

I - CRITERI DI BASE PER LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

1. ASPETTI STRATIGRAFICI

- 1.1. CLASSIFICAZIONE CRITICA DELLE CATEGORIE DI UNITÀ STRATIGRAFICHE
- 1.2. EVOLUZIONE DEI METODI E STABILITÀ DELLE NORME
- 1.3. LITOSTRATIGRAFIA
 - 1.3.1. Aspetti controversi nella caratterizzazione delle unità litostratigrafiche
- 1.4. UNITÀ STRATIGRAFICHE A LIMITI INCONFORMI
(Unconformity Bounded Stratigraphic Units o UBSU)
 - 1.4.1. Rango e denominazione delle UBSU
- 1.5. BIOSTRATIGRAFIA
 - 1.5.1. Tipi di unità biostratigrafiche
 - 1.5.2. Ordine gerarchico
 - 1.5.3. Omogeneità delle scale biostratigrafiche
 - 1.5.4. Scale biostratigrafiche multiple "standard"
 - 1.5.5. Unità faunistiche continentali a vertebrati
- 1.6. CRONOSTRATIGRAFIA E GEOCRONOLOGIA
- 1.7. ALTRI TIPI DI UNITÀ STRATIGRAFICHE
 - 1.7.1. Ciclostratigrafia
 - 1.7.2. Pedo- e morfostratigrafia
 - 1.7.3. Ecostratigrafia
 - 1.7.4. Magnetostratigrafia
 - 1.7.5. Stratigrafia isotopica
- 1.8. LA PRATICA STRATIGRAFICA
 - 1.8.1. Inosservanze, imprecisioni, incertezze ed errori di uso più comuni
 - 1.8.2. Suggesti operativi

1.1. CLASSIFICAZIONE CRITICA DELLE CATEGORIE DI UNITÀ STRATIGRAFICHE

Lo scopo ultimo della Stratigrafia è di decifrare la storia della Terra a partire anzitutto dalle rocce sedimentarie, prevalentemente stratificate, fino ad arrivare alla struttura sostanzialmente stratiforme delle porzioni più interne del pianeta.

Anche i corpi geologici non stratiformi (sedimentari, magmatici o metamorfici che siano) rientrano nell'ambito della Stratigrafia, quando si ammetta che determinare le relazioni spaziali e la successione temporale delle unità rocciose della Terra, per ricostruirne la storia geologica, costituisce lo scopo fondamentale della Stratigrafia stessa.

Sono perciò oggetto della Stratigrafia tutti i tipi di rocce che vengano considerate e classificate avvalendosi delle metodologie e delle tecniche offerte dalle più diverse discipline, interne od anche estranee alle Scienze della Terra.

La prima e sintetica descrizione dei prodotti di tutti i processi geologici, e quindi la loro cartografia, sarà compito della Stratigrafia. Per fare ciò la Stratigrafia si serve di strumenti di analisi che sono costituiti dalle unità stratigrafiche, di cui si possono individuare tanti tipi diversi (non si dimentichi che sono astrazioni materializzate o immateriali) quanti sono i processi e i criteri utilizzabili per classificare le rocce.

I tipi o categorie di unità stratigrafiche usati finora sono almeno i seguenti: unità litostratigrafiche, biostratigrafiche, cronostratigrafiche-geocronologiche equivalenti, parastratigrafiche, ecostratigrafiche, climatostratigrafiche, ciclostratigrafiche, morfostratigrafiche, pedostratigrafiche, isotopostratigrafiche, chemiostratigrafiche, magnetostratigrafiche, sismostratigrafiche, geoelettriche, magnetotelluriche, sismometriche, gravimetriche, idrostratigrafiche, archeostratigrafiche, ecc., e, fra le ultime introdotte, litodemiche e allostratigrafiche. Alcuni di questi tipi di unità contengono dei sottotipi o possono essere incluse in altri tipi.

I primi tre tipi (unità litostratigrafiche, biostratigrafiche, cronostratigrafiche-geocronologiche equivalenti) rappresentano lo stock classico delle unità stratigrafiche, sostanzialmente definite nel II Congresso Geologico Internazionale di Bologna, 1881 (il primo veramente scientifico e operativo). Le altre sono in gran parte il prodotto della ricerca petrolifera e del grande sviluppo concettuale e metodologico vissuto dalle Scienze della Terra nel secondo dopoguerra.

Oltre questa ripartizione storica, i vari tipi o categorie di unità possono essere raggruppati in classi secondo criteri assai diversi.

Una prima classificazione basilare, riferendosi al grado di oggettività, distingue le unità osservabili direttamente e quelle oggettive-paraoggettive (come sono prima di tutto quelle litostratigrafiche e, subito dopo, quelle biostratigrafiche) e le unità deduttive (frutto di interpretazione), soggettive e/o convenzionali (che comprendono tutte le altre elencate, fra le quali solo quelle più collegabili con le unità litostratigrafiche lo sono in grado minore).

Un'altra classificazione raggruppa tutte le categorie di unità che abbisognano di una o più scale loro proprie, correlate con la scala tempo, per poter essere usate (e sono la gran parte di quelle elencate), isolando quelle che ne possono fare a meno e cioè le unità litostratigrafiche. La correlazione con la scala tempo si baserà o su un processo tendenziale (es. unità biostratigrafiche) o ciclico (es. unità magnetostratigrafiche, ciclostratigrafiche, ecc.). Si possono anche distinguere le categorie di unità che consentono già la costruzione di una scala globale di riferimento. Queste sono, per definizione, le unità cronostratigrafiche-geocronologiche equivalenti e, per loro natura, le unità magnetostratigrafiche, per le quali il processo di inversione è unitario a scala globale. Per le unità climatostratigrafiche (come anche per quelle legate alla variazione del livello marino) la discussione è ancora aperta: alcuni ritengono che siano controllate da fattori troppo numerosi e complessi per consentire, almeno con i mezzi odierni, la lettura di una risposta unitaria a livello globale.

1.2. EVOLUZIONE DEI METODI E STABILITÀ DELLE NORME

Per quanto detto sopra, risulta ovvio che non c'è limite all'uso informale e alla proposizione di nuovi tipi di unità e di relative scale stratigrafiche. L'accoglienza e l'uso concreto si incaricheranno di dimostrare se le proposte erano opportune o necessarie.

E' altrettanto comprensibile che non ogni nuova tecnica o metodo stratigrafico comportino necessariamente l'istituzione immediata o mediata di una procedura formale d'uso. Questo perchè occorre che gli standard e le norme siano poche, semplici e chiare, in modo da poter essere facilmente osservate e richieste, col grande beneficio di facilitare la comunicazione e l'efficacia del linguaggio.

E' quindi auspicabile che le norme e le procedure, che regolano l'uso delle unità litostratigrafiche, biostratigrafiche e cronostratigrafiche-cronologiche equivalenti secondo la *International Stratigraphic Guide* (ISG) del 1976, restino sostanzialmente integre, salvo emendamenti, completamenti e variazioni che mantengano gli stessi principi e approcci (come quelli che si stanno promuovendo nella *ICS-International Subcommission on Stratigraphic Classification* (ISSC) con la preparazione di una nuova versione della ISG).

1.3. LITOSTRATIGRAFIA

Appare chiara, da quanto detto finora, la marcata singolarità delle unità litostratigrafiche rispetto a tutti gli altri tipi di unità stratigrafiche. Ciò ne fa oggetto di una sorta di protostratigrafia, che, lungi dal costituire una connotazione riduttiva, ne rappresenta allo stesso tempo limiti e vantaggi. I limiti sono legati soprattutto alla relativa indipendenza dal significato genetico e da obiettivi interpretativi. I vantaggi consistono nella oggettività e praticità d'uso. Per queste ragioni, le unità litostratigrafiche devono rappresentare le unità di base prevalenti per la nuova Cartografia Geologica Nazionale alla scala 1:50.000, che dovrebbe essere approntata a partire da rilevamenti originali alla scala 1:10.000. Quanto segue tratta pertanto innanzitutto questo tipo di unità discutendone le caratteristiche principali, nonché precisandone i contenuti minimi sostanziali e formali, che dovranno comparire in legenda e note illustrative.

Sulle unità litostratigrafiche è stata basata anche la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Quest'impostazione è stata tuttavia in larga misura disattesa nella sua applicazione pratica. Le ragioni di ciò sono attribuibili a varie cause tra le quali una troppo libera interpretazione del *Codice Italiano di Nomenclatura Stratigrafica* (CINS, 1969), una mancanza di coordinamento a scala regionale e nazionale ed infine le oggettive difficoltà di applicazione del suddetto codice a peculiari tipologie geologiche del nostro territorio. Gran parte delle unità stratigrafiche che sono state definite nel corso del rilevamento per la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 non corrispondono nella forma e nella sostanza, a vere e proprie unità litostratigrafiche, e la mancanza di coordinamento ha condotto ad una inaccettabile proliferazione di termini formali ed informali che, in molti casi, limita enormemente la facilità di lettura e sintesi di queste carte.

I caratteri fondamentali delle unità litostratigrafiche, i criteri per la loro definizione e descrizione e le procedure pratiche da seguire per un loro corretto uso ai fini cartografici e di analisi stratigrafiche locali e regionali sono trattati nel CINS (1969), nella ISG (1976) e nel *North American Stratigraphic Code* (NASC, 1983). In modo particolare la ISG (1976) è il punto di riferimento fisso ed ufficiale, riconosciuto da gran parte della comunità scientifica, ai fini di ottenere criteri di definizione e descrizione e procedure pratiche che consentano una classificazione coerente ed omogenea di queste unità e quindi una nomenclatura il più possibile stabile. Tutto ciò richiede degli stretti vincoli formali e, quindi, la necessità di incanalare le proprie osservazioni entro schemi di riferimento precisi, a livello di raccolta dei dati e di terminologia che, se da un lato sembrano limitare la libertà di lavoro dei singoli ricercatori,

dall'altro rendono facile per tutti la comprensione dei tratti essenziali delle situazioni geologiche locali e regionali. Il formalismo che sta alla base della litostratigrafia e di tutte le altre procedure stratigrafiche contemplate dalla ISG (1976), è in definitiva la struttura di un linguaggio scientifico che consente una comunicazione reciproca il più possibile semplice, chiara ed univoca.

Le *unità litostratigrafiche* sono unità riconosciute e definite sulla base dei loro caratteri litologici e della loro posizione stratigrafica nella successione esaminata. I caratteri litologici devono essere tali da permettere il riconoscimento delle unità in questione con relativa facilità ed obiettività. Le unità, in ordine gerarchico (di scala fisica) discendente, includono supergruppi, gruppi, subgruppi, formazioni, membri e strati (tabella 2). Tutte queste unità, ed in particolare quelle di nuova istituzione per la rappresentazione cartografica, devono essere descritte attraverso un loro *stratotipo* (sezione tipo) ed eventuali *parastratotipi* e descritte, nelle loro variazioni laterali, attraverso un adeguato numero di *ipostratotipi* (sezioni di riferimento). Di ciascuna unità vanno indicati con chiarezza sia il limite inferiore che quello superiore e tali limiti devono essere definiti ed indicati con precisione, almeno per la sezione tipo, attraverso stratotipi specifici.

Affinchè un'unità litostratigrafica sia geologicamente significativa e quindi utilizzabile ai fini cartografici (sia di superficie che di sottosuolo), essa deve essere accuratamente descritta nelle sue variazioni verticali e soprattutto laterali. Queste ultime vengono messe in evidenza attraverso sezioni stratigrafiche opportunamente spaziate che servono da riferimento rispetto ai caratteri osservati nello stratotipo. Queste sezioni di riferimento sono definite come *ipostratotipi*. La scheda per la descrizione di una formazione sedimentaria (ma, per molti aspetti, adattabile anche a formazioni composte da altri tipi di rocce) deve comprendere i seguenti elementi:

- 1 - Nome della formazione e riferimenti bibliografici sulla sua istituzione
- 2 - Sinonimie e priorità
- 3 - Stratotipo
- 4 - Affioramenti tipici nell'area in esame
- 5 - Caratteri litologici (composizione, tessitura, rapporti fra varie litologie e loro variazione verticale e laterale, litotipi particolari). Strutture interne degli strati; spessore e geometria degli strati; strutture direzionali; eventuali associazioni di facies riconosciute; superfici di discontinuità e di trasgressione; fenomeni di condensazione; dati di laboratorio.
- 6 - Spessore della formazione e sue variazioni; geometria esterna.
- 7 - Rapporto con formazioni sotto- e sovrastanti e laterali (natura dei limiti, criteri utilizzati per fissare i limiti). Segnalazione di affioramenti favorevoli per queste osservazioni.
- 8 - Fossili: aspetti tafonomici (biostratinomici e diagenetici); associazioni paleontologiche a scala meso- e macroscopica; *microbiofacies*.
- 9 - Ambiente di deposizione.
- 10 - Età.

Data per scontata l'oggettività delle tradizionali unità litostratigrafiche, queste ultime devono essere arricchite di informazioni per permettere la lettura di carte geologiche anche in termini generali di caratteristiche genetiche sequenziali delle successioni rocciose.

Per far ciò è da un lato necessario rivedere e completare le definizioni ed i criteri descrittivi delle unità litostratigrafiche, dall'altro lato, è necessario distillare quei criteri di analisi delle facies e di stratigrafia sequenziale che possono essere impiegati nella pratica. La grande utilità della stratigrafia sequenziale è quella di fornire schemi cronostratigrafici locali e regionali basati su superfici fisiche di cui le principali sono spesso cartografabili, facilitando così l'interpretazione delle relazioni spazio-temporali delle unità stratigrafiche.

Allo stato attuale la stratigrafia appare dunque in uno stadio di profonda trasformazione

concettuale, metodologica ed operativa. Pur tenendo valida la tradizionale classificazione litostratigrafica, le unità che ne derivano devono essere attentamente descritte per quanto riguarda caratteri sedimentologici ed associazioni e sequenze di facies. Questo è un passo obbligato per conciliare la stratigrafia tradizionale con le nuove esigenze.

Per l'approccio concettuale e la pratica operativa la ISG (1976) rappresenta il riferimento ufficiale e supera quindi, perchè più recente, il CINS (1969), fatta eccezione per parte delle raccomandazioni con esplicito riferimento a problemi stratigrafici strettamente legati alla geologia italiana. Il NASC (1983) è un documento che, nello spirito della ISG (1976), recepisce innovazioni, d'ordine pratico e concettuale, nella classificazione e nella terminologia stratigrafica derivanti da necessità particolarmente sentite dalla comunità scientifica nord-americana. Parte di tali innovazioni sono state riprese criticamente dalla *International Subcommission on Stratigraphic Classification* in due brevi lavori (Salvador, 1987a,b) apparsi sul Bollettino della Società Geologica Americana, con riferimento specifico alle allunità ed alle unità litodemiche. Tutte queste innovazioni vanno valutate attentamente, modificate o rifiutate in relazione alle nostre esigenze.

Si ritiene che i criteri di classificazione e terminologia stratigrafica da seguire come normativa siano da individuarsi nei punti fermi che derivano dal confronto dei codici e delle guide citate con le nostre aggiunte; ove non vi sia disaccordo tra quanto compare in questi cinque lavori di riferimento, i criteri vanno ritenuti vincolanti.

1.3.1. Aspetti controversi nella caratterizzazione delle unità litostratigrafiche

I vari codici e guide nel tentativo di razionalizzare categorie e procedure presentano norme che talvolta non si accordano facilmente con le esigenze di chi deve adattare alla realtà dei corpi geologici. Alcune di queste vengono discusse nei sottoparagrafi seguenti. In questa sede ci si è limitati ad una loro presentazione critica con qualche suggerimento operativo.

La connotazione genetica - Nei codici e nelle guide più recenti la connotazione genetica viene generalmente esclusa nella definizione di formazione, ma a questo proposito esistono opinioni contrastanti. Da una parte, è diffusa la convinzione che distinzioni basate sulla genesi possano portare alla definizione di unità diverse a seconda degli autori, con conseguente ambiguità ed instabilità delle correlazioni. Dall'altra, si ritiene che la scelta di caratteristiche distintive con un grado di soggettività minore, sulle quali presumibilmente ci sarebbe un consenso ampio, finisca con il fornire soltanto informazioni limitate e poco significative.

Può chiarire meglio questi aspetti un breve excursus storico sulla variazione del concetto di unità litostratigrafica e, in particolare, di formazione.

Fino alla fine degli anni '50 la formazione è stata considerata un'unità genetica deposta in condizioni uniformi o uniformemente alternanti (Dunbar & Rodgers 1957).

Con il CINS (1969) si è preferito non tener conto di possibili distinzioni su basi genetiche. I criteri distintivi dovevano essere soltanto le caratteristiche litologiche. Tra queste venivano elencate anche "*ripple marks, mud cracks, laminazione incrociata*".

Sulla stessa linea è il NASC (1983) che inoltre cita le "*primary sedimentary structures*" fra le caratteristiche litiche. A questo punto è forte il dubbio che la connotazione genetica, esclusa in linea di principio ("*depositional environment has no place in the definition of a lithostratigraphic unit*"), rientri per esigenze scientifiche (caratterizzazione più efficace) e pratiche. Infatti, concretamente, le strutture sedimentarie primarie potranno servire in generale a distinguere due unità litostratigrafiche in una successione litologicamente omogenea se il rilevatore le potrà riferire a due ambienti deposizionali significativamente (secondo lui) differenti. Molto spesso questa sua distinzione potrà essere basata su varie strutture e sul riconoscimento di come queste si associano verticalmente e lateralmente; analizzerà, cioè, le facies e opererà distinzioni non solo in base alla litologia s.s.

Nella maggior parte dei casi la formazione potrà essere quindi un aggregato di facies, riunite anche secondo criteri genetici, fino al rango dei sistemi deposizionali attraverso i gradini inferiori associazioni-elementi proposti da Bosellini, Mutti e Ricci Lucchi (1988).

Più che negare le implicazioni genetiche di suddivisioni litostratigrafiche, rese più significative dall'analisi delle facies, potrebbe essere opportuno prenderne coscienza sottolineando vantaggi e rischi. Forse tutto questo potrebbe essere espresso come commento a qualche articolo pertinente del Codice.

C'è da aggiungere che questo orientamento potrebbe essere rafforzato dal fatto che una caratterizzazione genetica la si trova ammessa esplicitamente per i gruppi ("*lithostratigraphic groups have genetic connotations*"; "*...are defined to express natural relationships of associated formations*", NASC (1983), mentre continua ad essere negata per le formazioni.

In questa ottica l'istituzione più frequente di gruppi, se è il caso, potrebbe venire raccomandata per rendere meglio leggibile una "logica" deposizionale all'interno delle successioni sedimentarie e in questo senso andrebbe anche il riconoscimento di supergruppi che sostituirebbero la classica "serie", che è in realtà unità cronostratigrafica, o l'unità, che ha spessori e sottintesi strutturali o la successione, che non è un termine formale.

Inoltre, i supergruppi, in genere delimitati alla base ed al tetto da discontinuità significative a livello regionale, sarebbero per molti aspetti simili alle Sequences con i nomi delle tribù indiane di Sloss (1963), quelle che sono poi servite per fissare una Stratigrafia sequenziale a scala globale (Haq *et alii*, 1987).

In ogni caso le unità litostratigrafiche rappresentano sempre il prodotto di ambienti sedimentari (sistemi deposizionali) che per ovvie ragioni sono finiti sia geograficamente sia temporalmente. E' da tener presente che soprattutto termini come "membro" o "strato" possono essere usati anche in maniera informale ove per ragioni dovute a mancanza di dati o di opportunità non sia possibile un uso diverso. Si ricorda inoltre che i dati rilevabili da carotaggi di pozzo (log elettrici, nucleari, sonici e di altro tipo) possono permettere definizioni litologiche con precisioni a volte centimetriche. Soprattutto in successioni pelitiche, i dati del sottosuolo permettono spesso suddivisioni stratigrafiche più precise che non quelle derivabili da osservazioni all'affioramento.

Uso della litostratigrafia per le rocce intrusive e metamorfiche - Il problema è stato introdotto dalla proposta di istituzione delle unità litodemiche (NASC 1983), proposta chiaramente contrastante con lo spirito e le lettere della ISG (1976). Ciò ha giustificato ampiamente la misurata ma ferma opposizione di Salvador (1987b) per conto della ISSC.

Quest'ultima ritiene che sarebbe inutile nella sostanza e dannosa nella pratica l'introduzione di tale categoria di unità e in particolare la formalizzazione di una nomenclatura gerarchica specifica (con termini come "suite" e composti, che sono già usati con accezione diversa e che ridurrebbero ulteriormente i pochi termini generici informali che restano a disposizione).

E' invece assai opportuno accettare le brevi norme suggerite da Salvador (1987b) per la denominazione di unità litostratigrafiche in rocce ignee e metamorfiche, sia stratificate che non (norme che in pratica saranno incorporate nella nuova versione della ISG).

Uso dei fossili nella pratica litostratigrafica - Per il CINS "i fossili possono essere usati come criterio di distinzione" - tra due unità litostratigrafiche - "solo quando siano tanto diffusi ed evidenti da poter essere usati sul terreno nella pratica del rilevamento geologico".

Per la ISG "*... fossils may be important in the recognition of a lithostratigraphic unit either as minor but distinctive physical constituents or because of their rock-forming character in coquinas, diatomites ...*". "*The occurrence of distinctive fossils has also been useful in establishing the probable presence of a lithostratigraphic unit*".

Secondo il NASC, i fossili sono da utilizzare nella pratica litostratigrafica soltanto nei casi in cui le formazioni siano, di fatto, essenzialmente degli accumuli scheletrici. Il CINS e la ISG,

invece, sia pure con sfumature diverse, considerano i fossili come un utile e legittimo criterio per il riconoscimento delle unità litostratigrafiche, a prescindere dal fatto che abbiano o meno un vero e proprio ruolo litogenetico.

Basta scorrere mentalmente un elenco delle formazioni classiche della geologia italiana (e naturalmente non solo di quella), per comprendere quanto la "paleontologia di terreno" sia stata importante nella pratica del rilevamento geologico. La Dolomia a Conchodon, il Rosso Ammonitico, gli Scisti ad Aptici, lungi dall'invadere il campo delle unità biostratigrafiche o, più ancora, dall'avere in attribuzione una posizione cronostratigrafica precisa, corrispondente all'intervallo totale del gruppo sistematico chiamato in causa, sono esempi di come i fossili possano talvolta essere l'ingrediente più facile da distinguere nell'impasto dei caratteri litici di una formazione.

Da un lato, dunque, il NASC apre ad un'analisi delle caratteristiche litiche (...*chemical and mineralogical composition, texture, and such supplementary features as color, primary sedimentary or volcanic structures...*) più raffinata rispetto alle indicazioni, invero un pò rozze, dell'ISG (che, nel cap. 54, si limita a suggerire di distinguere il calcare dall'arenaria, il tufo dal marmo, e così via). Dall'altro, però, il NASC riduce drasticamente - come visto - i casi leciti di utilizzo dei fossili in litostratigrafia, arrivando a dei veri e propri eccessi allorchè si entra nel discorso delle lacune sedimentarie. Una delle classiche applicazioni della paleontologia, sia di terreno che di laboratorio, è infatti quella di evidenziare lacune sedimentarie; ma poichè la presenza di uno *hiatus* stratigrafico, qualsiasi ampiezza esso abbia, non basta a giustificare un limite litostratigrafico se non vi corrisponda un apprezzabile cambio litologico (NASC), ne consegue che anche questo uso dei fossili diviene in pratica superfluo (vedi paragrafo seguente). Sembra opportuno, invece, che qualche elemento derivante dalla classificazione dei macro- o microfossili (laddove essi siano comuni e ben riconoscibili) debba continuare a far parte della pratica del rilevamento geologico. Ciò sia per poter effettuare, sia pure a livello informale, qualche suddivisione in successioni continue e litologicamente omogenee che altrimenti sarebbero esageratamente estese (p. es. le successioni cretache di piattaforma carbonatica interna dell'Appennino laziale-abruzzese) sia per tener distinti a livello formazionale terreni separati da discordanze o da estese lacune, come suggerito dall'ISG (5D, 4). In poche parole chi se la sentirebbe di non separare un grainstone a rudiste da un grainstone a fusuline, nell'ipotesi di una perfetta paraconcordanza, soltanto perchè così è prescritto dal NASC?

La naturale conseguenza del riconoscimento da parte del rilevatore di tali organismi (rudiste, fusuline, ecc.) vede già di per sé la potenzialità di utilizzo di un tale dato: da un lato definire due unità di età profondamente diversa, dall'altro due paleoambienti ben precisi e diversificati. Tutto ciò senza scendere al riconoscimento di categorie tassonomiche di rango inferiore.

E' dunque la "sensibilità" paleontologica del singolo rilevatore che deve essere qui considerata e tale considerazione va fondata sul risultato che si vuole ottenere. Infatti se tale sensibilità rimane di basso livello, verranno persi durante la pratica litostratigrafica tutta una serie di dati tali da non permettere alla fine la chiara e completa descrizione di una formazione sedimentaria così come prevista nella scheda di pagina 9.

Da ciò risulta come sia indispensabile che una paleontologia di terreno, sia pur schematica e semplificata, debba far parte del bagaglio culturale del rilevatore stesso. La conoscenza della distribuzione stratigrafica delle grandi categorie tassonomiche e il significato paleoecologico che tali categorie rappresentano ne costituiscono i punti di partenza.

Le lacune sedimentarie - Per il CINS una formazione "può presentare lacune nella successione cronostratigrafica, qualora la mancata deposizione non si traduca in variazioni litologiche sensibili (es. lacune entro la Scaglia rossa veneta)".

Per la ISG " *A sequence of rocks of closely similar lithology but including a local or*

minor hiatus, disconformity, or unconformity should not be separated into more than one stratigraphic unit merely because these types of sediments occur, unless there is a lithologic distinction adequate to define a boundary. However, the union of adjacent strata separated by regional unconformities or major hiatuses into a single lithostratigraphic unit should preferably be avoided even if no more than minor lithologic differences can be found to justify the separation" (5D,4).

Per il NASC "*If no lithic distinction adequate to define a widely recognizable boundary can be made, only one unit should be recognized, even though it may include rock that accumulated in different epochs, periods or eras.*" (23d).

Questa affermazione del NASC è uno degli eccessi sicuramente discutibili ai quali si faceva riferimento nel precedente paragrafo.

La lettura dell'intero NASC sembra in qualche modo suggerire che il riconoscimento di uno hiatus stratigrafico sia stato sottratto alla sfera della pratica litostratigrafica e che anche l'utilizzo dei fossili - grazie ai quali uno hiatus può essere stato individuato - sia stato per così dire regolamentato per creare spazio per le istituende unità allostratigrafiche (non tanto nella forma, piuttosto striminzita, in cui sono trattate nel NASC, quanto prevedendone un successivo sviluppo concettuale ed applicativo).

Si può supporre, quindi, che negli auspici degli estensori del NASC ci dovesse essere la possibilità che tutte le discontinuità, alle quali non era lecito associare dei limiti litostratigrafici per l'eccessiva somiglianza dei termini sotto- e sopragiacenti, potessero essere invece marcate da limiti allostratigrafici. Questa ci sembra la conseguenza diretta dell'articolo 23d. Ciò a dispetto dei pochi esempi illustrati, tutti limitati all'ambiente continentale.

Negli anni successivi, peraltro, vi è stata una notevole evoluzione concettuale sull'argomento delle discontinuità stratigrafiche con implicazioni nell'analisi di bacino e riflessi sulla classificazione stratigrafica. In un certo senso si potrebbe dire che si è andato rioccupando il vuoto lasciato dalla perentoria indicazione del NASC.

Si ritiene che sia preferibile seguire la ISG e ritrasferire nell'area operativa della litostratigrafia i discorsi che riguardano il riconoscimento di importanti lacune sedimentarie in sequenze altrimenti litologicamente monotone. Ciò fermo restando il fatto che, fortunatamente, la maggior parte delle discontinuità stratigrafiche di importanza regionale è marcata da stacchi litologici cartografabili, senza possibili controversie, applicando i più tradizionali metodi della litostratigrafia.

La stessa formazione in più bacini - Unità con litologia e posizione stratigrafica simili, presenti in successioni riferite a domini paleogeografici ritenuti diversi in base alla loro storia sedimentaria o strutturale, in qualche caso sono state comprese nella stessa formazione ed hanno avuto lo stesso unico nome (p. es. nell'Appennino settentrionale le *Argille a Palombini* o le *Argille Varicolori* di diverse successioni delle Liguridi; gli *Scisti Policromi* nella "Serie Toscana" e nella successione subligure del Monte Senario) o in altri casi sono state tenute formazionalmente distinte (p. es. *Gessi di S. Ruffillo* nella successione di Loiano e la *Formazione gessoso-solfifera* della successione romagnola).

Pur tenendo presente che ciascuna formazione dovrebbe costituire un corpo continuo e che frequentemente ci sono incertezze sulla estensione delle singole aree di sedimentazione, l'orientamento di massima è che sia preferibile estendere, anche formalmente, la stessa formazione a più bacini, privilegiando le correlazioni, più che legare una formazione ad una sola successione ed istituire di nuove per gli altri bacini.

1.4. UNITÀ STRATIGRAFICHE A LIMITI INCONFORMI (UNCONFORMITY BOUNDED STRATIGRAPHIC UNITS O UBSU)

Queste unità, a cui fa capo una ricchissima bibliografia, sono e rimarranno per molto tempo oggetto di discussione. Se viste da un punto di vista stratigraficamente ortodosso (Salvador, 1987a), esse sono strettamente dei corpi rocciosi riconosciuti e definiti attraverso superfici di inconformità. Se viste invece in un'ottica meno rigida, esse diventano unità con connotazione inevitabilmente genetica derivante dall'origine delle superfici limite e dalla organizzazione sequenziale che queste unità possono presentare. In quest'ottica le UBSU diventano probabilmente le sole unità che possano permettere una classificazione stratigrafica, in parte necessariamente soggettiva ed interpretativa, basata su criteri legati a fenomeni ciclici come le variazioni del livello marino derivanti dall'interazione tra tettonica e ciclicità eustatica.

Pur con ritardo, queste unità sono state pertanto incluse nella più recente versione del NASC (1983) come "allounità" e nell'aggiornamento della ISSC (Salvador, 1987a) come "Unconformity-Bounded Stratigraphic Units" (UBSU). Sfortunatamente, entrambi i lavori non hanno potuto tener conto dei più recenti sviluppi della stratigrafia legata a queste unità, ormai nota come stratigrafia sequenziale, che sono riportati in una serie di articoli di grande rilevanza scientifica nella Pubblicazione Speciale n.42 della SEPM (Wilgus *et alii*, 1988).

Esiste tuttavia una fondamentale differenza tra le UBSU e le unità cui fa riferimento la stratigrafia sequenziale, a loro volta derivate dalla stratigrafia sismica (cf. Vail *et alii*, 1977). Le prime sono infatti definite soltanto da superfici limite di inconformità e perdono quindi il loro carattere ove tali superfici divengano superfici di continuità stratigrafica. Le seconde, note come "sequenze deposizionali" (vedansi Salvador (1987a); Wilgus *et alii*, (1988) e Van Wagoner *et alii*, (1990)) per un'approfondita discussione sul significato che il termine ha acquisito nel tempo a partire dall'uso originariamente fatto da Sloss *et al.* (1949)), sono unità meno rigide e più complesse, definite non soltanto da superfici di inconformità, ma anche dall'estensione di queste in superfici di continuità e da caratteristiche organizzazioni interne, latero-verticali, di sistemi deposizionali connesse a fenomeni ciclici di variazione relativa del livello marino (vedasi sottoparagrafo 1.7.1. [pag.24] sulle unità ciclostratigrafiche).

E' indispensabile che gran parte degli aspetti connessi a queste unità e presentati soltanto nei loro caratteri essenziali in questa Guida siano trattati in appositi corsi di formazione. Una loro conoscenza, almeno sommaria, è comunque necessaria per chi si appresti al rilevamento di successioni sedimentarie e vulcaniche. Buona parte dei problemi della terminologia legati al riconoscimento, alla descrizione ed all'interpretazione di unità stratigrafiche definite attraverso superfici di discontinuità stratigrafica è trattata in due recenti testi italiani (Bally, Catalano e Oldow, 1985; Bosellini, Mutti e Ricci Lucchi, 1988) cui si rimanda. Qui di seguito vengono brevemente accennati alcuni punti essenziali.

Ai fini pratici, le UBSU servono a diversi scopi. Il primo è quello di disporre di unità che sostanzialmente possono permettere di accorpare entro superfici di discontinuità di sicuro e documentabile significato regionale, un certo numero di unità litostratigrafiche ai fini di più facili sintesi stratigrafiche bacinali e interbacinali. Anche se le superfici limite di queste unità non sono sincrone, i pacchi sedimentari da queste ultime delimitate hanno un significato in certa misura cronostratigrafico poichè tutte le rocce al di sotto di una superficie di discontinuità sono semper più vecchie di quelle che stanno al di sopra della stessa e le superfici tempo non possono intersecare questa superficie (Mitchum *et alii*, 1977). E' questo l'uso delle UBSU raccomandato dalla ISSC (Salvador, 1987a), con la stretta delimitazione che l'unità così definita abbia valore soltanto sin a dove le due superfici di discontinuità siano chiaramente ed oggettivamente riconoscibili. Queste superfici rappresentano il solo criterio di definizione, indipendentemente dai caratteri litologici dell'unità che così viene individuata. Ai fini della nuova Carta Geologica, le UBSU intese in questo senso possono e dovranno essere considerate come uno strumento di sintesi a livello regionale. A questo obiettivo mira anche il

loro uso esteso ai terreni del Quaternario continentale ed alle vulcaniti (vedi parte II, capitoli 2,3). Nei primi l'identificazione delle inconformità a carattere regionale costituisce un punto fermo di riferimento nel frequente alternarsi di eventi deposizionali e fasi erosive, spesso risolvibile con grande dettaglio cronologico ma che è generalmente marcato da litologie monotone. Per le vulcaniti l'uso delle UBSU metterà in evidenza, attraverso la scelta di limiti inconformi significativi, rocce che derivano dalla successione unitaria di eventi vulcanici, riunite in base ai centri di provenienza ed ai relativi periodi eruttivi. In questo modo verranno anche individuate più facilmente eventuali corrispondenze con fasi tettoniche e morfogenetiche regionali e con eventi vulcano-tettonici significativi.

Un altro scopo delle UBSU è quello relativo ad una migliore comprensione dei rapporti spaziali e temporali relativi alle locali unità litostratigrafiche. Questa comprensione è basata sull'ormai accertata, non casuale ciclicità sedimentaria (p. es. cicli trasgressivo-regressivi) che traduce significative variazioni relative del livello del mare. In questo uso le UBSU diventano unità in certa misura a rischio, ossia possono essere soggettive e quindi nuocere al requisito di stabilità della nomenclatura che guide e codici raccomandano. Anche per questa ragione l'uso delle UBSU va attentamente valutato e messo in pratica soltanto nei casi dove dettagliate analisi stratigrafiche e di facies riducano al minimo il pericolo della soggettività. Ai fini cartografici le ricadute pratiche dell'uso delle UBSU stanno in un attento riconoscimento di superfici di discontinuità stratigrafiche, di significative superfici di trasgressione e di successioni condensate espresse in molti casi da limiti di formazioni o di membri o da strati guida rispettivamente.

La Tabella 3 riassume la nomenclatura formale per le UBSU così come proposta dalla ISSC (Salvador, 1987a) ed una nomenclatura informale basata su quella utilizzata nei lavori di stratigrafia sequenziale (Wilgus *et alii*, 1988). Quest'ultima nomenclatura informale è raccomandata, ove le conoscenze stratigrafiche ed i risultati delle analisi di facies lo consentano, per mostrare in schemi di cornice sulla carta e discutere nelle note illustrative i tratti fondamentali dell'organizzazione stratigrafico-sequenziale delle varie unità litostratigrafiche considerate.

La scheda per l'istituzione e descrizione di una UBSU dovrà comprendere i seguenti elementi:

- 1 - *Intento espresso di designare un'unità formale*
- 2 - *Retrospectiva storica sull'unità (es. sinonimie)*
- 3 - *Designazione del rango dell'unità*
- 4 - *Selezione e derivazione del toponimo*
- 5 - *Designazione dello stratotipo del limite inferiore dell'unità*
- 6 - *Specificazione dell'area-, località- e strato-tipo.*
- 7 - *Inconformità che delimitano l'unità:*
 - a) *elementi sui quali si basa il riconoscimento sul terreno (es. discordanza angolare, discontinuità concordante) e segnalazione degli affioramenti più favorevoli*
 - b) *natura della superficie (es. erosione subaerea o subacquea, non deposizione, superficie topografica)*
 - c) *estensione areale a riprova dell'impostazione regionale*
 - d) *età ed eventuale diacronia della superficie di inconformità*
 - e) *entità della lacuna stratigrafica (tempo non rappresentato da sedimenti o prodotti vulcanici) in corrispondenza della inconformità e possibili variazioni areali*
 - f) *unità sulla(e) quale(i) è modellata l'inconformità (es. controllo tettonico, eustatico, spostamento del punto di emissione)*
- 8) *Corpo delimitato (nella maggior parte dei casi, sedimentario o vulcanico):*
 - a) *litologia; descrizione basata preferenzialmente su caratteri di facies, variazioni laterali e trend verticali*
 - b) *interpretazione paleoambientale*
 - c) *spessore e sue variazioni*
 - d) *età*
 - e) *altri tipi di unità riconosciute nel corpo (p. es. lito-, bio-stratigrafiche o della stratigrafia sequenziale)*
 - f) *possibile espressione sismica*

Per completare l'analisi di unità basate sulle discontinuità come criterio di distinzione stratigrafica, c'è da ricordare anche le unità allostratigrafiche istituite dalla ISSC nel NASC (1983), che ne prevede l'applicazione limitatamente alle rocce sedimentarie, anche se il criterio sulle quali si basano (le discontinuità che le delimitano) dovrebbe interessare anche altri tipi di rocce.

Oltre a ciò, la debolezza della loro proposizione risiede: 1) in questioni di priorità, dato che gli stessi criteri erano serviti in precedenza per definire le UBSU; 2) nella scelta di limitarsi alle discontinuità, per cui, quando si passa alle continuità relative, l'unità allostratigrafica virtualmente scompare (cfr. NASC fig.7); 3) nel non aver distinto chiaramente (né si può fare diversamente) tra unità litostratigrafiche e allostratigrafiche, laddove (NASC, art.58k) si ammette che l'unità allostratigrafica può essere estesa tracciando le discontinuità delimitanti oppure depositi fra le discontinuità stesse (evidentemente quando queste non si vedono); 4) nel tentativo malriuscito di dare a questo tipo di unità una apparente oggettività (secondo gli art. 58i e 58j, l'unità allostratigrafica non avrebbe alcuna relazione con genesi, storia geologica ed età) quando è evidente che la scelta di limiti discontinui può comportare un certo margine di soggettività interpretativa; 5) nelle distinzioni confuse tra unità allostratigrafiche, podostratigrafiche e morfostatigrafiche.

Per questi motivi sostanziali e formali (priorità) le unità allostratigrafiche vanno sostituite dalle UBSU secondo le indicazioni della ISSC (Salvador, 1987a).

1.4.1. Rango e denominazione delle UBSU

I ranghi delle UBSU sono, in ordine di importanza decrescente: Supersintema, Sintema e Subsintema. Una successione, sufficientemente spessa, è costituita da un insieme di unità di questo tipo, di dimensioni molto diverse sia sotto il profilo spaziale (da qualche metro di estensione a diverse decine di chilometri) che temporale. Come tutte le suddivisioni stratigrafiche anche le UBSU non dipendono dalla scala della carta e sono raggruppabili o suddivisibili in forma gerarchica. C'è tuttavia un limite massimo al grado di suddivisione costituito dalla densità di affioramenti e dalla obiettiva scansione nel tempo dei cicli. Ricordiamo inoltre che le UBSU possono essere istituite solo nei casi in cui i limiti inconformi (inferiore e superiore) siano entrambi oggettivamente osservabili.

Il *Supersintema* è l'unità di rango più elevato. Non è necessariamente suddiviso in Sintemi. Un Supersintema può essere istituito nei seguenti casi:

- per riunire più sintemi in un insieme maggiore, ed è questa l'applicazione più normale;
- per classificare stratigraficamente affioramenti diversi di depositi sempre sicuramente soggiacenti ad una determinata UBSU, che non è possibile stabilire se appartengano o no a cicli di rango inferiore.

Il *Sintema* è l'unità base ed è riferita a un corpo roccioso definito in base alle discontinuità che lo delimitano. Altre caratteristiche descrittive importanti sono la litologia, le strutture, la geometria e il contenuto in fossili.

Un Sintema non può contenere al suo interno discontinuità dello stesso rango di quelle che ne costituiscono i limiti.

I depositi da riunire in un Sintema sono riconoscibili sulla base della presenza delle discontinuità limite o dell'extrapolazione delle superfici limite da effettuare con criteri che dovranno essere opportunamente documentati.

Il *Subsintema* costituisce la porzione di un Sintema delimitata da superfici di discontinuità locali, contenute all'interno del sintema di pertinenza (discontinuità stratigrafiche di terzo ordine). In pratica esso può rappresentare un ciclo sedimentario o vulcanico minore, ma ben distinto, nell'ambito del ciclo maggiore che costituisce il Sintema.

Un Sintema può essere interamente o solo in parte suddiviso in Subsintemi, a seconda dell'importanza e riconoscibilità delle discontinuità interne.

Il nome delle unità, come stabilito dai Codici, sarà composto dall'indicazione della UBSU di rango appropriato e da un toponimo scelto fra quelli nei quali l'unità è meglio osservabile: ad esempio, Sinterna di Fosso Strangolagalli. Non possono essere usate denominazioni litologiche o geomorfologiche del tipo "Calcere di ...", "Terrazzo di ..." o "cono vulcanico di...". La prima dizione potrebbe infatti generare confusione con le unità litostratigrafiche; le altre seconda corrispondono ad unità morfologiche e non ad unità stratigrafiche. Per evitare l'insorgere di confusione è necessario non usare lo stesso toponimo per unità di tipo e rango differente.

1.5. BIOSTRATIGRAFIA

Attraverso vari criteri, la Paleontologia consente di definire corpi rocciosi utilizzabili nella pratica dell'analisi e della cartografia delle successioni sedimentarie. I fossili, inoltre, evolvendosi nel tempo sono il principale strumento per una datazione relativa dei corpi sedimentari in cui sono contenuti o di cui sono i componenti primari. Si definisce biostratigrafia quella branca della Paleontologia, che integrata con altre discipline, consente la datazione e correlazione fra unità litostratigrafiche o di altro tipo anche non contigue e/o appartenenti a bacini e regioni diverse.

La biostratigrafia moderna è il prodotto di un continuo e progressivo miglioramento delle scale biostratigrafiche basate sia su gruppi fossili tradizionalmente considerati come fossili-guida, sia su gruppi di recente utilizzazione, precedentemente ignorati soprattutto per mancanza di tecnologia adeguata. Le scale biostratigrafiche vengono preferenzialmente utilizzate in maniera integrata ed è quindi sconsigliato all'interno di questo progetto l'utilizzo di scale biostratigrafiche basate su un unico gruppo tassonomico.

Per un uso corretto dei fossili è necessario il loro inquadramento nella successione biostratigrafica e nel contesto deposizionale, il che implica la necessità di un'analisi tafonomica per mettere in luce i fattori biostratigrafici e le eventuali modificazioni fossil-diagenetiche. Si raccomanda, inoltre, che ogni indagine biostratigrafica sia ancorata a sezioni stratigrafiche come definite nella Parte II, paragrafo 1.2.3.

La calibratura biostratigrafica permette anche un esatto inquadramento temporale degli eventi ciclici. Nello stesso modo, essa fornisce alla magnetostratigrafia l'età relativa dei limiti degli eventi da essa riconosciuti.

1.5.1. Tipi di unità biostratigrafiche

L'unità fondamentale in biostratigrafia è la *biozona*, ossia un pacco di strati che sono definiti, caratterizzati ed identificati in base ai fossili che contengono. Si chiama indicatore zonale il fossile da cui la biozona prende il nome.

Gli indicatori zonali devono essere specie relativamente comuni e di facile identificazione. I migliori fossili guida sono gli organismi vissuti per breve tempo, con rapida diffusione geografica, ampia distribuzione areale, che devono essere relativamente poco sensibili alle variazioni climatiche maggiori. Queste caratteristiche sono proprie, anche se non esclusive, degli organismi ad habitat pelagico. Le biozone possono avere durata varia: dai milioni di anni a meno di centomila anni.

L'identificazione di una biozona è basata su due bioeventi, rispettivamente a tetto e a letto. Il bioevento si identifica con la comparsa e la scomparsa di uno o più taxa, o con un aumento peculiare dell'abbondanza di un dato taxon, di cui è stata controllata la posizione in più successioni stratigrafiche di aree non appartenenti allo stesso bacino. Un bioevento può avere distribuzione globale, in tal caso assume il significato di Datum Plane, semplificato nelle sigle FAD (*First Appearance Datum*) e LAD (*Last Appearance Datum*). Molti bioeventi, tuttavia, hanno significato solo locale.

Biozona di associazione o Cenozona - Questa biozona prende il nome dal fossile che più la caratterizza, ma è definita dall'associazione che lo accompagna. Viene utilizzata nella fase iniziale di una ricerca, o quando gli altri tipi di biozone non sono applicabili ad una determinata successione. Le Cenozone richiedono che sia definito uno stratotipo.

Biozona di distribuzione - Questa biozona è basata sulla distribuzione dell'indicatore(i) zonale(i). La distribuzione del(i) fossile(i) prescelto(i) deve essere nota e controllata in numerose successioni stratigrafiche possibilmente a scala globale. Non richiede uno stratotipo. Essa può essere:

- di distribuzione *totale*: i limiti della biozona coincidono con la distribuzione dell' indicatore zonale.
- di distribuzione *parziale*: uno dei limiti della biozona coincide con la comparsa o scomparsa dell' indicatore, mentre l'altro limite coincide con un evento biostratigrafico diverso.
- di distribuzione *concomitante*: prende nome in generale da due fossili diversi, la cui coesistenza è rigorosamente limitata a quell' intervallo.

Biozona di intervallo - Questa biozona prende nome dal taxon più diffuso e/o significativo, ma nessuno dei due limiti è definito in base alla distribuzione dello stesso, il quale è presente sia inferiormente che superiormente ai suddetti limiti. Caso comune di biozona di intervallo è l'intervallo stratigrafico interposto tra due biozone di distribuzione totale oppure tra una biozona a distribuzione totale ed una a distribuzione parziale.

Nei Codici Stratigrafici sono contemplate anche la Biozona evolutiva e la Biozona oppeliana. La *Biozona evolutiva*, che si basa su una successione di fossili che si presume appartengano alla stessa linea evolutiva (ovvero ogni biozona rappresenta uno stadio evolutivo diverso nella stessa linea filetica), rientra nella biozona di distribuzione. La *Biozona oppeliana* rientra nella biozona di distribuzione e/o di intervallo.

Biozona di acme - Questa biozona è caratterizzata da un taxon o più taxa, la cui abbondanza cresce significativamente in un certo pacco di strati rispetto a quelli sopra o sottostanti. I limiti inferiore e superiore corrispondono al cambiamento in abbondanza del(i) taxon(a). Essa prende nome dal(i) taxon(a) che cresce(ono) in abbondanza. Essa è anche indicata come Biozona di abbondanza.

Le biozone di più ampia utilizzazione sono la biozona di distribuzione parziale ed in minor modo le biozone di distribuzione totale e d'intervallo.

1.5.2. Ordine gerarchico

Analogamente alla litostratigrafia, le unità biostratigrafiche sono organizzate secondo un ordine gerarchico decrescente.

- *Superbiozona*: utilizzata in rari casi, accorpendo più biozone fondamentali.
- *Biozona*: unità fondamentale.
- *Sub-biozona* o *Subzona*: viene definita secondo gli stessi criteri menzionati per l' identificazione della biozona. In genere uno dei limiti, inferiore o superiore, di una subzona coincide con quello della biozona, mentre l' altro limite viene definito da un evento di rango inferiore.
- *Bio-orizzonte*: è uno strato o pacco di strati caratterizzato da una specifica associazione fossilifera, definibile localmente, che può essere identificabile a scala di bacino ed è utilizzabile per correlare successioni non contigue. Ha lo stesso rango di lito-orizzonte in litostratigrafia.

1.5.3. Omogeneità delle scale biostratigrafiche

Sulla base delle successioni biostratigrafiche riconosciute nelle varie aree cartografate di questo progetto si dovrà costruire una scala biostratigrafica regionale al fine di un'omogenizzazione dei dati biostratigrafici. Per certe unità e intervalli tempo la scala biostratigrafica regionale può coincidere con le scale cosiddette "standard", ovvero globali o comunque almeno a scala mediterraneo/tetidea.

1.5.4. Scale biostratigrafiche multiple "standard"

E' pratica biostratigrafica attuale lo studio di più gruppi fossiliferi in una stessa successione stratigrafica al fine di compensare eventuali elementi poco diagnostici in uno dei gruppi con quelli derivati da altri. Ad esempio, in questi ultimi anni sono state o saranno prodotte per il Cenozoico scale multiple basate sui Foraminiferi planctonici, Nannofossili calcarei, Radiolari, Diatomee, Dinoflagellati, correlate inoltre alla scala magnetostatigrafica.

1.5.5. Unità faunistiche continentali a vertebrati

L'estensione generalmente limitata nello spazio dei corpi sedimentari di ambiente continentale, generalmente depositi in periodi di tempo brevi, la distribuzione discontinua dei fossili e la difficoltà a stabilire i rapporti tra successioni sedimentarie non consentono in molti casi di applicare i classici metodi biostratigrafici. Questa difficoltà è particolarmente avvertita quando si debbano correlare riempimenti di fessure carsiche e di altra origine. I paleontologi dei vertebrati hanno quindi adottato un sistema cronologico relativo che non si fonda sul criterio di sovrapposizione e le cui unità per essere definite non hanno bisogno di limiti riconoscibili nei corpi rocciosi.

Le associazioni a vertebrati continentali sono ordinate in una successione temporale per mezzo delle variazioni evolutive e degli eventi di dispersione dei taxa. Il principio di sovrapposizione viene utilizzato dove è possibile applicarlo, a convalida o a rettifica delle ricostruzioni cronologiche. Le associazioni fossili rappresentano quindi dei biocroni (unità di tempo geologico basate sui dati paleontologici senza alcun riferimento ad unità sedimentarie; Berggren & Van Couvering, 1974), ed il sistema formato dalla loro successione costituisce una biocronologia.

I paleontologi dei vertebrati del Nord America hanno ormai da tempo consolidato l'uso delle "Mammal Ages" (Tedford, 1970) come unità della biocronologia dei depositi continentali del Cenozoico. Sistemi biocronologici articolati in "Mammal Ages" si stanno ora definendo in tutti i continenti. Le "land Mammal Ages" sono suddivisibili in sottounità temporali ("Mammal Subages" o "Faunal Units"), rappresentate da faune locali (associazioni di fossili provenienti da una data località o da uno stesso livello stratigrafico) che hanno il più alto numero di specie in comune. Normalmente le "Mammal Ages" e le "Faunal Units" prendono il nome dal luogo dove è stata trovata la fauna locale più rappresentativa: ad esempio, rispettivamente, l'età mammaliana Villafranchiano da Villafranca d'Asti e l'unità faunistica Triversa dal nome della valle dove sono stati rinvenuti i fossili che compongono la fauna locale tipo.

Le unità faunistiche a vertebrati costituiscono una trama cronologica utile, in assenza d'altro, per la correlazione dei corpi sedimentari continentali. Intercalazioni di depositi continentali in successioni marine, dati radiometrici e paleomagnetici sono elementi che rendono possibile l'ancoraggio delle unità faunistiche a vertebrati alla scala standard della geocronologia.

1.6. CRONOSTRATIGRAFIA E GEOCRONOLOGIA

Passiamo infine ai tipi di unità stratigrafiche a caratterizzazione strettamente temporale. Esse sono innanzitutto le unità cronostratigrafiche e geocronologiche, poi le unità magnetostratigrafiche, poi le unità isotopostatigrafiche, chemiostratigrafiche e altre di tipo analogo, che stanno emergendo o che si proporranno in futuro.

Le unità cronostratigrafiche e geocronologiche equivalenti, vero paradigma della convenzionalità (unità cronostratigrafiche) e dell'astrazione (unità geocronologiche) in stratigrafia, si differenziano da tutte le altre perchè si basano sostanzialmente sulla variazione tendenziale degli organismi nel momento della scelta del criterio del limite, mentre poi la scelta fatta viene resa convenzionalmente stabile e normativa mediante la procedura dello stratotipo del limite in un punto standard.

Ne deriva così la Scala Stratigrafica Standard ad articolazione relativa, che costituisce, fin dalle origini, una delle caratterizzazioni della Geologia e che, in associazione con la Scala Geocronometrica, costituisce il riferimento temporale di base per tutte le altre unità e scale stratigrafiche.

Si suggerisce di attenersi alle versioni più aggiornate della Scala Stratigrafica Standard e della sua calibratura cronometrica come quelle pubblicate dall'IUGS "Global Stratigraphic Chart" (1989) e in Harland *et alii* (1989), con le integrazioni necessarie alla cronostratigrafia del Quaternario marino che saranno definite dalla Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana.

1.6.1. Scala Geocronologica

La Società Geologica Italiana, per suggerimento della Commissione Italiana di Stratigrafia, ha deciso di pubblicare, sotto la veste di un poster con annotazioni, una versione aggiornata della Scala Geocronologica che possa servire da riferimento per gli operatori italiani e come espressione di opinione dell'Italia nell'ambito della International Commission on Stratigraphy (IUGS-ICS).

La preparazione di questa Scala Geocronologica viene inoltre fatta coincidere con l'avvio del progetto "Cartografia geologica del territorio nazionale alla scala 1:50.000" in modo tale che possa essere utilizzata dagli operatori impegnati.

Come è noto, una scala geocronologica è composta dalla Scala Cronostratigrafica Standard (SCS) calibrata in anni. Tale Scala è frutto di un accordo convenzionale nell'ambito dell' IUGS-ICS, sulla base di sezioni stratotipiche del limite di validità globale (GSSP), e perciò - sia pure in costante arricchimento - è sostanzialmente fissa. La calibratura in anni dell'età dei limiti delle sue unità costituenti è invece oggetto di ricerca e di scoperta, e perciò in continua evoluzione.

La versione presentata in Figura 1 è stata prodotta in base al confronto critico e alla combinazione, dove possibile, della "1989 Global Stratigraphic Chart" dell'IUGS, della "Geologic time scale 1989" di Harland *et alii* e della "Echelle numérique des temps géologiques" di Odin & Odin (1990) per la Société Géologique de France. Le opere di riferimento scelte sono le più recenti e fra le più accreditate, sul piano ufficiale la prima e sul piano della libera ricerca geocronologica e stratigrafica le altre due.

Nella scala qui proposta sono stati apportati alcuni adattamenti, modifiche minori e scelte (nel caso di opzioni ancora aperte) in funzione delle condizioni e delle conoscenze italiane. Da segnalare in particolare le soluzioni stratigrafiche standard proposte per il Plio-Pleistocene (area tipo in Italia), che è uno dei temi all'attenzione della Commissione Italiana di Stratigrafia. Per quanto concerne il Precambriano, si è limitata la tabulazione analitica alla porzione superiore presumibilmente presente in Italia. Per evitare, infine, una articolazione eccessiva, piani e sottopiani - di difficile cartografabilità o limitati a poche regioni - seppur già

standardizzati a livello internazionale e usati anche in Italia, sono stati elencati solo nelle note.

Si suggeriscono, infine, le sigle da adoperare nella compilazione della legenda, definite in modo tale da garantire la necessaria uniformità con gli standard internazionali.

NOTE ALLA FIGURA 1 - SCALA GEOCRONOLOGICA.

- (1) La Serie Caradoc è suddivisa nei seguenti Piani dal basso: Costoniano, Harnagiano, Soudleyano, Longvilliano; Marshbrookiano, Actoniano, Onniano.
- (2) La Serie Ashgill è suddivisa nei seguenti Piani dal basso: Pusgilliano, Cautleyano, Rawtheyano, Hirnantiano.
- (3) Il Superpiano Serpukhoviano è suddiviso nei seguenti Piani dal basso: Pendleyano, Arnsbergiano, Chokeriano, Alportiano.
- (4) Il Superpiano Bashkiriano è suddiviso nei seguenti Piani dal basso: Kinderscoutiano, Marsdeniano, Yeadoniano, Cheremshankiano, Melekeskiano.
- (5) Il Superpiano Moscoviano è suddiviso nei seguenti Piani dal Basso: Vereiskiano, Kashirskiano, Podolskiano, Myachkovskiano.
- (6) Il Superpiano Kasimoviano è suddiviso nei seguenti Piani dal basso: Krkyakinshiano, Chamovnicheskiano, Dorogomilovskiano.
- (7) Il Superpiano Gzheliano è suddiviso nei seguenti Piani dal basso: Klazminskiano, Noginskiano.
- (8) La Sottocommissione ICS apposita sta discutendo la sostituzione del Kunguriano con il Boloriano e Kubergandiano dal basso. I termini tradizionali franco-tedeschi del Permiano continentale e transizionale vengono qui usati secondo l'eccezione cronostatigrafica continentale in armonia con le proposte di Harland et al. (1989). Le calibrature più recenti delle rispettive unità litostratigrafiche suggeriscono in prevalenza le seguenti correlazioni:
Autuniano = Rotliegende inf. = Asseriano - Sakmariano p.p.
Sassoniano = Rotliegende sup. = Sakmariano p.p.-Midiano
Turingiano = Zechstein = Dzhulfiano-Dorashamiano
- (9) La Serie del Carbonifero Superiore e del Permiano si riferiscono a suddivisioni della successione prevalentemente continentale dell'Europa Occidentale.
- (10) Il Superpiano Scitico è suddiviso nei seguenti piani dal basso: Induano e Olenekiano, a loro volta suddivisi in Griesbachiano, Dieneriano, Smithiano, Spathiano.
- (11) Il Piano Anisico è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Aegeico, Bitinico, Pelsonico, Illirico.
- (12) Il Piano Ladinico è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Fassanico, Longobardico.
- (13) Il Piano Carnico è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Cordevolico, Julico, Tuvalico.
- (14) Il Piano Norico è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Lacico, Alamnico, Sevalico.
- (15) Il Piano Sinemuriano è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Sinemuriano, Lotharingiano.
- (16) Il Piano Pliensbachiano è suddiviso nei seguenti Subpiani dal basso: Carixiano, Domeriano.
- (17) Il Piano Titonico è suddiviso in Danubiano ed Ardesciano.
- (18) La Sottocommissione ICS apposita sta discutendo se introdurre fra Daniano e Thanetiano il nuovo piano Seelandiano.
- (19) Il nome del Piano è in via di definizione.
- (20) La classificazione in Piani del Pleistocene non è tuttora ben definita.

FONOTEMA	ERATEMA	PERIODO		Super	EPOCA SERIE	Super	ETÀ		
		SISTEMA					PIANO		
		Sub	Ma				Sub	Ma	
FANEROZOICO	CENOZOICO	QUATERNARIO	1.64	Q	(20) PLEISTOCENE	Hol	0.01	Versiliano	Ver
						Ple ₂	0.124	Tirreniano	Tyr
						Ple ₁	0.3	Crotoniano	Cro
						Ple ₀	1.3	Emiliano	Emi
		NEOGENE	23.5	Ng	PLIOCENE	Pli ₃	2.4	(19) Piacenziano	Pia
						Pli ₂	3.5		
						Pli ₁	4.9		
					MIOCENE	Mio ₃	7.2	Messiniano	Mes
						Mio ₂	10	Tortoniano	Tor
						Mio ₁	14.7	Serravalliano	Srv
	PALEOGENE	66.7	Pg	OLIGOCENE	Oli ₂	29	Chattiano	Chl	
					Oli ₁	34	Rupeliano	Rup	
				EOCENE	Eoc ₃	38	Priaboniano	Prb	
					Eoc ₂	42	Bartoniano	Brb	
	PALEOCENE	Eoc ₁	50	Luteziano	Lut				
		Pal ₂	55	Ypresiano	Ypr				
	MESOZOICO	CRETACICO	~ 140	K	SUPERIORE	K ₂	74	Maastrichtiano	Maa
						K ₁	83	Campaniano	Cmp
						K ₀	86	Santoniano	San
					INFERIORE	K ₃	88	Coniaciano	Con
K ₂						90	Turoniano	Tur	
K ₁						97	Cenomaniano	Cen	
GIURASSICO		205	J	SUP. (MALM)	J ₃	112	Albiano	Alb	
					J ₂	125	Aptiano	Apt	
				MED. (DOGGER)	J ₁	131	Barremiano	Brm	
					J ₀	135	Hauteriviano	Hau	
INF. (LIAS)	J ₃	140	Valanginiano	Vlg					
	J ₂	145	Berriasiano	Ber					
TRIASSICO	~ 250	Tr	SUPERIORE	Tr ₃	~ 145	Titoniano	(17) Tth		
				Tr ₂	~ 150	Kimmeridgiano	Kim		
				Tr ₁	~ 155	Oxfordiano	Oxf		
			MEDIO	Tr ₃	159	Calloviano	Clv		
				Tr ₂	170	Bathoniano	Bth		
				Tr ₁	176	Bajociano	Baj		
INFERIORE	Tr ₃	180	Aaleniano	Aal					
	Tr ₂	188	Toarciano	Toa					
	Tr ₁	195	Phiensbachiano	(16) Plb					
TRIASSICO	~ 250	Tr	INFERIORE	Tr ₃	201	Sinemuriano	(15) Sin		
				Tr ₂	205	Hettangiano	Het		
				Tr ₁	210	Retico	(14) Rht		
TRIASSICO	~ 250	Tr	INFERIORE	Tr ₃	220	Norico	Nor		
				Tr ₂	230	Carnico	(13) Crn		
				Tr ₁	240	Ladinico	(12) Lad		
TRIASSICO	~ 250	Tr	INFERIORE	Tr ₃	240	Anisico	(11) Ans		
				Tr ₂	~ 250	Scitico	(10) Sey		

EONOTEMA	ERATEMA	PERIODO SISTEMA		EPOCA SERIE		ETÀ PIANO		
		Ma	Sub	Super	Sub	Ma	Sub	
FANEROZOICO	PALEOZOICO	PERMIANO		SUP. P ₂	ZECHSTEIN TUR.	250	Dorashamiano Dor Dzhulfiano Dzh Midiano Mid Murgabiano Mur Kubergandimiano Kub Kunguriano (8) Kun	
		PERMIANO		INF. P ₁	ROTLIEGENDES SAS. (9) AUT.	260 270 282 290	Artinskiano Art Sakmariano Sak Asseliano Ass	
		CARBONIFERO	SUPERIORE PENNSYLV. INFERIORE MISSISSIPPIANO INFERIORE DINANTIANO	Ma	Sub	STEFANIANO c b a	295	Gzheliano (7) Gze Kasimoviano (6) Kas
						CANTABRIANO a ^{bcd}	300	Moscoviano (5) Mos
						WESTFALIANO a ^{bcd}	309	Bashkiriano (4) Bak
						NAMURIANO Nam	310 325	Serpukhoviano (3) Spk Brigantiano Bri Asbiano Asb
						VISEANO	340	Holkeriano Hol Arundiano Aru Chadiano Chd
		DEVONIANO	Ma	Sub	SUPERIORE D ₃	350	Ivoriano Ivo Hastariano Has	
					MEDIO D ₂	360		
					INFERIORE D ₁	367 375 380 385 390 396 410	Famenniano Fam Frasniano Frs Givetiano Giv Eifeliano Eif Emsiano Ems Pragiano Pra Lochkoviano Lok	
		SILURIANO	Ma	Sub	SUP. PRIDOLI Prd	414		
					S. LUDLOW Lud	419 424	Ludfordiano Ldf Gorstiano Gor	
					INF. WENLOCK Wen	424 426 428	Homeriano Hom Sheinwoodiano She	
					S ₁ LLANDOVERY Lly	428 433 436 438	Telychiano Tel Aeroniano Acr Rhuddaniano Rhu	
		ORDOVICIANO	Ma	Sub	SUP. ASHGILL Ash	446		
O. CARADOC Crd	464				(2) (1)			
MEDIO LLANDEILO-LLANVIRN Llo-Lln	O ₂ 476							
INF. ARENIG Arg	493							
O. TREMADOC Tre	O ₁							
CAMBRIANO	Ma	Sub	SUP. (MERIONETH) € ₃	517	Trempealeauiano Tre Franconiano Fra Dresbachiano Dre			
			MED. (ST. DAVID'S) € ₂	536	Mayaiano May Amgaiano Amg			
			INF. (CAERPAI) € ₁	554 560 570	Leniano Len Atdabaniano Atb Tommotiano Tom			
PROTEROZOICO	I Ga L.G. Z ₁	PRACAMBRIANO	Simico 0.8 Ga Z Rifeico 1.65 Rif	Vendiano V 610	Ediacara E 590	Edi		
Archeano								
Eonotema	Eratema	Periodo sistema	Epoca serie					