

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

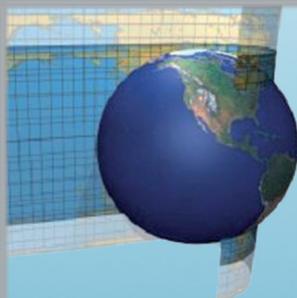
DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE IL COORDINAMENTO E GLI AFFARI ECONOMICI

SERVIZIO PER LO SVILUPPO E IL POTENZIAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA (SSPAR)

PNR 2001-2003 (FIRB art.8) D.M. 199 Ric. Del 8 marzo 2001

Collana

“DIFFUSIONE E SPERIMENTAZIONE DELLA CARTOGRAFIA,
DEL TELERILEVAMENTO E DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI,
COME TECNOLOGIE DIDATTICHE APPLICATE ALLO STUDIO
DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE”



CARTOGRAFIA



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE IL COORDINAMENTO E GLI AFFARI ECONOMICI

SERVIZIO PER LO SVILUPPO E IL POTENZIAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA (SSPAR)

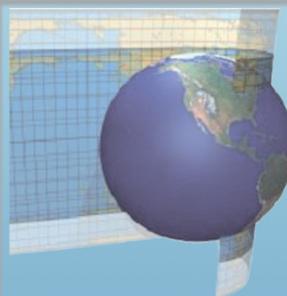
PNR 2001-2003 (FIRB art.8) D.M. 199 Ric. Del 8 marzo 2001

Collana

“DIFFUSIONE E SPERIMENTAZIONE DELLA CARTOGRAFIA,
DEL TELERILEVAMENTO E DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI,
COME TECNOLOGIE DIDATTICHE APPLICATE ALLO STUDIO
DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE”

1

CARTOGRAFIA



Copyright © 2005

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA
Dipartimento per la Programmazione il Coordinamento e gli Affari Economici
Servizio per lo Sviluppo e il Potenziamento delle Attività di Ricerca (SSPAR)
PNR 2001-2003 (FIRB art.8) D.M. 199 Ric. Del 8 marzo 2001

Collana:

“DIFFUSIONE E SPERIMENTAZIONE DELLA CARTOGRAFIA,
DEL TELERILEVAMENTO E DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI,
COME TECNOLOGIE DIDATTICHE APPLICATE ALLO STUDIO
DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE”

Volume 1. CARTOGRAFIA

Autori: *MONICA AMATUCCI, VITTORIO DEGLI ESPOSTI,*
MASSIMO GHERARDI, SAMANTHA LORITO, GILMO VIANELLO

INDICE

1.1 LA CARTOGRAFIA NELLA STORIA.....	PAG	4
1.1.1 Le prime rappresentazioni	»	4
1.1.2 La scuola greca.....	»	6
1.1.3 Dalla scuola greca al pensiero romano	»	9
1.1.4 La scuola islamica e la scuola ebraica	»	11
1.1.5 La scuola europea.....	»	12
1.1.6 Carte storiche e sistemi di misura	»	15
1.1.7 Matematica e forma.....	»	20
1.2 DALLA SUPERFICIE SFERICA ALLA SUPERFICIA PIANA.....	»	24
1.2.1 La rappresentazione della Terra.....	»	24
1.2.2 Meridiani e paralleli.....	»	26
1.2.3 Superfici teoriche: Ellissoide e Geoide.....	»	26
1.2.4 Le proiezioni cartografiche	»	28
1.2.5 Le proiezioni di sviluppo nella cartografia moderna.....	»	30
1.3 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA SUPERFICIE TERRESTRE.....	»	34
1.3.1 La cartografia di base	»	35
1.3.2 Le coordinate piane nella cartografia italiana	»	37
1.3.3 Scale cartografiche	»	39
1.3.4 Segni convenzionali e simbologia	»	40
1.3.5 La toponomastica	»	44
1.3.6 La cartografia a grande e grandissima scala	»	48
1.4 ORIENTAMENTO E GEOREFERENZIAZIONE	»	51
1.4.1 Orientamento con il cielo	»	51
1.4.2 Orientamento con la bussola e con la carta topografica.....	»	56
1.4.3 Georeferenziazione.....	»	60
1.4.4 Orientamento satellitare (GPS).....	»	69
1.5 LABORATORIO CARTOGRAFICO: ESERCITAZIONI ED ESPERIENZE.....	»	85
1.5.1 La rappresentazione di curva di livello	»	85
1.5.2 Carta altimetrica.....	»	86
1.5.3 Carta clinometrica o della pendenza topografica	»	87
1.5.4 Carta della esposizione dei versanti.....	»	89
1.5.5 L'utilizzo delle curve di livello per la costruzione di un plastico.....	»	89
1.5.6 La scala della carta	»	90
1.5.7 Coordinate geografiche di un punto	»	91
1.5.8 La lettura delle modificazioni del territorio dal confronto di cartografie di epoche diverse.....	»	92
1.5.9 Dalla carta tecnica alla ricostruzione storica del territorio	»	93

1.1 LA CARTOGRAFIA NELLA STORIA

Conoscere la forma e le caratteristiche di un territorio è un requisito indispensabile per chi ne voglia scoprire e raccogliere le risorse, in qualunque modo si debba rapportare con esse. Ma la serie di contenuti ambientati è talmente vasta da richiedere una conoscenza sistematizzata, per un efficace utilizzo di esse, e soprattutto, data l'effimera durata della vita umana, si rende necessaria la trasmissibilità dell'esperienza derivata da esplorazioni, scoperte, deduzioni.

L'esigenza di rappresentare graficamente la Terra o parti di essa trova radici remote e fu particolarmente forte soprattutto presso quei popoli che per primi ne avvertirono la necessità, per i loro spostamenti da un luogo ad un'altro. Le prime immagini furono espressioni rudimentali ed imprecise di una superficie terrestre, allora percepita in forma piana e talvolta corredate di elementi fantastici, oppure, semplicemente, descrizioni di percorsi.

1.1.1 Le prime rappresentazioni

Si attribuisce ad alcuni popoli nomadi e cacciatori, collocati in un periodo che abitualmente viene definito pre-storico, il merito di aver voluto descrivere i territori che percorreva, con strumenti atti a conservare nel tempo i caratteri del luogo frequentato.

30000 a.C. Di questi strumenti sicuramente non è pervenuto nulla, solo la pietra è abbastanza resistente per durare 30.000 anni, ma poco utile per costruire immagini sintetiche del territorio. Occorre pertanto riferirsi a modelli analoghi a quelli di allora per recepire la forma e il tipo dell'oggetto che potrebbe essere definito una "carta topografica". Esistono mappe costruite da popolazioni, il cui livello di sviluppo socio culturale è assimilabile ad una "cultura neolitica", realizzate con materiali vari; esempi simili possono essere le "mappe nautiche polinesiane" di bastoncini e nervature di foglia di palma, legati tra loro e corredate da conchiglie, in cui le nervature rappresentano rotte nautiche e

correnti marine, poste in relazione con i punti di legatura, che segnano la posizione delle stelle, mentre le conchiglie danno la posizione delle isole, o le mappe esquimesi d'osso o legno, che tracciano sul materiale utilizzato il profilo della costa (un portolano ante-litteram), o anche le mappe nordamericane disegnate su pelli d'alce o corteccia (fig. 1.1.1).

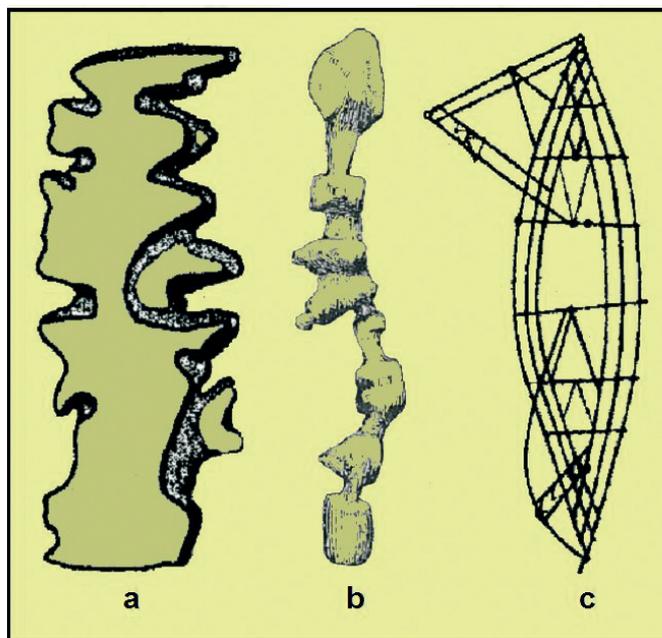


Figura 1.1.1. *Mappe preistoriche*
 a) e b) Rappresentazione di profili costieri su legni intagliati. Cultura esquimese. c) Carta nautica costruita con costole di foglia di palma e conchiglie, Isole Marshall, cultura polinesiana.
 (Da: *Cartes et figures de la terre*, Centre G. Pompidou, Parigi, 1980, ridisegnato)

Del 6.200 a.C. a Catal-Hyük, in Anatolia, un graffite raffigurava le posizioni di strade e case del villaggio assieme a particolari del paesaggio circostante, come il vicino vulcano (fig. 1.1.2); se questo rappresenta una vera e propria mappa o solo un dipinto



Figura 1.1.2 Graffite raffigurante l'organizzazione di un villaggio e del paesaggio circostante rinvenuto in Anatolia (loc. Catal-Hyük) e datato 6.200 a.C.

stilizzato è materia di dibattito. Lo stesso dicasi per le raffigurazioni di animali che si rinvergono nelle caverne preistoriche e che segnalavano dettagliatamente le loro rotte migratorie (fig. 1.1.3).



Figura 1.1.3 Dipinto preistorico rupestre raffigurante la migrazione di un gruppo di cervi rinvenuto nelle grotte di Lascaux in Francia

IV - III millennio a.C. Il passaggio dalla fase nomade, del cacciatore, alla fase stanziale, dell'agricoltore e allevatore, innesca un nuovo interesse relativo alla descrizione del territorio; diventa infatti importante affermare il diritto di proprietà sulle aree direttamente utilizzate ed il contenuto dei primi e rari documenti rinvenuti può essere ricondotto ad una funzione di tipo catastale. Una delle più antiche rappresentazioni della terra, finora rinvenuta, è tracciata su una tavoletta di argilla conservata al British Museum: raffigura una terra circolare, circondata da acque marine, con la città di Babilonia al centro, al nord è posta l'Annenia e a sud-ovest la "terra di Habban" (fig. 1.1.4).

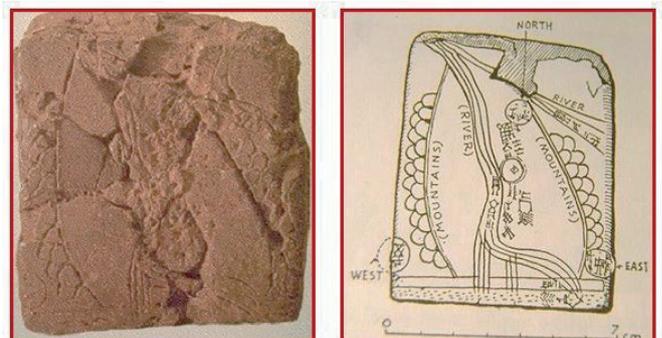


Figura 1.1.4 Tavoletta di GA-SUR con a fianco una sua possibile interpretazione. Ritrovata in Mesopotamia, è datata circa 2300 – 2500 a.C.

Di grande interesse anche un papiro sul quale sono tracciate indicazioni relative ad una miniera d'oro, in Egitto (fig. 1.1.5). Il formarsi di nuclei di popolazione insediata stabilmente in determinate aree, diverse per caratteristiche ambientali e, quindi, per risorse, promuove il riequilibrio territoriale delle medesime



Figura 1.1.5 Mappa schematica delle miniere d'oro della Nubia, datata 1150 a.C., all'epoca del regno di Ramsete IV.

nella forma del commercio, a cui necessita l'informazione relativa al collegamento tra i centri abitati ~ la prova documentaria la si rinviene **in descrizioni di itinerari con elenchi di località e distanze in giorni di marcia**, appartenenti al popolo Assiro.

1.1.2 La scuola greca

VI e V secolo a.C. Dopo un periodo molto lungo di raffigurazioni imitative, la cartografia ricevette i primi fondamenti scientifici grazie alla cultura greca; la grande propensione del mondo greco per la speculazione filosofica richiama inevitabilmente l'interesse degli studiosi, filosofi e matematici (o piuttosto filosofi-matematici), sugli aspetti connessi non tanto all'esplorazione, quanto alla conoscenza dell'identità del globo terrestre, e di conseguenza, alla traduzione di questa identità in una forma documentaria. Sebbene solo una piccola porzione della terra fosse conosciuta dagli antichi greci, la forma della Terra venne ad assumere sempre maggiore importanza per la cartografia. **Pitagora, nel sec. VI a.C.**, sembra essere stato il primo a pensare ad una Terra sferica, ma fu solo nel secolo successivo che **Parmenide** argomentò in questo senso.

Talete di Mileto, filosofo, sosteneva la teoria della sfericità della Terra e dell'inclinazione del piano dell'eclittica rispetto all'equatore, adottando la suddivisione del globo in cinque zone climatiche, distribuite per fasce parallele dall'equatore al polo. Un'ipotesi circa la sfericità della terra derivava dall'osservazione **dell'ombra della medesima sulla luna**, durante le eclissi lunari, ma anche da una concezione astratta della perfezione, che vede nella **sfera** la **forma geometrica perfetta**, essendone la superficie sempre equidistante in ogni punto dal centro.

Anassimandro di Mileto (610/09-547/46 a.C.), filosofo della scuola ionica, astronomo e cosmologo, era sostenitore della teoria geocentrica e secondo Plutarco proponeva un modello del globo sferico o cilindrico. Gli si attribuisce il merito di aver disegnato la prima carta dell'ecumene (fig. 1.1.6), oltre all'adozione **e** all'uso dello **gnomone**, strumento di misura geodetica che sfrutta la lunghezza dell'om-

bra di un'asta per valutare l'inclinazione del sole. Vi è in questo periodo una ricca produzione di carte (in senso lato) dell'ecumene conosciuta, criticata

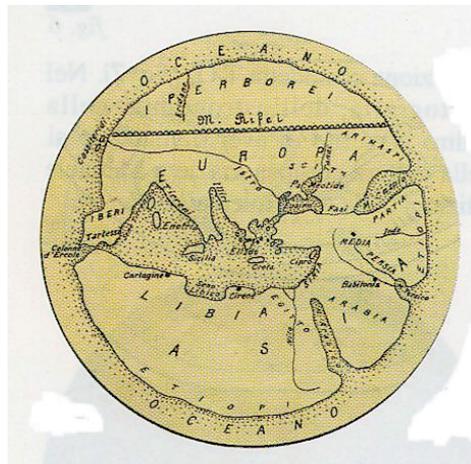


Figura 1.1.6 Ad Anassimandro di Mileto viene attribuito il merito di aver disegnato la prima carta dell'ecumene (VI sec. a.C.),

da Erodoto "lo rido, quando vedo che molti hanno già disegnato delle immagini d'insieme della terra, senza che alcuno ne abbia fornito un commento credibile; esse rappresentano l'Oceano che circonda col suo corso la terra. che sarebbe circolare come se fosse stata fatta al tornio, e si figurano l'Asia uguale all'Europa".

Il mondo rappresentato in queste carte delimita l'area fra Danubio e Nilo e fra Colonne d'Ercole (Gibilterra) e Persia.

IV secolo a.C. Opinioni consolidate. A **Ecateo di Mileto** si attribuisce una tavoletta di bronzo con incisa una mappa della terra (conosciuta in ambiente greco), con fiumi e mari.

Parmenide, studioso di scuola pitagorica, teorizza, riprendendo teorie del VI secolo, la suddivisione del pianeta in cinque zone: una calda, corrispondente all'equatore; due temperate, corrispondenti ai tropici; due fredde, corrispondenti ai poli. Forse, su questa base, costruisce un globo. Con la scuola pitagorica si forma l'opinione che vi sia una terra disposta più o meno simmetricamente a quella conosciuta rispetto all'equatore (bilanciamento delle masse), ma che sia praticamente irraggiungibile. Platone ipotizza anche che questa terra sia abitata.

Le carte del periodo, definite "ionie", seguivano uno schema costante: una cornice rettangolare, attraversata orizzontalmente da linee parallele, le fasce dei climi (*Klimata* in greco significava fasce). Non sono concettualmente i paralleli, non essendo equidistanti. La linea centrale passava dalle Colonne d'Ercole a Rodi e al Tauro, e coprivano una massima estensione latitudinale fra 65° nord e circa 5° nord. Prima ancora che a rappresentazioni geografiche, queste carte dovevano corrispondere a **schematizzazioni geometriche, culturali, filosofiche**. Il limite di queste carte (che se pur con minor dimensione d'errore resterà fino a quelle del XVIII secolo) è dato dalla possibilità di misurazione delle lunghezze in latitudine e in longitudine: mentre la differenza di latitudine tra due punti è rilevabile con misurazione rispetto a stelle note, non lo è quella di longitudine, che richiede necessariamente un rilevamento contemporaneo, rispetto agli astri, in due punti diversi. Fino alla costruzione del **cronometro**, la misura di **longitudine** è sempre stata affetta da errori consistenti.

Democrito di Abdera, rendendosi conto dell'impossibilità di proiettare una superficie sferica sul piano, restituisce una proiezione ovale della terra conosciuta nel suo tempo.

Attorno al 350 a.C. **Aristotele (384-322 a.C.)**, filosofo, espone sei argomenti a prova della sfericità della terra, con la ripresa della suddivisione del globo nelle fasce latitudinali dei climi e fu da allora che in ambiente scientifico venne accettata generalmente tale concezione.

Un passo avanti. Una importante evoluzione nella costruzione del modello del globo terrestre è dovuta a **Dicearco di Messina (347-285 a.C.)**, allievo di Aristotele, con l'introduzione in cartografia del **primo sistema di riferimento basato su criteri proiettivi**, con un parallelo a latitudine costante passante per Rodi e lo stretto di Gibilterra (allora, colonne d'Ercole), denominato **Diaphragma**, tale da dividere l'ecumene in due parti, ed al quale era forse abbinata una perpendicolare, passante per l'isola di **Rodi**. Queste due rette ortogonali rappresentavano così il primo riferimento, a partire dal quale venivano computate le distanze tra le varie località conosciute (fig. 1.1.7).

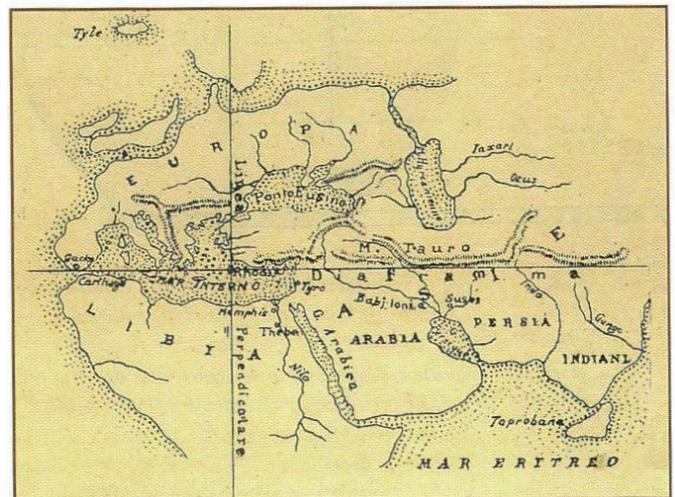


Figura 1.1.7 Il primo sistema di riferimento, ideato da Dicearco di Messina (347 – 285 a.C.), rappresentato dal Diaphragma, una linea retta che divide in due parti l'ecumene partendo dallo stretto di Gibilterra sino alle estremità orientali del mondo allora conosciuto e da un'altra retta perpendicolare ad essa passando per l'isola di Rodi.

Più tardi **Eratostene di Cirene (284-192 c. a.C.)**, filosofo, matematico e bibliotecario ad **Alessandria**, grazie al suo ruolo nella Biblioteca di Alessandria, disponeva di tutte le informazioni trascritte relative alle conoscenze geografiche, e della sua opera **Geographika** è rimasta qualche parte. Ancorandosi al Diaphragma di Dicearco, porta a **7 i paralleli** e introduce **7 meridiani**: le partizioni ottenute sono chiamate **sphragidia** (sigilli) realizzando una nuova carta del mondo conosciuto. (fig. 1.1.8). Effettuò inoltre la prima misura delle dimensioni

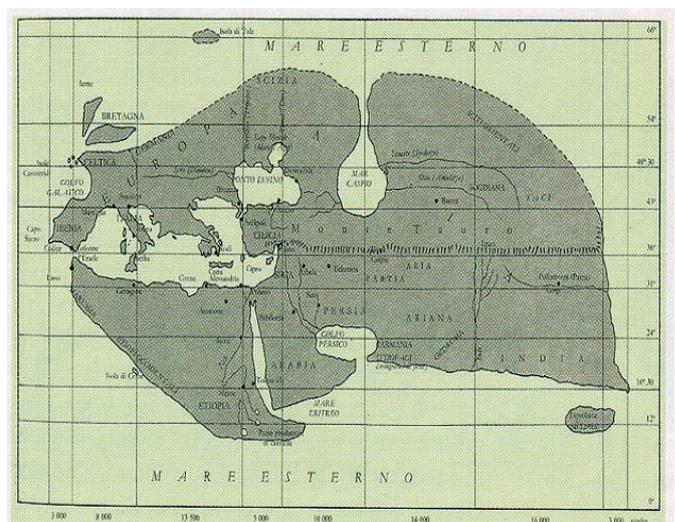


Figura 1.1.8 La rappresentazione dell'ecumene nella carta di Eratostene di Cirene (284 - 192 a.C.)

della Terra con un'approssimazione veramente singolare considerati le tecniche ed i mezzi all'epoca impiegati; la stima della circonferenza e del diametro terrestre, venne effettuata mediante un calcolo trigonometrico, paragonando la differenza d'inclinazione dei raggi solari, a mezzogiorno del solstizio estivo, fra la sua città e Syene, città in riva al Nilo, quasi a 900 km a sud di Alessandria e in pratica sullo stesso meridiano (non è noto come abbia potuto valutare la coincidenza del meridiano). Nel momento della misura, mentre ad Alessandria una pertica lascia sul suolo un'ombra, a Syene viene illuminato il fondo di un profondo pozzo. Col calcolo trigonometrico, conclude che la circonferenza della terra è di 40.234 km (40.076 all'equatore, 40.009 al meridiano), e il suo diametro di 12.875 km (naturalmente vi è l'incertezza dei valori effettivi calcolati da Eratostene, in quanto è dubbia la lunghezza dell'unità di misura - stadio - adottata). Le cifre reali sono state stimate 2200 anni più tardi dai lavori dell'Anno Geofisico Internazionale. **Stima anche in 59,5 miglia marine (misura attuale), la lunghezza dell'arco di meridiano (misura quasi esatta)**, a fronte delle 50 miglia stimate da Tolomeo e le 45 miglia stimate da Colombo. (fig. 1.1.9)

Ipparco di Nicea (metà del II secolo a. C.), propugnò l'uso di misurazioni astronomiche per la determinazione dei valori geografici (trigonometria della sfera)

sulla carta; egli aveva inoltre lanciato l'idea d'un reticolo immaginario di meridiani e paralleli. Ma, data l'esiguità e l'imprecisione di rilevamenti astronomici concernenti la latitudine e soprattutto la longitudine di località note, il metodo non trovava applicazione credibile nella descrizione dell'ecumene conosciuto. *Cratete di Mallo* (I sec. a.C.), grammatico, produsse una mappa dell'ecumene con l'oceano corrente lungo l'equatore. Questo tipo di rappresentazione durerà fino al medio evo, nella rappresentazione di un mondo ripartito in settori separati da mari rettilinei, di cui uno corre lungo l'equatore.

Strabone (I sec. a.C.), studioso greco ma di cultura romana, scrive una *Geografia*, anche sulla base dell'esperienza dei suoi viaggi. Il suo testo è eminentemente un'analisi critica della produzione scientifica e cartografica del tempo. Non si conosce produzione cartografica. Nella difficoltà riscontrata nel mondo antico a elaborare con sufficiente precisione i dati rilevati, non è estraneo il sistema di notazione numerica, troppo complesso fino al XV secolo, con l'adozione delle cosiddette cifre arabe. La conoscenza della trigonometria non era sufficiente, senza una possibilità di applicazione pratica sostenuta da un modo semplice di impostare ed eseguire i calcoli.

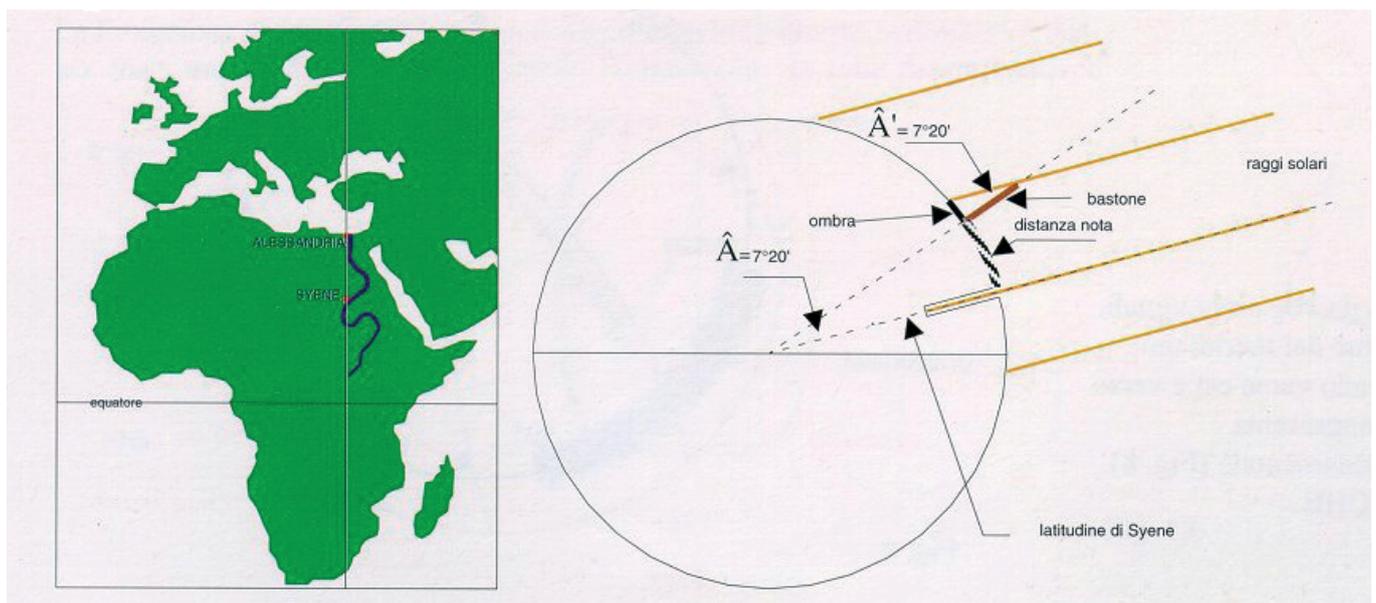


Figura 1.1.9 Dimostrazione di Eratostene della sfericità della Terra

1.1.3 Dalla scuola greca al pensiero romano

La sostanziale differenza fra il mondo di cultura greca e quello di cultura romana, per quanto concerne la cartografia, fu l'attitudine di quest'ultimo a volersi occupare della conoscenza geografica in funzione della sua applicabilità a fini pratici: a fronte della grande produzione speculativa scientifica dei greci, quella romana fu dedicata a "lottizzare il mondo, più che a studiarlo. I territori sono squadrati, nella realtà, dal reticolo delle centuriazioni, e cartografati per usi strettamente catastali.

A questo riguardo torna utile anche la pietra, acconciamente spianata per recare l'incisione della partizione fondiaria (Catasto del Rodano), o per riportare la mappa di Roma in una scala di grande dettaglio, nota come *Forma Urbis Marmorea* (fig. 1.1.10).

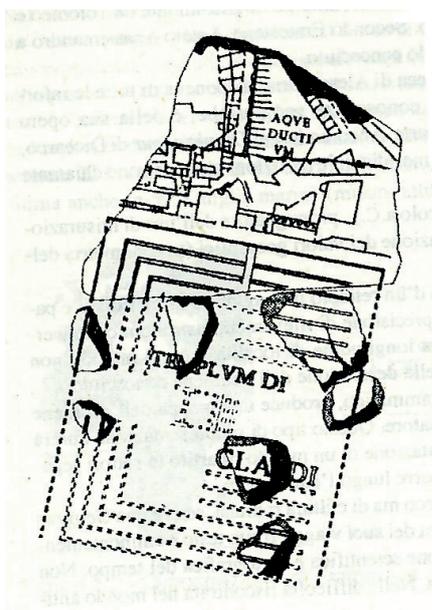


Figura 1.1.10 *Forma Urbis Marmorea*. Mappa di Roma sotto l'imperatore Settimio Severo (fra 208 e 211 d.C.)

Presso la civiltà romana, particolare attenzione venne data all'agrimensura, ma il principale contributo offerto alla cartografia fu dato dalla realizzazione dei famosi itinerari, prodotti in occasione delle varie campagne belliche: gli *itineraria scripta* o *adnotata* e gli *itineraria picta*. I primi riportavano con annotazioni scritte la descrizione dei territori in forma letteraria; mentre i secondi rappresenta-

vano in forma grafica la morfologia, la viabilità, le fortificazioni, ecc. di un dato territorio.

Emblematica di questo secondo tipo è rimasta la famosa *Carta itineraria* (ritrovata verso la fine del XV secolo), rappresentazione grafica di carattere itinerario dell'Impero romano. Questo preziosissimo cimelio della cartografia antica, più noto con il nome di *Tabula Peutingeriana* (fig. 1.1.11), fu ritrovato nel 1507 da Konrad Celtes, bibliotecario dell'imperatore Massimiliano I, e successivamente donato allo studioso Konrad Peutinger, da cui trae la denominazione, che ne curò la ristampa, ultimata nel 1598. La Tabula rappresenta l'*itinerarium scriptum*, eseguito nel 375 d.C. da un certo Castorius su un rotolo di pergamena alto appena 34 cm

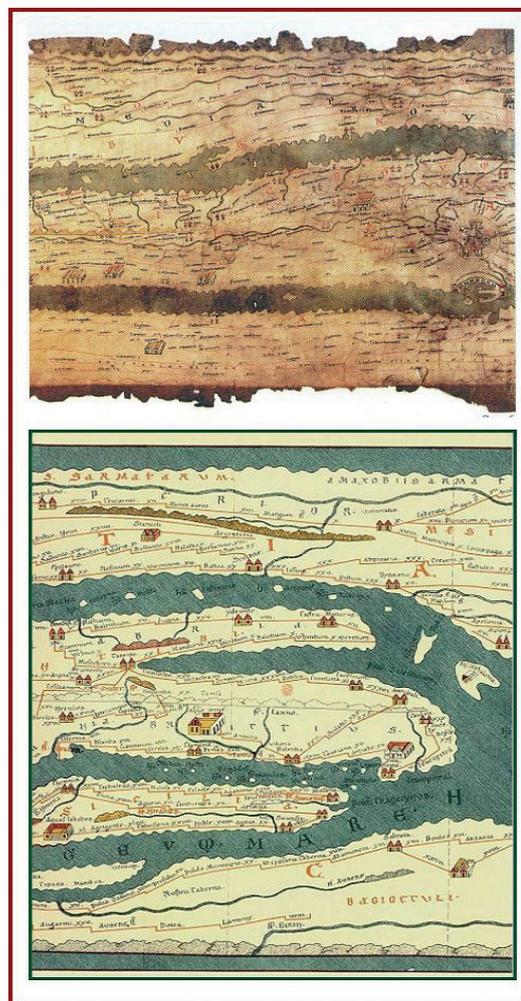


Figura 1.1.11 *Tabula Peutingeriana*. Disegnata nel 375 d.C. su una pergamena alta 34 cm e lunga poco meno di 7 m rappresentava la viabilità dell'epoca. La tabula, di cui qui viene rappresentata una porzione (in alto), fu ritrovata nel 1507 e successivamente fatta ridisegnare e riprodurre (in basso) dallo studioso Konrad Peutinger da cui ha tratto il nome.

e lungo poco meno di sette metri, con la rappresentazione dello sviluppo stradale del tempo per un totale di ca. 120.000 Km, in un contesto cartografico forzatamente deformato e stirato.

C. Sallustio Crispo (I sec. a.C.), storico, è autore del *De bello jughurtino*, al quale annette una carta dell'Africa settentrionale. Prodotta per un uso didattico, è verosimilmente del tipo TO. Le carte di tipo TO descrivono solitamente la parte di globo compresa tra Germania, Francia e Spagna a nord (con notazione di terre ancora più settentrionali quali: "Scotia, Anglia, Orchades"), Nord Africa a sud, Medio Oriente a ovest. In realtà non si tratta di descrizioni, ma di semplici citazioni toponomastiche (fig. 1.1.12).

Marco Vipsanio Agrippa (I sec. d.C.), ex governatore della Gallia, fa realizzare una mappa dell'ecumene, dipinta su muro, ora perduta.

Pomponio Mela (I sec.) descrive un vasto mondo australe, separato da quello noto da un oceano equatoriale, e di cui Ceylon può essere un promontorio avanzato.

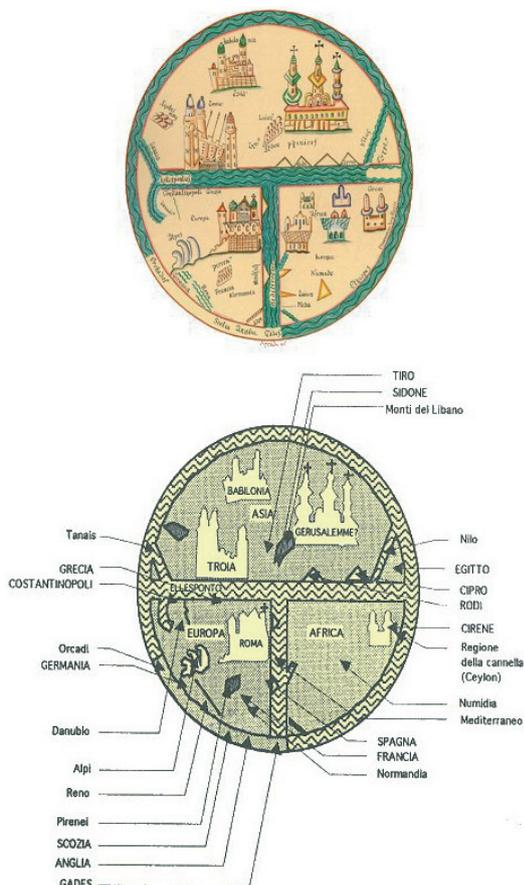


Figura 1.1.12 Carta del tipo TO. Ipotesi di ricostruzione del mappamondo di Sallustio

Marino di Tiro (vissuto intorno al 110 d.C.) rappresenta il globo terrestre, secondo la concezione di Ipparco, ne approfondisce le teorie. A lui si deve la realizzazione del primo reticolato geografico, con uso della longitudine e della latitudine, per l'individuazione delle posizioni dei luoghi. La sua opera, tuttavia, è nota solo per le descrizioni di Tolomeo.

Una vera e propria sistematica cartografica giunse, per la prima volta nella storia, solo verso il 150 d. c., quando **Claudio Tolomeo** (100-178 d.C.) stabilì il fondamento della **cartografia razionale**, fornì la precisa formulazione delle regole di costruzione di globi terrestri e di planisferi ed elaborò, sulla base di una revisione generale delle conoscenze scientifiche del tempo, la rappresentazione di tutto l'ecumene noto (63° Nord, latitudine di Tule, 16° Sud, latitudine di Massaua) producendo la sua famosa carta del mondo (figg.1.1.13 e 1.1.14), che rimase tuttavia affetta da una grave **deformazione longitudinale**.

Successore di Marino di Tiro, Tolomeo produce una serie di calcoli per la rappresentazione della Terra, utilizzando dati relativi all'osservazione contemporanea di un'eclissi di luna in due località distanti tra loro (i dati erano di quasi cinque secoli prima). Tuttavia la insormontabile difficoltà delle valutazioni di longitudine gli fa introdurre significativi errori (calcola la distanza tra le località in 45°, a fronte degli effettivi 34°; il solo Mediterraneo viene quindi valutato maggiore di 11° rispetto alla realtà); la deformazione longitudinale dell'area mediterranea verrà corretta solo dieci secoli dopo. Introduce una

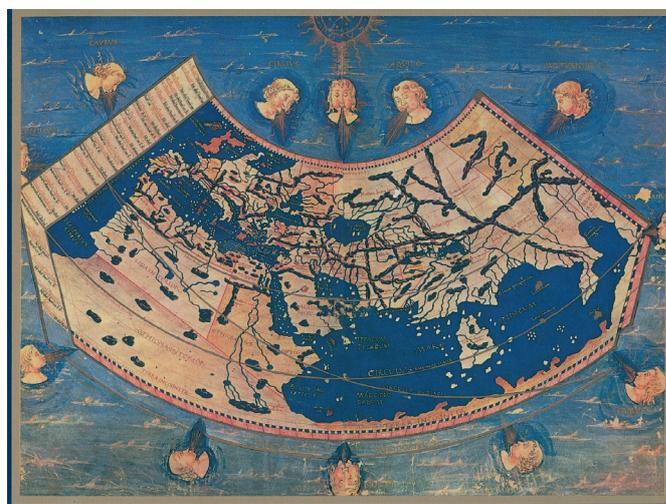


Figura 1.1.13 Carta del mondo di Claudio Tolomeo



Figura 1.1.14 Particolare del territorio italiano nella Carta del mondo di Claudio Tolomeo

rappresentazione per proiezione conica, rettificata per aree ridotte, più corretta di quella adottata da Marino (fig. 1.1.15); entrambe queste impostazioni si ancorano al *Diaphragma* passante per Rodi. Sostiene la teoria geocentrica.

Agatodemone (V sec.) matematico, produce carte ricavate dagli studi e descrizioni di Tolomeo

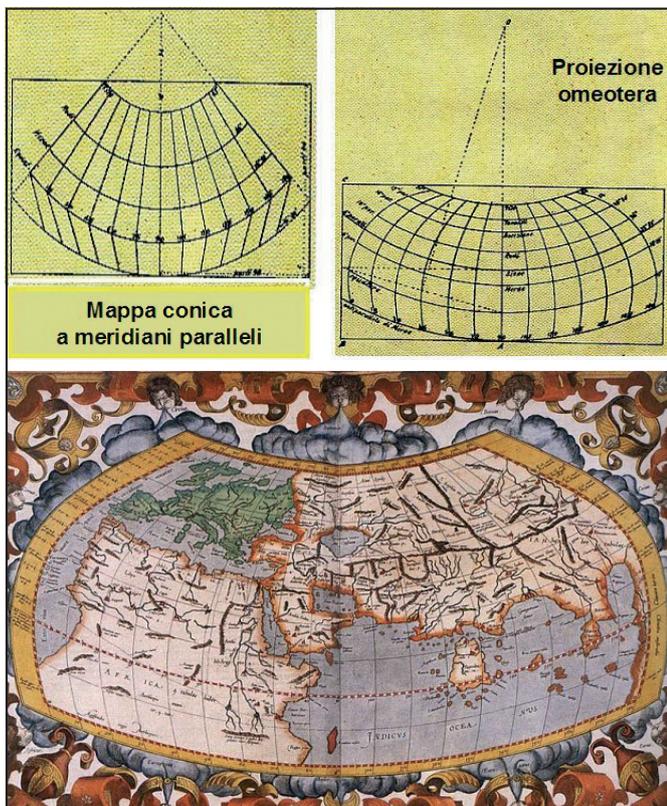


Figura 1.1.15 Il sistema di proiezione conica utilizzata da Claudio Tolomeo per rappresentare il mondo allora conosciuto.

1.1.4 La scuola islamica e la scuola ebraica

Con il decadimento della cultura greco-latina, la cartografia tornò poi schematica e primitiva. In tutto il vecchio continente, il Medioevo vide l'affermarsi di un modello cartografico emisferico ed ecumenico, col quale si rappresentava generalmente la Terra in forma circolare, con la composizione cosiddetta T-O, (fig. 1.1.16).



Figura 1.1.16 Rappresentazione della Terra in forma circolare, con la composizione cosiddetta T-O.

“Un T dentro ad un O mostra il disegno Come in tre parti fu diviso il mondo, E la superiore è il maggior regno, Che quasi piglia la metà del tondo, Asia chiamata; il gambo ritto è segno Che parte il terzo nome dal secondo: Africa, dico, da Europa; il mare Mediterran tra esse in mezzo appare”. (Sonetto di Gara Dati, XV secolo)

Nel contempo, la cultura islamica assicurò notevoli progressi scientifici nel campo della cartografia, dell'astronomia, della matematica, tanto da attivare anche un'importante scuola di traduttori, alla quale si deve tra l'altro il merito di aver tramandato ai posteri preziosi capolavori in lingua greca, come la *Geografia* di Tolomeo, riscoperta e diffusa nella cultura europea grazie a Manuele Crisolora e Jacopo Angelo di Scarperia, agli inizi del XV secolo, modello da cui derivarono varie edizioni della carta tolemaica (fig. 1.1.17).

Isidoro di Siviglia (VII sec.) è autore di una mappa del tipo cosiddetto TO, in cui la T sintetizza la fonna dei mari cartografati, in un oceano ad O che contiene le terre conosciute. Questa standardizzazione delle carte perdurerà a lungo, almeno fino al XII secolo.

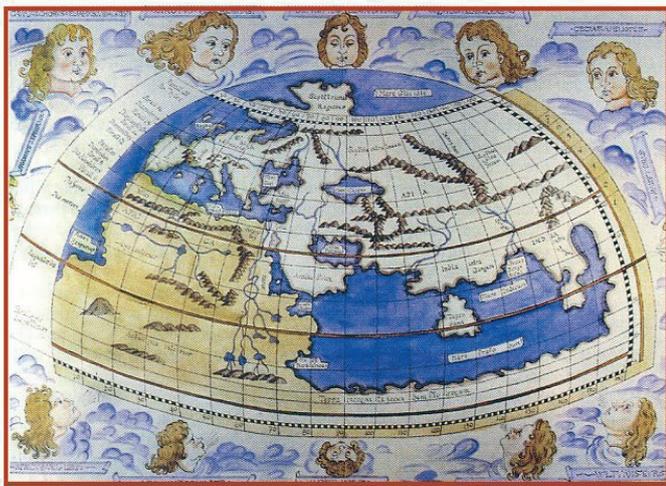


Figura 1.1.17 Edizione della carta tolemaica tratta dal testo in lingua greca della "Geografia" di Tolomeo e riprodotta agli inizi del XV secolo ad opera di Manuele Crisolora e Jacopo Angelo di Scarperia

Casa della Saggazza (VIII sec.), scuola di geografia fondata dal Califfo alMa'mun, raccoglie e traduce le opere greche. Produce una carta (aḡ-ḡura) ricavata principalmente dalle opere, rivedute e aggiornate, di Marino di Tiro e Tolomeo.

Balkhi (X sec.), geografo, progetta e inizia un atlante del mondo islamico. **La sua scuola introduce una innovazione nella redazione cartografica: le sue carte hanno il sud in alto e il nord in basso**, forse per ragioni religiose; le città sante d'Arabia, infatti, risultano, nelle sue carte, poste più in alto, in posizione dominante quindi, rispetto a. tutte le altre cartografate.

Muqaddasi (X sec.), geografo, conclude l'opera iniziata da Balkhi. Le carte prodotte in questo periodo sono essenzialmente dedicate alla navigazione, e sono comunque infarcite di contenuti religiosi e filosofici che tendono a prevalere sui contenuti topografici.

***El-Edrisi* (XII sec. d.C.)**, geografo, realizza una mappa del globo su un disco d'argento di 6 m di diametro per Ruggero II di Sicilia (1164). Produce soprattutto un atlante generale in 70 tavole. In questo periodo comincia a trovare credito la teoria di un mare australe continuo.

***Scuola di Majorca* (XIII sec.)**, di cultura ebraica, produce prevalentemente carte nautiche in forma di **portolani** (carte in cui viene descritto l'andamento delle coste e dei punti notevoli in prossimità di esse), per le quali si adotta il **rilevamento a bussola**. Viene realizzata la "Carta Pisana", portolano del mediter-

raneo, in cui la raffigurazione delle terre è esatta. *Famiglia dei Sifaqsi* (XVI sec.), cartografi tunisini, produce carte che ampliano e integrano quelle precedenti, accogliendo i dati che provengono dai portolani. *Piri Re'is* (XVI sec.), ammiraglio della flotta turca, è il più famoso cartografo del periodo, autore anche di un manuale di navigazione. Produce mappe delle coste dell'Atlantico, fino all'America.

1.1.5 La scuola europea

Con l'avvento delle crociate, l'uso della bussola magnetica e l'inizio dei grandi viaggi per mare e per terra, lo sviluppo della cartografia ebbe una nuova spinta e furono rettificata le errate idee geografiche provenienti dal mondo classico.

Tra il XII ed il XIII secolo, furono soprattutto i portolani e le carte nautiche ad avere maggiore importanza. Tra le opere più rimarchevoli, una speciale menzione spetta certamente alla *Carta Pisana* (1300-11), (fig. 1.1.18), alla *Carta di Giovanni da Carignano* (1306) ed all'*Atlante Catalano* (1375), anche se, invero, vari centri sorsero per la produzione di cartografia nautica: le scuole e le botteghe di Genova e di Venezia, la scuola Catalana, la scuola anconetana dei Benincasa, le botteghe degli Olives e dell'ammiraglio corsaro Piri Re'is.



Figura 1.1.18 La "Carta Pisana" disegnata su pergamena nella seconda metà del XIII secolo (Bibliothèque Nationale, Paris)

A partire dal XVI secolo, si registrò poi una rinnovata rifioritura degli **studi geografici, astrologici e cartografici**, i quali riacquistarono il **carattere di universalità avuto nella scienza greca**. L'invenzione della stampa, la scoperta di nuove terre da parte dei grandi navigatori oceanici, quali Cristoforo Colombo (1451-1506), Amerigo Vespucci (1454-1512), Giovanni Caboto (XV sec.) e Ferdinando Magellano (1480-1521) nonché il forte interesse

politico venutosi a creare intorno ai nuovi territori crearono l'*humus* adatto per lo sviluppo di nuove problematiche inerenti alle tecniche cartografiche allora conosciute. La sfericità della terra diventò un concetto affermato. La navigazione a stima fu abbandonata. Crebbe il bisogno di mezzi strumentali e cartografici sempre più precisi. Ed in questo clima, furono **riconsiderati i sistemi di riferimento geografici.**

Le opere di **Tolomeo** tradotte in latino nel Rinascimento, hanno contribuito ad impostare la geografia e l'astronomia (sistema tolemaico) fino al XVII secolo. Nella sua opera - che non è di fatto che una divulgazione dei lavori precedenti - vi è anche **il calcolo della latitudine e longitudine di ottomila punti;** diverrà la base dei successivi lavori dei musulmani dal IX secolo, e degli europei a partire dal XIV secolo. Su questi calcoli (ancora imprecisi, soprattutto per la longitudine) si baseranno i cartografi dall'inizio del Rinascimento. Fra di essi, **Paolo dal Pozzo Toscanelli**, la cui carta (fig. 1.1.19)

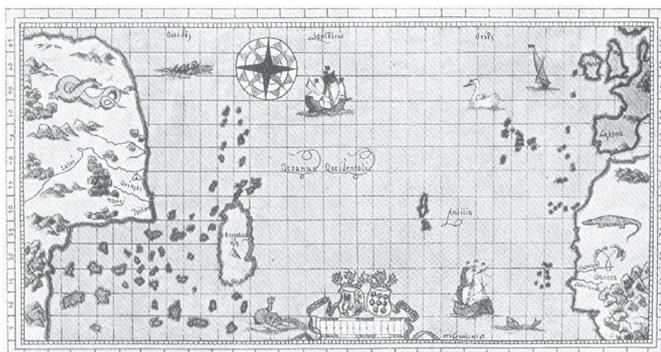


Figura 1.1.19 Carta di Paolo dal Pozzo Toscanelli. Questa carta venne usata da Cristoforo Colombo nel suo primo viaggio. Le notazioni compaiono in uno schizzo dell'itinerario, tracciato dal fratello Bartolomeo.

fu utilizzata da Cristoforo Colombo nel suo primo viaggio di esplorazione verso "le Indie"; in essa a occidente dell'Atlantico compare un profilo di costa, preceduto da una grandissima isola, e fra due un arcipelago; nessun profilo è tuttavia effettivamente riconoscibile.

Maximus Planudes (fine del XIII sec.), erudito studioso e monaco bizantino, rinviene i perduti manoscritti di Tolomeo, e sulla base delle descrizioni e delle notazioni di coordinate, disegna un Atlante in 26 tavole. Questa riscoperta ha una influenza determinante su tutta la successiva produzione cartografica, fino al XV secolo.

I *portolani* erano, nel XV secolo, carte decisamente "moderne", precise e affidabili per la navigazione mediterranea, anche se la loro costruzione non rispettava i canoni dettati da Tolomeo. Ma, al di fuori dell'antico "ecumene", non vi erano carte nautiche attendibili. Colombo nel suo primo viaggio di esplorazione verso "le Indie", usa la carta di Paolo dal Pozzo Toscanelli, in cui a occidente dell'Atlantico compare un profilo di costa, preceduto da una grandissima isola, e fra i due un arcipelago; nessun profilo è tuttavia effettivamente riconoscibile. È in

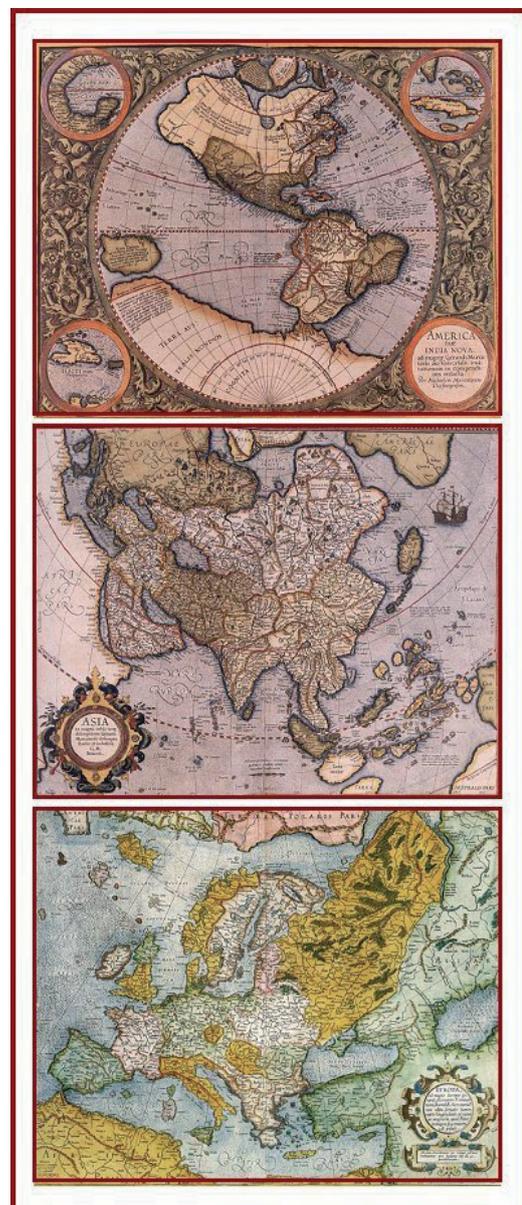


Figura 1.1.20 Tavole tratte dall'Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi et fabricati figura, di Gerhard Krener, detto il Mercatore,

questo periodo che la rappresentazione cartografica compie un deciso balzo in avanti, grazie a criteri di rilevamento strumentale di maggiore esattezza di quelli precedentemente adottati, e con l'adozione di sistemi di proiezione rigorosi, messi a punto da studiosi di diverse nazioni; in particolare, tedeschi, olandesi e italiani che, con le loro ricerche, ottengono significativi successi.

A **Gerhard Kremer (1512-1594)**, già noto come **Mercatore**, e da non confondere con Nicolas Kaufman (1620, 1687 matematico, ugualmente noto col nome di Mercatore), geografo e matematico olandese di Fiandra, si deve, in particolare, la realizzazione della celebre **carta del mondo (1569)**, mettendo a punto una proiezione che rispetta gli angoli fra meridiani e paralleli, prendendo come riferimento l'impostazione scientifica tolemaica. Il sistema di proiezione che da lui prese il nome (**Proiezione di Mercatore**) ebbe subito grande diffusione, specialmente per esigenze di navigazione. Nel 1595 usciva postuma, ad opera del figlio, la terza ed ultima parte dell'*Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi et fabricati figura*, l'opera monumentale di Gerhard Kremer, detto **il Mercatore**, considerato da molti il più grande cartografo di tutti i tempi (fig. 1.1.20). Era la prima volta che la parola **atlante** veniva usata per indicare una raccolta di carte geografiche e l'opera di Mercatore ebbe tale risonanza che *Atlas* divenne subito sinonimo di raccolta di carte geografiche. **Abraham Ortelius di Anversa (1527-1598)**, geografo-cartografo pubblica nel 1570, nella città natale, il primo *Atlante speciale*, raccolta di mappe in forma di Atlante elaborate da autori diversi e tali, quindi, da non possedere coincidenza tra i bordi delle mappe adiacenti, successivamente seguito dal ***Theatrum Orbis Terrarum***, (fig. 1.1.21), che tanta parte ebbe per il definitivo affrancamento dalla parentesi medievale.

Per il territorio italiano, i massimi cartografi del periodo si possono identificare in **Giacomo Gastaldi** (XVI secolo) **Giovanni Antonio Magini** (1555-1617). Il primo, cartografo piemontese operante a Venezia, che analogamente all'Ortelius pubblica nel 1561 il *Disegno della Geografia moderna dell'Italia*, selezione dei prodotti cartografici italiani, riveduti e corretti personalmente, anche con l'ausilio dei por-

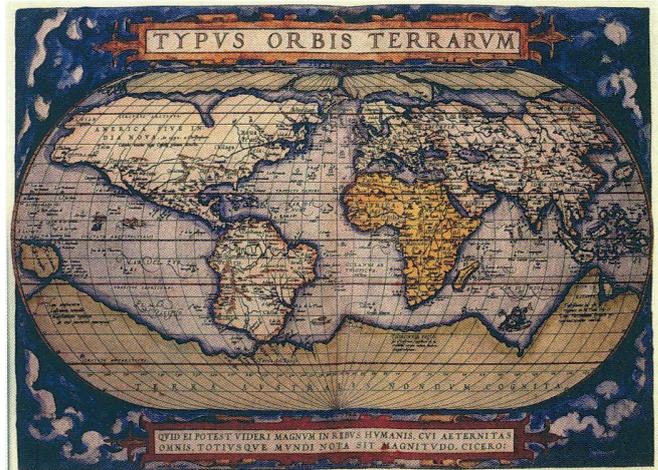


Figura 1.1.21 *Theatrum Orbis Terrarum*, pubblicato nel 1570 ad Anversa da Abraham Ortelius, rappresenta una raccolta di mappe in forma di atlante.

tolani; in particolare correggendo la deformazione longitudinale dell'Italia, impostata da Tolomeo.

Il secondo, astronomo e geografo, disegna la **carta d'Italia in 6 fogli**, e la pubblica nel 1609 col titolo ***Italia Nova***, prodotto innovativo per dimensione e accuratezza fino ad allora; la qualità del prodotto è tale che sostituisce in seguito le analoghe carte sia sull'Atlante di Mercatore, sia di altri autori. Redige inoltre ***l'Atlante d'Italia***, che verrà pubblicato dal figlio nel 1620, dopo la sua morte. Le opere di Magini resteranno in uso fino all'avvento della **cartografia geodetica**.

Tra il 1580 ed il 1583 per merito del domenicano **Ignazio Santi**, coadiuvato dal fratello Antonio, viene raffigurato l'intero territorio italiano come è possibile ammirare nella **Galleria delle carte geografiche nei musei Vaticani** (fig. 1.1.22).

Tutto il secolo XVII, mentre si andava affermando in Europa la necessità di una cartografia "istituzionale", fu invero caratterizzato dalla realizzazione e diffusione di numerosi atlanti, a volte ristampati in varie edizioni ed anche in più volumi, tra i quali emerge certamente quello di **Vincenzo Coronelli** (1650-1718), cosmografo della Repubblica di Venezia, di cui sono noti la ponderosa produzione di carte (400), raccolte in 13 volumi, e gli studi scientifici di cosmografia e geografia.

Sul piano della strumentazione, importanti progressi contribuirono al perfezionamento delle tecniche di rilievo, come ad esempio la *Tavoletta Pre-*

1.1.6 Carte storiche e sistemi di misura

Se le carte storiche hanno avuto un'evoluzione nella direzione di una sempre maggiore esattezza dimensionale nella descrizione del territorio, passando dalle rappresentazioni astratte, culturali e celebrative a quelle socio-etnografiche e descrittive, anche in termini di rappresentazione "a volo d'uccello" del paesaggio, per approdare a quelle di tipo analogico, corrette nella rappresentazione ortografica in scala, non significa che il linguaggio delle carte sia stato un linguaggio universale.



Figura 1.1.22 Esempi di rappresentazioni del territorio italiano conservati nella Galleria delle carte geografiche nei musei Vaticani dipinte da Ignazio e Antonio Danti tra il 1580 ed il 1583

toriana (fig. 1.1.23), realizzata da *Johannes Praetorius* (1537-1616) di Norimberga, strumento di rilevazione che fu usato e apprezzato per secoli e che ancora oggi conserva la sua funzionalità, specialmente per rilievi di dettaglio a grande scala in contesti archeologici, al quale si affiancò il barometro, che consentì la determinazione delle prime altitudini.

Ancora nello stesso secolo, l'olandese *Snellius, Wilbrord Snell van Royen* (1580 o 1591-1626), effettuò per primo la misurazione di una base geodetica ed applicò il principio della triangolazione per la misura delle distanze e delle altezze, ponendo così le basi per l'inizio della cartografia geodetica.

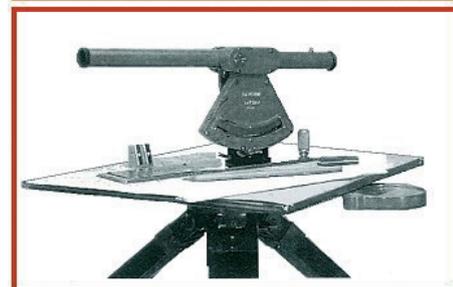
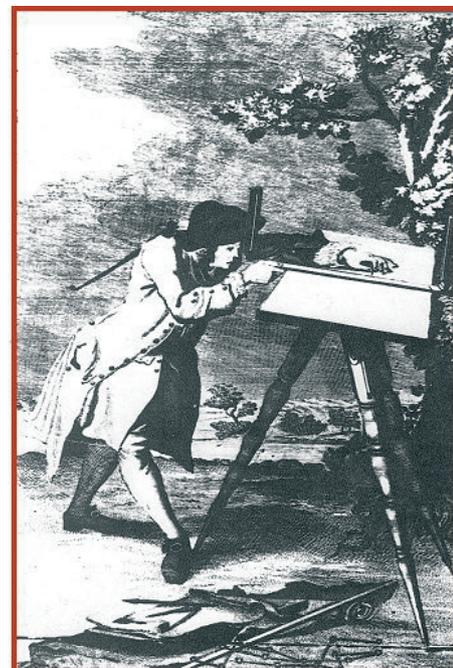


Figura 1.1.23 Tavoleta Pretoriana. (in alto) Disegno tratto dal "De re ichnographica" di G. Giacomo de Marinoni (Vienna, 1751) in cui viene illustrato un rilevatore con tavoletta pretoriana sulla quale è montata una diottra a traguardi. (In basso) Tra il 1930 e il 1940, presso l'Istituto Geografico Militare furono costruiti circa 50 di questi strumenti su progetto del capitano Petrinì; si tratta di un apparato semplice e leggero che fu concepito per l'impiego in operazioni di rilevamento speditivo.

La capacità di riprodurre il territorio mediante segni convenzionali, rapportati alla dimensione effettiva degli oggetti e degli luoghi rappresentati dai segni stessi, non ha usato nel tempo codici di riferimento rapportati ad una unità di misura comune all'ambito dei paesi di pari livello tecnologico, in quanto ogni entità di governo di uno specifico territorio si è dotata, evolvendoli nel tempo, di sistemi di misura propri.

È logico che il modulo base per la misura, esigenza connaturata alle attività umane, prenda avvio da elementi comuni alla società che ne sente l'esigenza: la società più antica è quella dell'uomo neolitico e agricoltore, che per primo deve aver conoscenza del "quanto", rapportandosi in termini utilitaristici con l'ambiente e la sua fruibilità. Gli elementi comuni ad un primitivo contesto etnico, identificabili facilmente e sempre a "portata di mano" sono le parti del corpo umano che tipicamente rivestono carattere di mobilità agile: braccia, gambe, piedi, mani, dita, simili tra i componenti adulti, in genere, maschi, del gruppo sociale.

L'avambraccio è stato il modulo di misura in uso anche presso società evolute, tra le prime quella egizia, che introdusse anche partizioni minori del modulo, palmo e dita, rese poi misure campionate mediante l'impiego di barre metalliche; questo fu reso possibile dal livello culturale della stessa società dopo la IV dinastia (circa 2570 a.C.), che giunse anche a stabilire un rapporto tra il modulo di misura corrispondente al piede umano e la 800^a parte del lato della piramide di Keope. La lunghezza di questo "piede" egizio risulterebbe pertanto corrispondente a 28,4 cm, simile ad altri di cultura greca (circa 30 cm) e romana (29,6 cm), quest'ultimo probabilmente derivato dal precedente.

La misura del modulo greco, per Atene, venne stabilito da ufficiali dell'esercito; si diffuse da qui l'uso di un sistema di riferimento dimensionale ufficiale nei territori anatolici – anatoli significa oriente nel greco antico – cioè nella Turchia, e il modulo campione fu depositato nella Costantinopoli romano-bizantina e a Roma. La cultura romana riuscì, attraverso la forza economica e politica prima della Repubblica e poi dell'Impero, a diffondere il modulo del piede romano a tutto il territorio governato, segnando anche fisicamente il paesaggio delle pianure attraverso la sistemazione delle grandi opere

di bonifica e appoderamento dei terreni agricoli: la centuriazione, ancora chiaramente leggibile nella pianura padana.

Dopo il V secolo sui territori dell'Impero romano - in conseguenza della perdita di potere di questo - si susseguirono sostanziali mutamenti dell'assetto politico e amministrativo del territorio precedentemente gestito da un'unica struttura, anche se il sistema di misura d'impianto romano sopravvisse fino all'VIII secolo nei luoghi di maggior estensione della proprietà fondiaria pubblica o ecclesiastica, in particolar modo nell'area riminese e ravennate, dove l'influenza bizantina mantenne la memoria, nell'uso, del piede romano, del fondo, dello jugero fino al X secolo, pur se nell'ambito della cultura longobarda. Nell'VIII secolo, sotto il regno di Liutprando venne sancita una nuova unità di misura, il *pes Liutprandi regis*, chiamato poi piede liprando, corrispondente a cm 43,8 e diffuso in area centro-settentrionale, specialmente nei territori in cui non vi era mai stata una significativa partizione fondiaria basata sul piede romano e sullo jugero.

Le successive e progressive frammentazioni del potere, spesso il relativo isolamento di singole entità amministrative, favorirono la proliferazione di unità di misura locali, anche significativamente diverse tra loro e, di conseguenza, la difficoltà di conversione metrologica (dal greco *métron*, misura) nei rapporti degli scambi commerciali fu a lungo causa di notevoli impacci. Il commercio è stato sempre un grande stimolo di contatto globale, al di fuori di qualsiasi riferimento politico, religioso o ideologico-culturale tra paesi diversi, ed era pertanto logico che si giungesse ad evidenziare l'esigenza di criteri comuni per la gestione della transazione commerciale di merci valutate a dimensione o quantità.

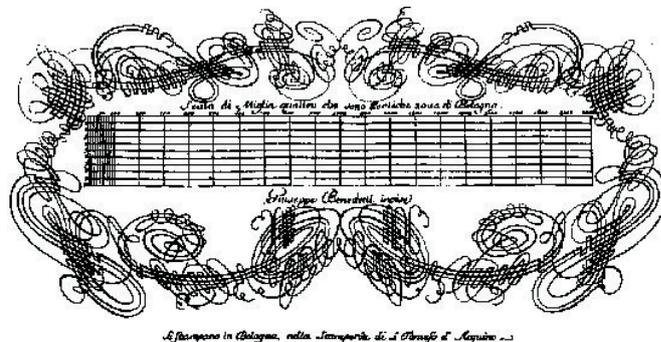
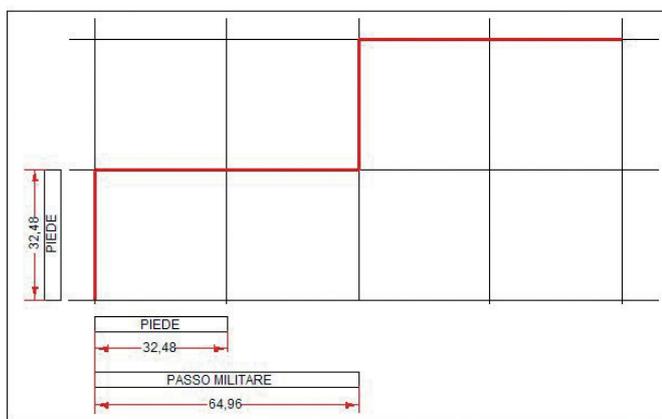


Figura 1.1.24 Rapportatore di scala, A Chiesa, Carta della pianura bolognese, misura in miglia e pertiche, 1740-1742

Nel XVII secolo i Re di Francia Luigi XIII e Luigi XIV tentarono l'unificazione dei sistemi di misura a scala nazionale e su questo stimolo alcuni scienziati, tra cui l'inglese Christopher Wren, architetto e matematico e l'olandese Christian Huygens, astronomo, matematico e fisico, studiarono le possibili risoluzioni al problema di trovare un sistema di misura unitario e logico. In questo periodo venne istituita la "Tesa di Chatelet", corrispondente a m 1,949 suddivisa in sei "piedi" di circa 32,48 cm (fig. 1.1.25); questa nuova unità ufficiale di misura

EQUIVALENZA DELLO SFORZO DI PERCORSO - MODULO 1/6 DELLA TESA DI CHATELET



Data la formula: $2a+p = 64$ $(64-p)/2 = a$ posto $p = 30$ cm $(64-30)/2 = a$

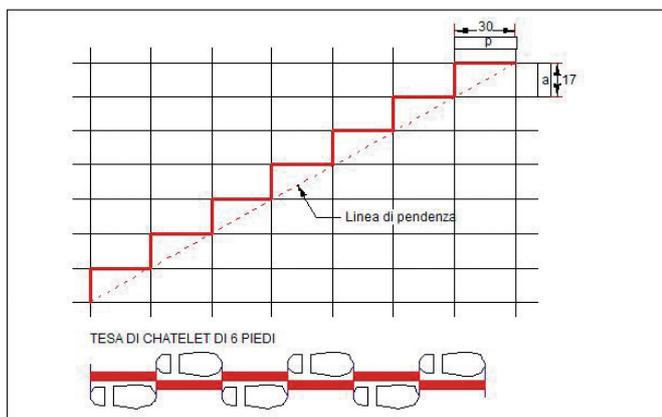


Figura 1.1.25 La tesa di Chatelet. Unità di misura utilizzata in Francia nel XVII secolo

venne colta dall'architetto francese Jacques-Francois Blondel, per la formula di calcolo della pendenza delle scale. La teoria di Blondel era espressa secondo il principio che lo sforzo compiuto da una persona per compiere un passo orizzontale pari a due piedi (64,96 cm circa, denominato "passo militare"), equivale allo sforzo per compiere un mezzo

passo in verticale, ovvero 32,48 cm. Da qui la formula per il calcolo del rapporto alzata/pedata ovvero a/p espressa come: $2a+p = 64$ circa, tuttora usata per il calcolo della pendenza.

La Tesa di Chatelet fu realizzata come campione con una barra di ferro e posta sul muro del Grand Chatelet di Parigi, quale elemento di taratura degli strumenti di misura.

Alla fine del XVIII secolo, in seguito agli studi ed ai rilevamenti geodetici condotti da Charles-Marie de La Condamine, esploratore, geodeta e matematico, Gaspard Monge, matematico francese e Antoine-Laurent Lavoisier, chimico, proposero di adottare come misura di riferimento metrologico la decimilionesima parte del quadrante di meridiano terrestre. Il sistema di misura basato su questa unità chiamata "metro" entrò in vigore in Francia nel 1801, mentre in Italia entrò in vigore solo nel 1861, dopo l'unificazione in un unico Stato di tutti i Regni e Ducati presenti sul territorio italiano.

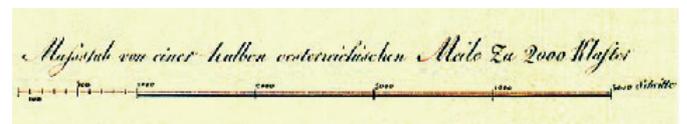


Figura 1.1.26 Rapportatore di scala. Topografia militare dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla, misura in miglia austriache, 1800-1821

Luogo	misure in centimetri			misure in metri			
	piede	palm	braccio	pernica	canna	gittata	miglio
Bologna	0,380		0,640	3,800			1900
Cesena					5,310		
Firenze			0,583				1654
Genova		0,248	0,581				1488
Milano	0,435		0,595			5,222	1785
Napoli		0,263			2,108		1852
Roma		0,223			2,234		1489
Sicilia	0,223				2,065		1487
Torino	0,513						2469
Trento	0,361			2,167			
Trieste			0,676				
Venezia	0,347		0,683				1739

Tabella 1.1.1 Unità di misura in vigore fino al 1861 in Italia

L'impiego del sistema metrico-decimale, in sostituzione dei diversi precedenti sistemi spesso a base dodicesimale o decimale-dodicesimale, può creare equivoci nella lettura degli organismi edilizi e architettonici del passato, costruiti secondo i parametri dei precedenti sistemi di misura. Ciò che non appare evidentemente razionale nella verifica su scala metrica delle dimensioni di antiche strutture, lo di-

venta se queste verifiche sono condotte secondo altri parametri, quali appunto calettati su sistemi di misura in vigore al momento dell'edificazione.

Costruire secondo misura. Nel passaggio dal luogo naturale al luogo costruito, si affronta la necessaria valutazione del modo in cui può avvenire la trasformazione, in genere cercando di ottimizzare i risultati che si possono ottenere. Un ambiente mai occupato dall'uomo è ordinato secondo le regole imposte dalla natura, ma nel momento in cui viene antropizzato scattano meccanismi di adattamento finalizzati all'ottenimento della "massima risorsa disponibile".

Questo vale anche per il costruito, che può adattarsi alla morfologia del luogo, ove le risorse tecnologiche utilizzabili non consentano di modificare fisicamente il luogo stesso se non per sovrapposizione di strutture artificiali, oppure può significativamente adattare i siti insediati per ricavarne un sedime dedicato alla costruzione pianificata.

È questo il caso della città di Mileto, già antesignana a tal riguardo; situata sulla costa orientale dell'Asia Minore, al tempo conosciuta come Ionia, in prossimità della foce del fiume Menderes; costruita secondo il piano dell'architetto greco Ippodamo di Mileto, primo urbanista in senso moderno, che pianificò la pianta urbana secondo una regolare maglia ortogonale degli assi stradali, su di una superficie di territorio dalla morfologia fortemente caratterizzata dall'andamento altimetrico, in discreta pendenza (fig. 1.1.27). La città di Mileto, troppo appetita per la sua posizione strategica rispetto al Mare Egeo e in decisa opposizione all'Impero Persiano, venne conquistata e rasa al suolo da Dario I nel 494 a.C.

La regolarità dell'impianto era già attuata nelle città del medio oriente, ma Ippodamo ne ricava una teoria sostenibile sotto il profilo della logica funzionale e formale, tal che secondo le sue teorie vennero riorganizzate diverse città, quali Seleucia, Tolemaide, Alessandria e Antiochia, Rodi costruita su progetto di Ippodamo, così come il porto del Pireo. Anche nella Magna Grecia, sulla costa della Calabria vi fu un intervento di Ippodamo, nella costruzione di Turi, al posto della distrutta Sibari.



Figura 1.1.27 Mileto, distrutta dai Persiani nel 494 a.C., ricostruita dopo il 479 o 466 a.C. Impianto urbano a "maglia scozzese"

Tutta l'organizzazione dell'impianto del tessuto urbano è basata sull'impiego di un modulo-base, multiplo dell'unità di misura in vigore, che corrispondeva a circa 30 cm; il modulo viene dimensionato secondo un criterio rimasto in vigore fino al XIX secolo: si articola su un sistema deca-docesimale, in genere dodicesimale per dimensioni ridotte e decimale per grandi dimensioni.

Nel caso di Mileto, tenuto conto del margine di errore dovuto alla trasposizione cartografica dei rilievi, sembra che il modulo corrisponda ad un rettangolo i cui lati sono 100 e 120 volte l'unità di misura, ricavandosi un valore in metri di 29,6 x 35,5. Significativo è il fatto che, con i dovuti margini di errore, l'unità di misura che si ricava è pari a cm 29,6 ovvero il piede romano.

Nello stesso periodo, ma in un altro territorio e in un'altra cultura, si costruisce un altro abitato secondo regole prestabilite: il luogo è stato nominato Misa, dal nome del pianoro su cui sorge, Misanello, e dalla località, Pian di Misano (fig. 1.1.28). La cultura che ha generato questo insediamento, re-

sidenziale e artigianale, dedito alla lavorazione dei minerali ferrosi provenienti dalla Toscana, è quella **etrusca**. La prima fase dell'abitato risale al VI secolo a.C., ma è solo nel V secolo a.C. che il luogo viene pianificato secondo criteri di assetto urbano, anche se l'insediamento non ha mai occupato tutta l'area organizzata secondo una maglia regolare. Oltre a questo, il Fiume Reno ha eroso la sponda su cui sorge Misa, disperdendo buona parte del costruito.

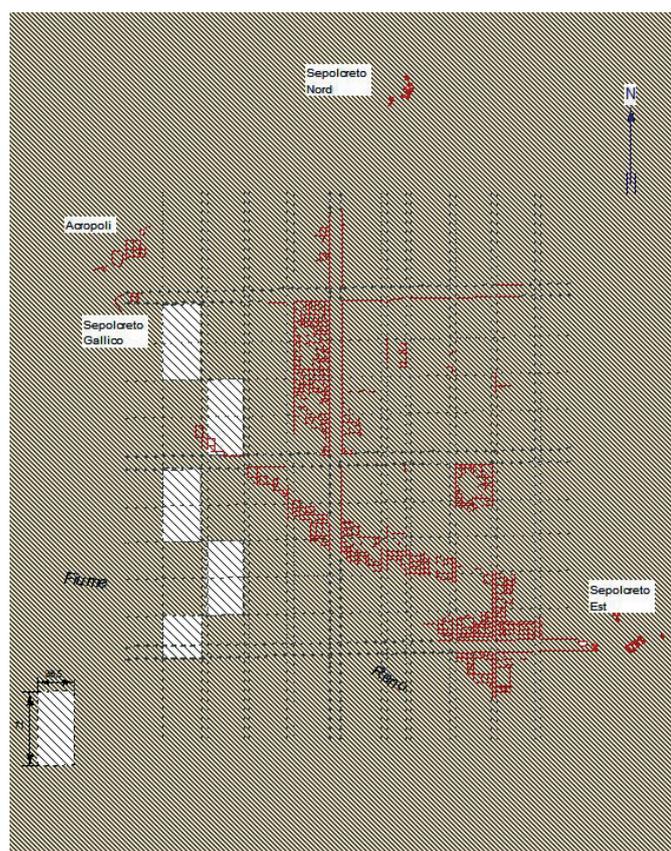


Figura 1.1.28 Misa, V secolo a.C.

Anche in questo caso l'impianto urbano è a maglia ortogonale, ed è orientato con gli assi stradali in direzione N-S e E-O, probabilmente in funzione di una teorizzazione urbanistica improntata anche alla culturalità etrusca. Il modulo-base dell'impianto infrastrutturale è molto simile a quello precedente – non va dimenticato che l'alfabeto etrusco deriva da un alfabeto arcaico greco, e che forti erano i contatti commerciali tra le due nazioni attraverso i porti adriatici di Spina e Adria – ma è eminentemente basato su un sistema dodicesimale per entrambi i lati: l'unità di misura sembra essere di cm

29,6 generante il modulo di m 35,5 x 35,5.

Tra II e I secolo a.C. la cultura romana, e le sue legioni, diedero avvio alla messa a coltura del territorio padano, bonificando le vaste estensioni impaludate o soggette a continue esondazioni dei diversi torrenti che confluivano in Po. Tale bonifica era attuata mediante canali e fossi di drenaggio tra loro paralleli e orientati secondo la linea di massima pendenza degli ambiti di pianura, in direzione N-NE, ed era logicamente integrata dal sistema viario infrastrutturale, a maglia ortogonale. Questo sistema di organizzazione territoriale è noto col nome di **centuriazione**, e differisce dai precedenti per la scala di attuazione, estesa in Emilia-Romagna dal cesenate al piacentino. La maglia strutturale, quadrata, è pari a m 710 di lato e, non a caso si basa su moduli diversamente nominati a seconda della dimensione: fundus, campus, heredium, iugerum, actus, quest'ultimo inteso quale modulo-base di m 35,5 x 35,5 e sviluppato dall'unità di misura, il piede romano di cm 29,6: pare, dunque che questa misura non sia un'invenzione romana, ma il riuso derivato da una precedente cultura, etrusca e probabilmente greca.

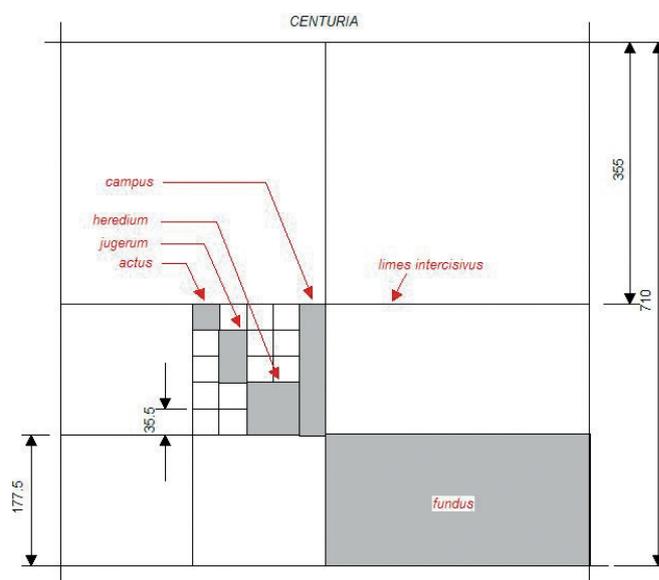


Figura 1.1.29 Le misure della centuriazione romana

Questo impianto geometrico ha disegnato enormi territori, e come molti segni del passato, è rimasto in buona parte, rendendosi visibile sulle carte topografiche, come già quelle del XVIII secolo, in cui la

maglia centuriale è ben visibile, nonostante le deformazioni dovute alla limitata precisione dei rilievi e della restituzione grafica (figg. 1.1.30 e 1.1.31).

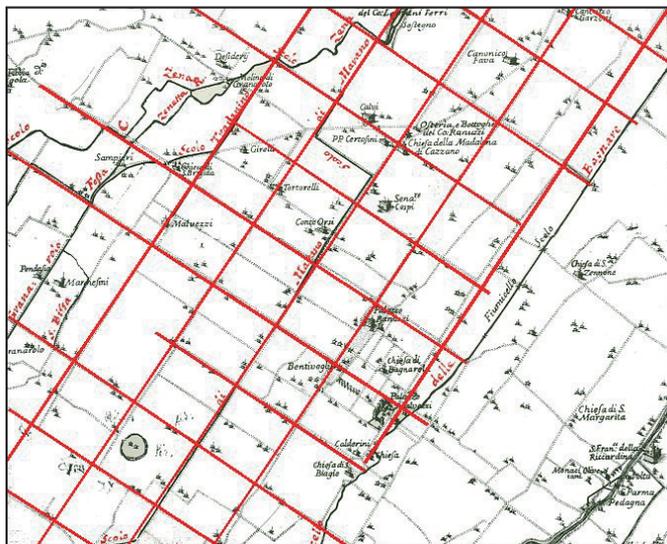


Figura 1.1.30 A. Chiesa, Carta della pianura bolognese, XVIII secolo. Scala 1:33.777



Figura 1.1.31 La persistenza dell'impianto della centuriazione romana appare ancora evidente in alcune zone del bacino padano.

1.1.7 Matematica e forma

Nel XVIII secolo, grazie alle nuove conoscenze geografiche, dovute principalmente alla ripresa dei grandi viaggi di esplorazione, si giunse ad una definizione più accurata della forma e delle dimensioni della Terra, grazie al concorso di eminenti astronomi ed illustri geodeti.

La descrizione di dettaglio del territorio, attendibile sotto l'aspetto di un corretto rapporto dimen-

sionale tra gli oggetti presenti su di esso e la loro trascrizione grafica, acquisisce un senso compiuto dal XVIII secolo, con carte del tipo di quella illustrata nella figura 1.1.30, che rappresenta la pianura bolognese come si presentava allora: sono chiaramente delineate le strade, la rete idrografica, le aree vallive o inondate, le rotte degli argini fluviali, l'insediamento.

Mentre l'edilizia urbana è rappresentata per aree omogenee, l'edilizia sparsa è individuata per simboli che raffigurano i tipi edilizi, estremamente sintetizzati e stilizzati. La scala di rappresentazione cartografica, a cui si riferisce lo scalimetro allegato, consente di misurare sulla mappa le reali grandezze degli elementi riportati, con un notevole grado di precisione.

In questa carta rimangono, tuttavia, alcune notazioni di tipo icnoscenografico, eredità della cartografia dei precedenti periodi: edilizia sparsa e piccoli centri e borghetti sono rappresentati in una interpretazione assonometrica di genere. La scala di rappresentazione cartografica, riportata sulla carta, consente di misurare sulla mappa le reali grandezze degli elementi riportati, con un notevole grado di precisione (fig. 1.1.32). Questa, ed altre carte, prodotte con sempre maggiore accuratezza e precisione fino alle soglie del XX secolo, costituiranno l'insostituibile patrimonio della "memoria del tenitorio", a cui si attinge per lo studio delle trasformazioni ambientali.

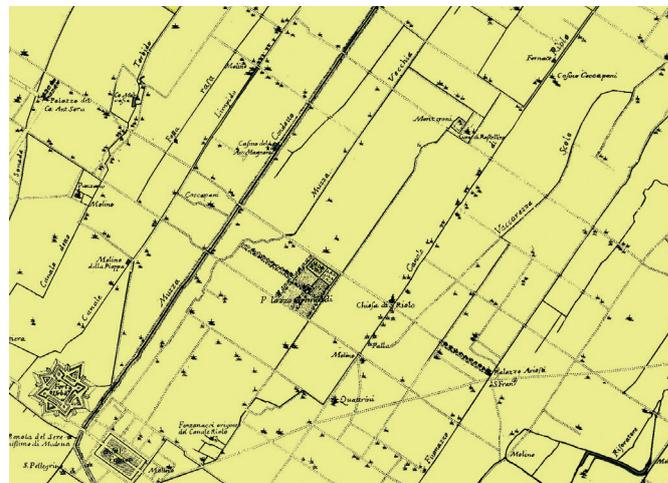


Figura 1.1.32 A. Chiesa, La carta della pianura bolognese, 1740/42 (scala approssimativa 1:33.900).

Tra il 1744 e il 1789 fu costruita e pubblicata la *Carte geometrique de la France*, prima carta topografica generale di uno stato che si appoggiava ad una regolare triangolazione geodetica. La realizzazione di questa carta, che segnò l'inizio della cartografia topografica moderna, venne avviata per iniziativa dell'Accademia di Francia e per opera di César François Cassini di Thury (1714-1784), direttore dell'Osservatorio Astronomico di Parigi. In seguito, la stessa, comunemente designata anche con i nomi di *Carta di Cassini* o *Carta dell'Accademia* (fig. 1.1.33), venne portata a termine per opera del figlio Jean Dominique (1747-1845), successogli nella carica di direttore dell'osservatorio. La carta, venne divisa in 182 fogli, rappresentati alla scala 1:86400.

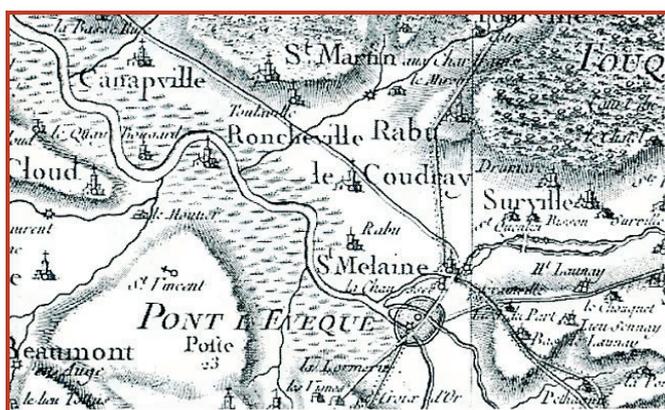


Figura 1.1.33 Stralcio tratto dalla "Carte Geometrique de la France" realizzata da César François e Jean Dominique Cassini tra il 1744 ed il 1789 (scala originale 1:86.400)

Il perfezionamento degli strumenti di misura e rilevamento, già considerevole verso la metà del diciottesimo secolo, consente di acquisire dati sempre più corretti, sia dalle indagini astronomiche, sia da quelle svolte direttamente sul territorio. L'interesse politico dei diversi Stati, presenti sulla penisola italiana, per la conterminazione dei propri territori è sicuramente un potente motore di ricerca nella produzione cartografica. Fra essi, lo Stato della Chiesa promuove una serie di rilevazioni di tipo geodetico che acquista carattere di sistematicità. Ruggiero Boscovich (1711-1787), Padre gesuita originario di Ragusa (Dalmazia), studioso di fisica e discepolo di Newton - aveva proposto una inascoltata quanto giusta revisione alle teorie Newtonia-

ne - sulla scorta dei suoi studi riferiti alle masse crostali inizia nel 1750 il rilevamento di una rete trigonometrica tra Roma e Rimini, coadiuvato dal confratello Cristoforo Maire, inglese. Il risultato desunto da questo lavoro porta alla costruzione della carta dello Stato Pontificio, direttamente rilevata. La fine del secolo vide ancora ulteriori approfondimenti degli studi nel campo delle proiezioni, che registrarono una grossa produzione scientifica, grazie a scienziati come Nicolas Sanson (1600-1667), Guillaume Delisle (1675-1726), Giuseppe Luigi Lagrange (1736-1813), Johann Heinrich Lambert (1728-1777), e segnò la fine del perpetuarsi dell'antico errore di rappresentazione del Mediterraneo, affetto ancora dalle deformazioni di tolemaica memoria, con la citata dilatazione longitudinale.

Le spinte che da ogni parte d'Europa si registrarono nel campo della cartografia condussero, verso la metà del XIX secolo, gran parte degli stati a dotarsi di appositi organi cartografici istituzionali e di una cartografia "ufficiale". Ma, mentre si riconosceva l'importanza strategica della cartografia, sia per le attività di governo e di trasformazione del territorio che per quelle legate alle attività militari, ancora un ulteriore, grande passo si compiva nel campo della rappresentazione altimetrica: dopo essere passata in poco più di un secolo dalla cosiddetta rappresentazione convenzionale a "mucchi di talpa": ai fini tratteggi a luce obliqua o zenitale, nel corso di questo secolo si giunse finalmente all'affermazione della rappresentazione altimetrica per curve di livello, con la quale si apriva la produzione cartografica del nostro tempo.

In Italia, in particolare, sulla scia della nobile tradizione cartografica, si registrò nel corso del XIX secolo un ricco fermento culturale che produsse alcuni tra i più importanti documenti cartografici d'Europa. A questi, per il periodo antecedente la costituzione del Regno d'Italia, appartengono senza dubbio la *Carta di Madama Reale* (fig. 1.1.34A), di Giovanni Tomaso Borgonio (1620-1683), la *Carta topografica del Ducato di Milano* (fig. 1.1.34B), degli astronomi dell'Osservatorio Astronomico di Brera, l'*Atlante Geografico del Regno di Napoli*, Giovanni Antonio Rizzi-Zannoni (1736-1814), la *Carta degli Stati di Terraferma di S. M. il Re di Sardegna*

(fig. 1.1.34C), dello Stato Maggiore piemontese, le carte topografiche dello Stato Pontificio, del Granducato di Toscana e dei ducati dell'Emilia, realizzate presso il Reale Istituto Geografico Militare austriaco (prima con sede a Milano e poi a Vienna).



Figura 1.1.34 Esempi di prodotti cartografici realizzati nel periodo antecedente l'Unità d'Italia.

- A) carta di Madama Reale di Giovanni Tomaso Borghonio (1620 – 1683)
- B) carta topografica del Ducato di Milano
- C) carta degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna

Dopo la carta dello Stato Pontificio altre regioni vennero rilevate e cartografate (Sardegna 1845, Piemonte 1851), e, pur con gli avvenimenti che hanno segnato le alterne vicende politiche fino al Regno d'Italia, la produzione cartografica è arrivata a coprire tutto il territorio nazionale nella forma che è, ancora in buona parte, quella delle carte dell'Istituto Geografico Militare.

Di particolare importanza la produzione della *Carta Generale del Fiume Po* realizzata tra il 1821 ed il 1872 resasi necessaria per lo studio idraulico del grande fiume iniziato dall'ing. Elia Bombardini (1794-1878) e completato da Francesco Brioschi (fig. 1.1.35).

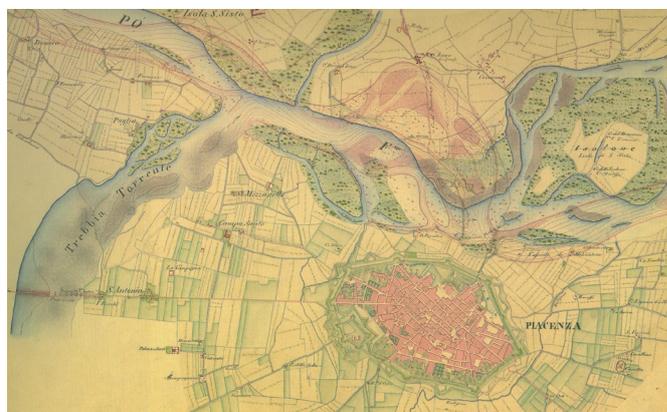


Figura 1.1.35 Particolare tratto dalla "Carta Generale del Fiume Po" realizzata tra il 1821 ed il 1872, in 47 fogli alla scala 1:15.000.

Con l'unità d'Italia, tutte le competenze geotopografiche vennero riunite prima nell'Ufficio Tecnico del Corpo di Stato Maggiore dell'Esercito Italiano (1865) e poi nell'Istituto Topografico Militare (1872), che a partire dal 1882 assunse l'attuale denominazione di Istituto Geografico Militare. Alla gloriosa attività del nuovo organo cartografico dello stato si devono, oltre ai numerosi lavori geodetici e topografici di inquadramento geometrico del territorio nazionale e di quello delle ex colonie italiane, la realizzazione della prima, monumentale *Carta topografica d'Italia* alla scala 1:100000 (fig. 1.1.36A), eseguita nella proiezione di Sanson-Flamsteed ed ultimata nel 1903, sulla base di rilievi diretti eseguiti alle scale 1:25000 ed 1:50000. Negli anni seguenti, ancora nuove importanti tappe segnarono il progresso della cartografia italiana, grazie all'affermazione dei nuovi metodi di rilievo aerofotogrammetrico, le cui sperimentazioni vennero avviate nel 1879, per la fotogrammetria terrestre, e nel 1920, per quella aerea. Oltre alle car-

te topografiche alle scale 1:25000 ed 1:50000 (fig. 1.1.36B), molte altre produzioni vennero realizzate inoltre dall'I.G.M., fino alla creazione di uno dei più ricchi portafogli cartografici d'Europa. Oggi, l'I.G.M., al passo con i recenti progressi scientifici e tecnologici, dopo aver portato a compimento la nuova rete geodetica italiana, realizzata con metodologie GPS, ha avviato la costruzione del primo *database* geografico nazionale, aprendo il futuro a nuove e più ricche possibilità di applicazioni e superando così i limiti della tradizionale cartografia in forma cartacea, la quale non sarà che uno dei tanti, possibili prodotti derivanti (fig. 1.1.36C).

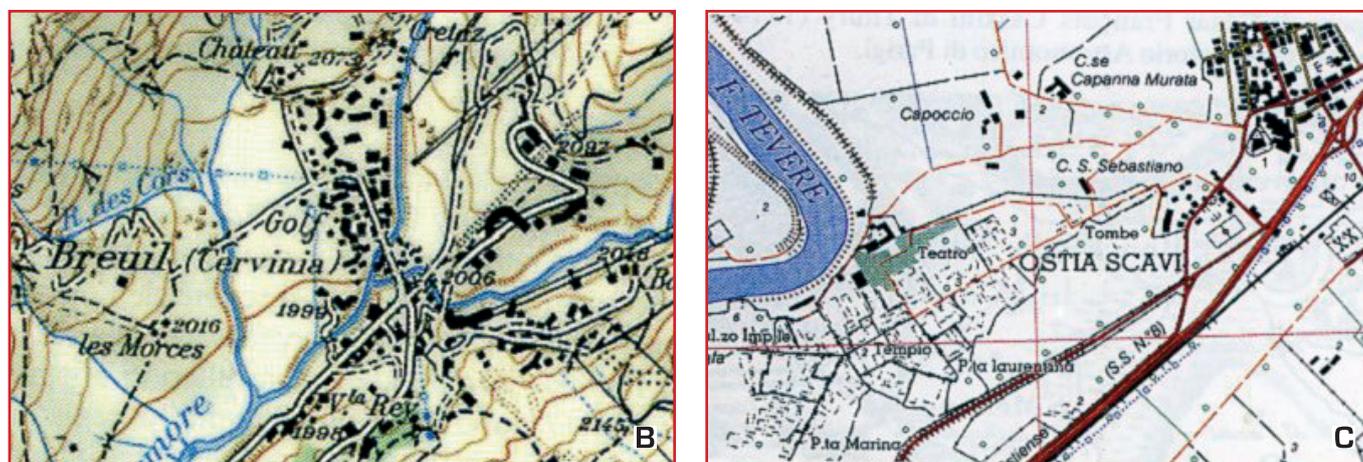


Figura 1.1.36 Esempi tratti dalla produzione cartografica dell'Istituto geografico Militare

A) carta topografica alla scala 1:100.000 eseguita nella proiezione di Sanson-Flamsteed ed ultimata nel 1903.

B) carta topografica alla scala 1:25.000 realizzata con metodo aerofotogrammetrico successivamente al 1920.

C) carta topografica, in formato digitale, alla scala 1:50.000 in corso di realizzazione per l'intero territorio nazionale.