacenti alla profondità di m 1,70 dal piano di campagna attuale, il più antico del quale risale alla fase finale dell'Età del Bronzo antico, circa il 1600 a.C., e il più recente all'inizio dell'Età del Bronzo medio, circa il 1500 a.C. (32).

Le ricerche stratigrafiche hanno rilevato che l'insediamento di Valle Felici fu impostato intorno al 1600 a.C. su un'area emersa e si trovava non lontano dalla costa di allora e in vicinanza dei cordoni litorali sabbioso-ghiaiosi in via di formazione. Dopo questa emersione, che non si sa effettivamente quanto durò, l'insediamento preistorico venne prima invaso da un ambiente palustre ad acqua dolce con formazione di torba, successivamente da un ambiente lagunare ad acqua salmastra con deposizione di argilla. Questo ultimo ambiente, a seguito di un innalzamento del livello marino, si trasformò in una laguna viva tanto da permettere l'entrata, dalle bocche aperte verso il mare, di sabbia fine e di limi. Successivamente il livello del mare si abbassò leggermente e nella zona lagunare di Valle Felici si ebbe di nuovo deposizione di argilla. A copertura di tutti questi sedimenti si hanno argille giallastre e grigiastre di bonifica per colmata (33). Si formula l'ipotesi che la massima ingressione marina, con apporto di sabbie

(31) VEGGIANI, *L'arretramento della linea di costa adriatica tra Gabicce e Pesaro nell'Olocene e le leggende sulle città sommerse*, in: M. Bondesan, C. Elmi, O. Nesci, R. Dal Cin e A. Veggiani, «Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia. Riunione annuale: Riccione-Delta del Po, 22-24 giugno 1988. Guida alle escursioni», Bologna 1988, pp. 61-70; ID., *La falesia morta e i depositi olocenici antistanti lungo la fascia costiera adriatica fra Cesenatico e Cattolica*, ibid., pp. 71-82.

(32) G. BERMOND MONTANARI, *Il popolamento pre e protostorico nel territorio cervese, «Cervia. Natura e Storia»*, Rimini 1988, pp. 37-46.

(33) VEGGIANI, *Le ultime vicende geologiche del territorio cervese e dell'area adriatica antistante*, «Studi Romagnoli», 22 (1971), pp. 3-17.

e limi, si sia verificata tra il IX e il X sec. d.C. in occasione dell'ottimo climatico medievale. È certo comunque che un Padule è qui ricordato in un documento presumibilmente della seconda metà del sec. X riportato nel Codice Bavaro, un codice conservato a Monaco di Baviera dove sono registrati numerosi contratti conclusi tra l'Arcivescovo di Ravenna, le istituzioni ecclesiastiche ed i privati tra il VII e il X sec. d.C. (34).

L'innalzamento del livello medio del mare Adriatico sembra confermato da altri documenti ravennati che danno informazioni sull'innalzamento della falda d'acqua freatica tra l'VIII e il X sec. d.C. nella fascia costiera adriatica entro la quale si trova la città di Ravenna. E ciò indipendentemente dai fenomeni di abbassamento naturale del suolo che hanno continuato a manifestarsi con lo stesso ritmo, poco più di un millimetro per anno, esaltando comunque gli effetti dell'ingressione marina. Interessanti le notizie sulla chiesa di S. Eufemia sorta presso l'antico battistero di S. Probo nella zona di Classe di Ravenna. Da notizie riferite da Andrea Agnello, all'inizio del IX sec. l'Arcivescovo di Ravenna Martino (810-817) dovette procedere non solo ai lavori di consolidamento, ma altresì di rialzamento del pavimento della stessa chiesa dato che il suo originario livello era invaso dalle acque (35). È pure significativo il fatto che verso il 970, il territorio di Classe cadde in abbandono e furono trasferiti a Ravenna i corpi dei primi vescovi che giacevano appunto nella Basilica Probi.

Le tracce dell'estensione nel medioevo dei ristagni di acqua dolce e acqua salmastra in varie zone a sud di Classe sono documentate da saggi di scavo e di sondaggi (36). In alcuni casi gli strati torbosi ricoprono piani di campagna di epoca romana.

Un altro dato emerge dall'esame degli scavi effettuati da G. Cortesi nell'antica chiesa di S. Croce nel centro storico di Ravenna, chiesa sorta tra il 417 e il 421. In questa chiesa è stata accertata una sopraelevazione di 40 centimetri sul primitivo pavimento del V sec., sopraelevazione da darsi intorno al X e XI sec. (37).

Evidenze di ingressioni marine di epoca medievale si hanno nel territorio dell'antico delta padano tra Comacchio e Ravenna. Il fenomeno risulta qui accentuato anche perché a causa delle notevoli trasformazioni idrografiche medievali, con lo spostamento del delta da sud verso nord, vennero a mancare gli apporti alluvionali che compensavano via via la subsidenza del suolo.

(34) *Breviarum Ecclesiae Ravennatis (Codice Bavaro)*. Secoli VII-X, a cura di G. Rabbotti, Roma 1985, p. 42, n. 79.

(35) G. BOVINI, *Un'ipotesi sull'ordinamento planimetrico e sulle vicende della «Basilica Probi» e della «ecclesia S. Euphemiae» nel territorio ravennate di Classe*, «Situla», 14-15, Ljubljana 1974, pp. 249-253.

(36) VEGGIANI, *Le trasformazioni dell'ambiente naturale del Ravennate negli ultimi millenni*, «Studi Romagnoli», 24 (1973), pp. 3-23.

(37) G. CORTESI, *Lo scavo di S. Croce e le acque del sottosuolo ravennate (Note storiche e archeologiche con Appendice)*, «Felix Ravenna», fasc. 1-2, 1977, pp. 97-114.

L'ingressione marina procedette da oriente verso occidente. Probabilmente intorno al X sec. d.C. si manifestò l'invasione delle acque salse del bacino sud-orientale del Mezzano fino al cosiddetto argine di S. Longino, immediatamente ad occidente dell'argine Agosta. Nel sec. XIII gli ambienti salmastri lagunari si estesero fino all'argine del Mantello, situato a nord-est di Longastrino. Su questo argine fu approntata dal duca di Ferrara Ercole I d'Este, 1471-1505, una nuova difesa. Sul finire del sec. XVI cedette anche questa barriera e tutte le depressioni vallive del Mezzano furono invase dalle acque salse (38).

Le fasi finali di queste trasformazioni ambientali sono state documentate anche da scavi archeologici in località Dosso Volpi ad occidente dell'argine del Mezzano. Risulta così che sotto i depositi salmastri sono state rinvenute le tracce di abitazione di valle con ceramiche della fine del sec. XVI e inizi del sec. XVII. Sotto queste stratificazioni antropiche si ha la torba che ricopre a sua volta altri strati antropici poggianti su limi e sabbie. È evidente anche un primo innalzamento delle pavimentazioni a seguito dell'impaludamento di quell'area (39).

Fenomeni analoghi si rinvergono anche nella laguna di Venezia. Sondaggi e scavi archeologici eseguiti nella zona di Torcello hanno permesso di riconoscere una serie di paleoambienti che sono stati messi in relazione con le oscillazioni del livello del mare. In particolare è stata riconosciuta una fase di sommersione coincidente con l'ottimo climatico medievale del IX-X sec. che avrebbe reso difficili le condizioni abitative instauratesi nella zona nel sec. VII quando il livello della laguna era più basso (40).

Sarebbe di grande interesse poter censire ed esaminare le stratigrafie dei vari siti abbandonati o distrutti lungo le coste italiane che sono stati in qualche modo influenzati dall'innalzamento del livello marino medievale al fine anche di poter meglio datare il fenomeno. Si può comunque ricordare che anche a Chiavari in Liguria, in occasione di scavi archeologici eseguiti tra il 1959 e il 1968 per mettere in luce una necropoli protostorica (VIII-VII sec. a.C.), sono emersi dati che documentano una effettiva risalita del livello del mare nel corso dell'alto medioevo. Uno strato di sabbia di elaborazione marina ricopre la necropoli di Chiavari e i livelli di epoca romana che ad essa si adagiano. La sabbia marina è a sua volta ricoperta da depositi alluvionali tardomedievali. Una moneta genovese del XII o XIII

(38) M. BONDESAN, *Lineamenti di geomorfologia del basso ferrarese*, «La civiltà comacchiese e pomposiana dalle origini preistoriche al tardo medioevo. Atti del convegno nazionale ai studi storici. Comacchio 17-19 maggio 1984», Bologna 1986, pp. 17-28; VEGGIANI, *Il corso del fiume Santerno nel delta padano in epoca romana*, «Boll. Econ. Camera di Commercio di Ravenna», 2, 1973, pp. 139-147.

(39) A.M. VISSER TRAVAGLI, *Documenti archeologici per i «casoni» della laguna di Comacchio*, «La civiltà comacchiese», cit., pp. 683-696.

(40) V. FAVERO, R. SERANDREI BARBERO, *Oscillazioni del livello del mare ed evoluzione paleoambientale della Laguna di Venezia nell'area compresa tra Torcello ed il margine lagunare*, «Soc. Veneziana di Scienze Naturali-Lavori», 8 (1983), pp. 83-102.

sec. è stata rinvenuta nella parte più alta del corpo sabbioso, il che dimostra che il fenomeno dell'apporto sabbioso di origine marina perdurò fino a quell'epoca (41).

LE TESTIMONIANZE BIOLOGICHE

Con l'aumento della temperatura media nel corso dell'ottimo climatico medievale si sono avute risposte evidenti nel mondo animale e vegetale. Oltre alla temperatura dell'aria aumentò di qualche grado anche la temperatura dell'acqua marina. Varie specie ittiche di acque tiepide temperate poterono giungere più a nord durante le loro migrazioni. Si è già fatto cenno che la coltura della vite si estese sempre più dai paesi mediterranei verso l'Europa centro-settentrionale. Una ripresa della viticoltura padana si ha in epoca carolingia quando si diffonde anche la coltura dell'olivo. In Lombardia l'olivicoltura cresce attorno ai laghi Maggiore, Lugano, Como, Iseo e Garda (42). Nell'XI sec., ma ancora prima, il volto del paesaggio cambia. Retrocedono le foreste, si moltiplicano i villaggi e le terre coltivate si allargano. Dal sec. XII sulle facciate di certi monumenti si collocano le immagini del paesaggio trasformato, del lavoro del contadino e artigiano, delle colture quali le scene dell'aratura, della falciatura del grano e delle cure del vigneto (43).

Le specie vegetali di tipo mediterraneo che si erano rarefatte e in parte ritirate in alcuni ambienti ristretti con particolare microclima, ritornano ad espandersi. Si ha così una grande espansione del leccio (*Quercus ilex*) lungo i cordoni sabbiosi litorali tra Cervia, Ravenna, Comacchio e Mesola ed ancora più a nord nei litorali veneti. Vengono colonizzati quei cordoni che erano emersi e sopraelevati rispetto alle aree più depresse che venivano allagate a seguito dell'ingressione marina. Le principali foci padane, nel sec. XII, prima comunque del 1150-1200 quando ancora non si era verificata la rotta di Ficarolo che spostò più a nord le acque del fiume Po (44), erano costituite da quella del Po di Primaro e quella del Po di Volano (fig. 10).

(41) N. LAMBOGLIA, *La seconda campagna di scavi nella necropoli di Chiavari (1962-1963)*. *Studio preliminare*, «Riv. St. Liguri», 30 (1964), n. 1-4, pp. 31-82; *id.*, *La quarta campagna di scavo nella necropoli ligure di Chiavari (1967-1968)*. *Relazione preliminare*, *ibid.*, 38 (1972), pp. 103-136.

Indagini più dettagliate su questo fenomeno, già indicato sommariamente da N. Lamboglia, sono in corso da parte del prof. Remo Terranova dell'Istituto di Geografia dell'Università di Genova che ebbe modo di seguire gli scavi.

(42) S. BOCCHI, A. GALLI, E. NIGRIS, A. TOMAI, *La Pianura Padana. Storia del paesaggio agrario*, Milano 1985, pp. 51-53.

(43) V. FUMAGALLI, *La pietra viva. Città e natura del medioevo*, Bologna 1988, pp. 23-27.

(44) VEGGIANI, *Il delta del Po e l'evoluzione della rete idrografica padana in epoca storica*, «Atti della Tavola Rotonda, Bologna 24 novembre 1982. Il delta del Po-Sezione geologica», Bologna 1985, pp. 37-68.

TRASGRESSIONE
MARINA
MEDIEVALE

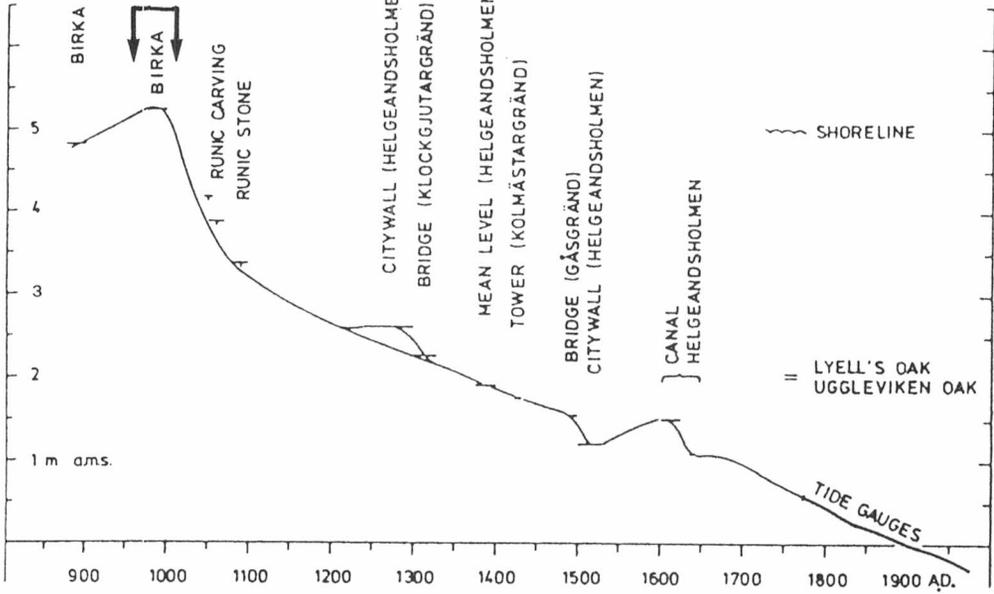


Fig. 9 - Curva degli spostamenti (isostatici ed eustatici) della linea di costa a Stoccolma negli ultimi 1.200 anni. Le frecce indicano la trasgressione marina medievale o vichinga tra il 950 e il 1000.
Da MÖRNER, 1984.

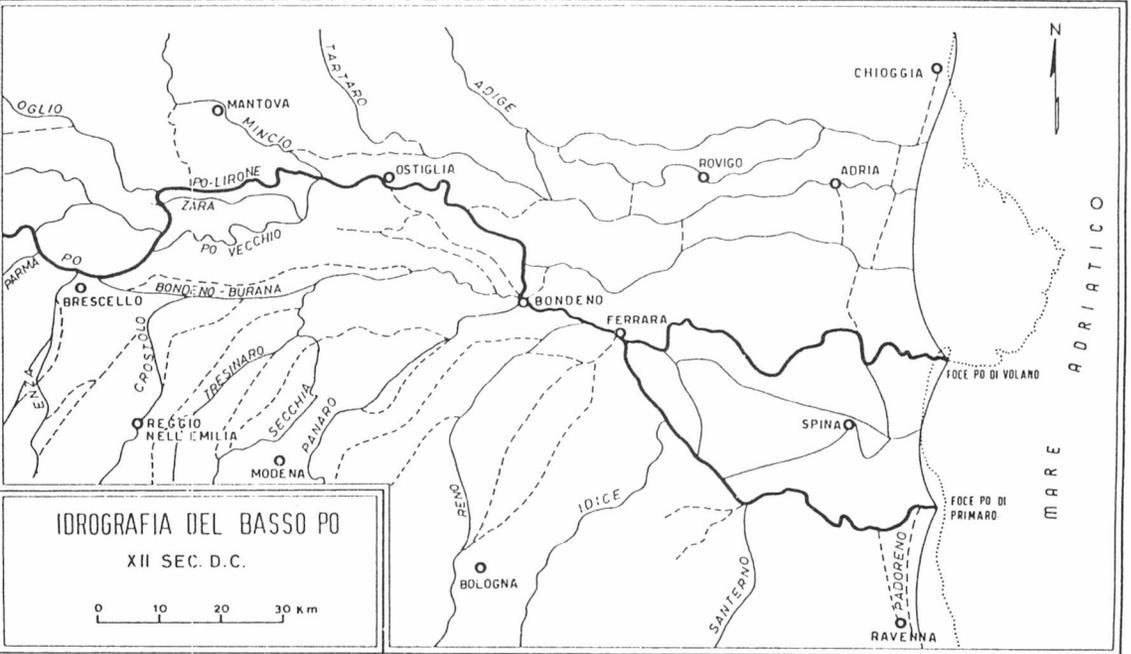


Fig. 10 - La rete idrografica e la linea di costa adriatica padana nel sec. XII d.C.
Da VEGGIANI, 1985.

Le più antiche tracce dell'esistenza di boschi sul litorale ferrarese risalgono a documenti dell'XI e XII sec. che attestano l'esistenza di selve nell'Isola di Pomposa e nella zona del Canale di Goro. Per il litorale ravennate, invece, le notizie risalgono al X e XI sec. (45).

Sulla base di documenti storici e della stessa toponomastica, è stata ricostruita da C. Cencini l'area di diffusione, tra il XII e il XVII sec. nel litorale ferrarese, delle leccete (fig. 11). Le aree dove il leccio allora prosperava sono rimaste nella toponomastica locale con i nomi di Ellice, Ellis-siella, Bosco Giliola e Bosco Eliceo. Negli scavi effettuati nella valle Girda presso Pomposa in occasione dei lavori di bonifica, furono rinvenute centinaia di grossi tronchi subfossili attribuiti ai lecci e alle farnie (*Quercus pedunculata*) che si ritennero sommersi dalle acque salse nel sec. X (46).

Nelle zone boschive del litorale emiliano-romagnolo si diffusero numerose specie vegetali a distribuzione meridionale mediterranea, alcune delle quali si potevano osservare ancora nel sec. XVIII in punti particolari delle pinete di Cervia e di Ravenna. Si tratta del lentisco, dello smilace, dell'agnocasto, dell'erica e dei cisti. Tra le specie a distribuzione meridionale che ancora oggi rimangono si possono ricordare la fillirea e la robbia (47). Nelle boscaglie naturali a lecci e a farnia del litorale ravennate furono introdotti, alla fine dell'alto medioevo, i primi nuclei artificiali di pino domestico e di pino marittimo che diedero così vita, ad opera delle fiorenti comunità monastiche del tempo, alle celebri pinete storiche di Ravenna (48). L'introduzione di queste specie di diffusione mediterranea ebbe successo date le condizioni ottimali del clima in occasione dell'ottimo climatico medievale. Infatti sia il pino domestico o pino a ombrello o pino italicò o pino da pinoli (*Pinus pinea*), sia il pino marittimo o pinastro (*Pinus pinaster*), sono specie diffuse in tutti i paesi del bacino del Mediterraneo a clima temperato. A seguito poi dello svolgersi della piccola età glaciale tra il 1550 e il 1850, quelle pinete subirono numerosi episodi di crisi e di mortalità a seguito di ricorrenti fasi critiche di natura climatica (49). Inverni rigidi con danni ai boschi litoranei in cui era già presente il leccio, si ebbero certamente nel corso dell'ottimo climatico medievale, così nell'860, nel 1118, 1122, 1133, 1216, 1234 quando gelarono sia la laguna di Venezia, sia

(45) C. CENCINI, *I boschi della fascia costiera emiliano-romagnola*, «Ricerche geografiche sulle pianure orientali dell'Emilia Romagna», a cura di B. Menegatti, Bologna 1979, pp. 55-109.

(46) P. STAMPI, *Le antiche selve che vegetavano sul litorale ferrarese (Nota preventiva)*, «Giornale Botanico Italiano», 73 (1966), pp. 337-339.

(47) P. ZANGHERI, *La vegetazione del litorale emiliano-romagnolo nel passato e nel presente*, Atti del Convegno organizzato da Italia Nostra - Consiglio Regionale dell'Emilia-Romagna, «I beni naturali del litorale emiliano-romagnolo: problemi e prospettive - Abbazia di Pomposa, 19-20 settembre 1970», pp. 25-36.

(48) CENCINI, op. cit., pp. 86-97.

(49) VEGGIANI, *Le fluttuazioni del clima dal XVIII al XX secolo. I cicli di Brückner*, «Torricense», 37 (1986), pp. 107-159.

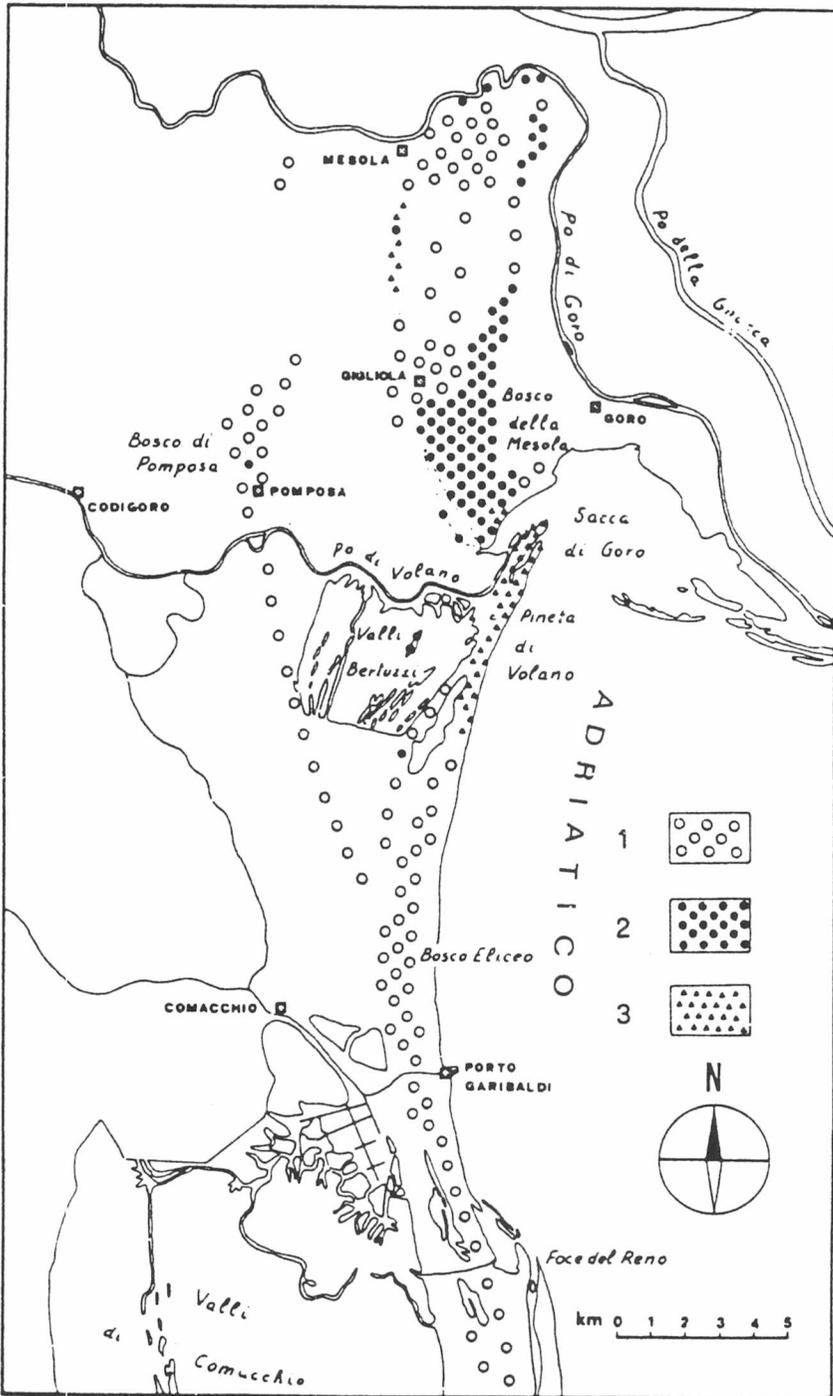


Fig. 11 - Diffusione storica e attuale della lecceta nel territorio ferrarese.

1 - Probabile area di massima espansione del leccio (XII-XVII sec.).

2 - Presenza attuale del leccio.

3 - Pinete litoranee.

Da CENCINI, 1979.

il fiume Po (50), ma si trattò di episodi isolati e non ricorrenti, come invece si verificò nel tardo medioevo e nell'età moderna.

Si può infine accennare ad un altro fenomeno che presumibilmente si verificò anche nella fascia costiera emiliano-romagnola e veneta. L'innalzamento del livello del mare determinò la formazione di acquitrini alle spalle dei cordoni di dune. Questo impaludamento costiero provocò nell'Europa centro-occidentale il diffondersi di una malattia conosciuta come marsh fever in Inghilterra e come wechselfieber in Germania o più comunemente malaria. La malattia che scoppiò a partire dal sec. X raggiunse la sua massima diffusione nelle zone umide dell'Europa tra il 1100 e il 1150. Questa malattia scomparve dalle isole britanniche e da tutte le terre a nord delle Alpi verso la fine del sec. XVII a causa di una serie di stagioni estive particolarmente fredde (51). Si può quindi ipotizzare che anche la fascia costiera padano-adriatica ne venisse colpita. Da queste zone la malaria scomparve solo in tempi recenti a seguito di un deciso intervento dell'uomo con lavori di bonifica e altre operazioni di pianificazione territoriale. Si può concludere, però, che l'ottimo climatico medievale rappresentò un periodo di grande sviluppo e prosperità per l'uomo.

(50) D. CAMUFFO, *Freezing of the Venetian Lagoon since the 9th century A.D. in comparison to the climate of Western Europe and England*, «Climatic Change», 10 (1987), pp. 43-66.

(51) PINNA, op. cit., pp. 154-156.