

Uno sguardo sul territorio

APPUNTI SULLA GEOLOGIA DEL PIEMONTE



Piemonte at a glance
A geological outline

Ideazione e progetto editoriale/[Conceiving and publishing plan](#)
Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto
(Responsabile: Paola Balocco)

Coordinamento editoriale e redazionale/[Publishing and editing coordination](#)
Arpa Piemonte, Comunicazione istituzionale

Testi a cura di /[Edited by](#)
Michele Morelli, Luca Paro
Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto

Revisione scientifica/[Scientific revision](#)
Francesco Carraro¹, Gianfranco Fioraso², Fabrizio Piana²
¹ Università degli Studi Torino, Dipartimento di Scienze della Terra
² CNR – Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Torino

Traduzione italiano/inglese/[Translation Italian/English](#)
Simonetta Riva, Michele Morelli
Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto

Ideazione e progetto grafico/[Conceiving and design](#)
Chroma – Torino

Riferimenti iconografici/[Image references](#)
Immagini realizzate ed elaborate dagli autori o provenienti da archivio Arpa Piemonte
[Images created and elaborated by the authors or taken from Arpa Piemonte archives](#)

Altre fonti/[Others](#)
Siti Internet: Intro capp. 1, 2, 3; 1.5; 2.1, 2.3, 2.7, 2.9, 2.10, 2.11a, 2.11c, 2.11d, 2.15d, 2.16, 2.18, 2.19, 2.22, 2.26, 2.27, 2.28, 3.3; 3.6; 3.9; 3.12;
A. Bosellini (Storia geologica d'Italia. Gli ultimi 200 milioni di anni) Ed. Zanichelli, 2005: 2.5, 2.29
Poster Comune di Cesana Torinese: 2.12a, 2.12b
G. Fioraso: 2.12 c, 2.12d
A. Ghelli: 2.21a
F. Piana: 2.15c, 2.23a, 2.23b
P. Cadoppi: 2.21b
A. Festa: 2.23c
G. Susella: 3.21
APAT: 4.9

Finito di stampare nel mese di settembre 2011 presso Litografia Viscardi – Alessandria
[Printed in september 2011 by Litografia Viscardi – Alessandria](#)

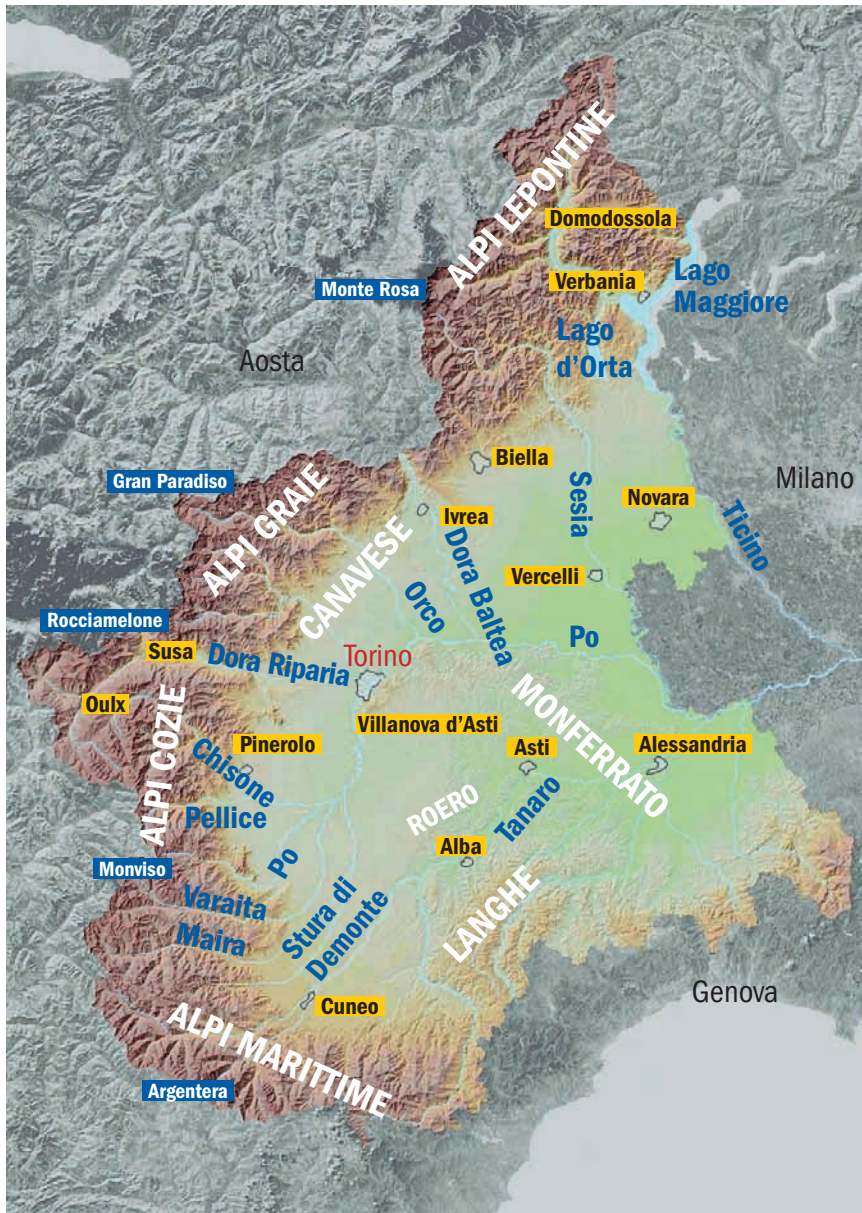
Stampato su carta riciclata al 100% che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica Ecolabel Europeo
[Printed on 100% recycled paper which has been awarded the European Ecolabel](#)



ISBN 978-88-7479-129-3
Copyright©2011, Arpa Piemonte
Via Pio VII, 9 - 10135 Torino - Italia

Seconda edizione
Prima edizione gennaio 2006

L'Arpa Piemonte non è responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento. La riproduzione è autorizzata citando la fonte.
[Arpa Piemonte is not liable for any use of information available in this document.](#)
[The reproducing is permitted only citing the source](#)



Prefazione/Preface

Si sta sempre più diffondendo una innovativa cultura ambientale e una crescente consapevolezza dell'importanza della tutela delle risorse e della prevenzione da ulteriori impatti ambientali.

Uno sviluppo realmente sostenibile può essere conseguito e garantito solo attraverso una profonda conoscenza della situazione locale e regionale che rappresenta un indispensabile elemento di supporto alle decisioni in occasione dell'intervento di governi, imprese, società e individui.

La conoscenza dei sistemi naturali e dei meccanismi che ne regolano gli equilibri è uno dei principali obiettivi perseguiti da Arpa Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale), che ha tra i suoi compiti quello di monitorare lo stato dell'ambiente nel suo insieme.

Da qui è nata l'idea di realizzare il presente libretto che si pone l'obiettivo di fare conoscere meglio il tema della geologia del Piemonte, dall'origine del nostro pianeta all'attuale conformazione del paesaggio, tuttora in continua trasformazione.

Ideato in forma di quaderno di viaggio, a tratti didattico, si presta ad essere letto da un pubblico eterogeneo, con lettori più esperti che possono soffermarsi su particolari geologici e appassionare i non specialisti.

Con il supporto di un allestimento grafico ricco di figure, utilizza un linguaggio il più possibile semplice che attraverso l'uso del colore evidenzia i diversi percorsi di lettura: il nero per l'italiano e il blu per l'inglese, nel testo corrente e, rispettivamente, il verde e l'arancione nelle didascalie.

Il testo è articolato in quattro capitoli: (1) il pianeta Terra, (2) 300 milioni di anni in poche pagine, (3) da 5 milioni di anni fa ad oggi, (4) il Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto.

È nostra convinzione che la conoscenza dell'evoluzione del territorio ed i processi naturali è la “chiave di volta” per una corretta gestione dello stesso e di quei fenomeni, quali terremoti, frane e alluvioni, che possono causare la perdita di vite umane ed ingenti danni all'ambiente in cui viviamo.

Questo libretto è una versione rivisitata e aggiornata della prima edizione pubblicata nel gennaio 2006 che aveva riscosso molti apprezzamenti tanto da andare esaurita.

Truly sustainable development can be achieved only through a deep knowledge of the regional and local environmental features useful to support the decisions of governments, businesses, corporations and individuals.

The knowledge of natural systems regulating mechanisms is one of the main tasks of Arpa Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale – Regional Agency for Environmental Protection), which is in charge of monitoring the overall state of the environment.

That's why we prepared this booklet, which may help to understand Piemonte region and its complex terrains. The booklet is basically an outline of regional geology, and spans from the origin of the Earth to present-day Piemonte landforms. It's a sort of illustrated field-trip guide-book targeted to capture the non-specialists and the more experienced readers. The two sections, in Italian and English, are defined by different colours. The text is divided into four main chapters: (1) the Earth, (2) 300 million years in a few pages, (3) from 5 million years to present-day, (4) Department of Geology and Geological instability.

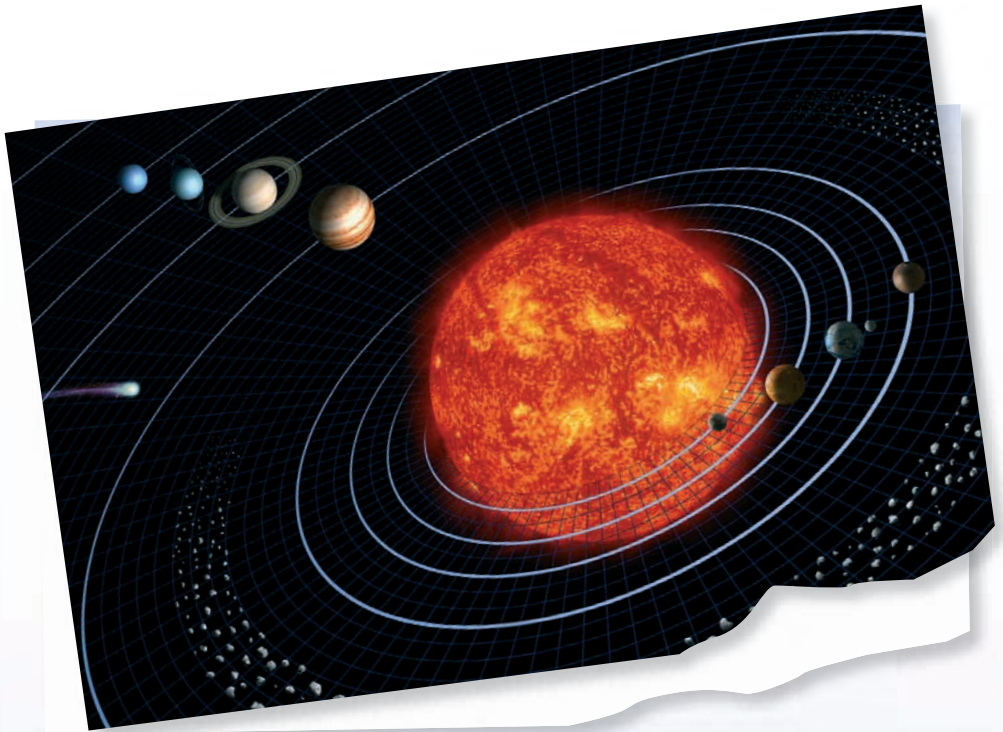
We do believe that a correct knowledge of Earth-shaping geological processes greatly helps both proper environment management and natural risks reduction.

This booklet is a revised and updated edition published in January 2006, since it went out of stock due to so much interest.

Silvano Ravera
Direttore Generale Arpa Piemonte
Arpa Piemonte General Manager

capitolo primo chapter one

Il Pianeta Terra The Earth



La Terra ed il Sistema Solare

The Earth and the Solar System

La Terra è un piccolo pianeta disperso nell'immensità dell'Universo con una particolarità importante: la presenza di acqua e di ossigeno sulla sua superficie che rende possibile lo sviluppo della vita.

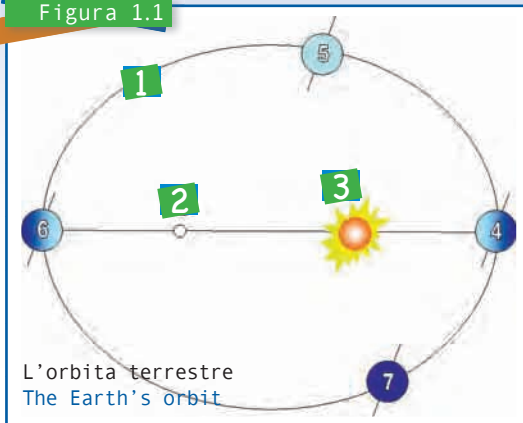
The Earth is a tiny planet lost in the vastness of the universe but with an important peculiarity: the presence of water and oxygen on its surface make life possible on our planet.

Da un punto di vista astronomico la Terra è un pianeta che fa parte del Sistema Solare, costituito da altri otto pianeti orbitanti intorno al Sole, di forma ellissoidale, cioè una sfera leggermente schiacciata ai poli (raggio equatoriale = 6.378 km;

From an astronomic point of view, the Earth is a planet belongin to the Solar System which is made of other eight planets orbiting round the Sun.

The Earth is ellipsoidal in shape, that is a sphere with its poles slightly compressed

Figura 1.1



1

Orbita ellittica di rivoluzione
Elliptical revolution orbit

2

Fuoco dell'orbita ellittica
Focus of the elliptical orbit

3

Fuoco dell'orbita ellittica dove si trova il Sole
Focus of the elliptical orbit where the Sun is located

4

La Terra il 22 dicembre nel punto più vicino al Sole
Earth on December 22nd, the nearest point to the Sun

5

La Terra il 21 marzo
Earth on March 21st

6

La Terra il 21 giugno nel punto più lontano dal Sole
Earth on June 21st, the farthest point from the Sun

7

La Terra il 23 settembre
Earth on September 23rd

raggio polare = 6.356 km). Trattenuta nell'orbita solare dalla forza di attrazione gravitazionale del Sole, ruota su se stessa da ovest ad est, impiegando circa 24 ore a compiere una rotazione completa (producendo in tal modo l'alternanza del giorno e della notte). Contemporaneamente, compie il moto di rivoluzione intorno al Sole in circa 365 giorni, alla velocità media di 30 km/secondo. L'orbita ellittica e l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto all'orbita di rivoluzione determinano l'alternarsi delle stagioni (Fig. 1.1).

La Luna è l'unico satellite naturale della Terra che dista da essa mediamente 384.403 km.

Rispetto alla Terra la Luna è più piccola di 4 volte e la sua massa è oltre 80 volte inferiore. Il tempo di rotazione intorno al proprio asse è perfettamente uguale al tempo di rivoluzione intorno alla Terra (27 giorni): per questo motivo la Luna presenta sempre la stessa faccia verso il nostro pianeta.

(equatorial radius = 6,378 km; polar radius = 6,356 km). Kept in the solar orbit by the Sun gravitational attraction, the Earth spins round itself from west to east, taking about 24 hours to complete a full spin (from which day and night are generated). At the same time, the Earth revolves around the Sun, moving along an ellipse where the Sun occupies one of the two foci (at a mean distance of 150 millions km). It takes about 365 days for the Earth to go all the way around the Sun at an average speed of 30 km/second. Seasons are determined by the elliptic orbit and the inclination of the Earth axis in relation to the revolution orbit (Fig. 1.1).

The Earth has a single natural satellite, the Moon, located at an average distance of 384,403 km.

The Moon is 4 times smaller than the Earth and its mass is 80 times lighter.

Because the Moon rotation time on its axis is the same as its revolving time around the Earth (27 days), the Moon always keeps the same face toward our planet.

L'origine della Terra

È uno dei quesiti più appassionanti della cosmologia in quanto la formazione del nostro pianeta è a sua volta una conseguenza dell'origine dell'Universo.

Attualmente la teoria maggiormente accettata e condivisa è quella del Big Bang (grande esplosione), verificatasi circa 15 miliardi di anni fa, da cui ebbero origine le dimensioni (come lo spazio ed il tempo) e la materia.

In seguito all'esplosione l'Universo iniziò un processo di espansione e di raffreddamento progressivo da cui si originarono via via i diversi elementi che, condensandosi, formarono i corpi celesti. Anche l'origine del nostro Sistema Solare si ritiene legata alla condensazione di una immensa nuvola appiattita di gas e polvere da cui, circa 5 miliardi di anni fa, iniziò dapprima a formarsi il Sole e successivamente i due pianeti più grandi (Giove e Saturno) e per ultimi le comete e gli altri pianeti tra i quali la Terra.

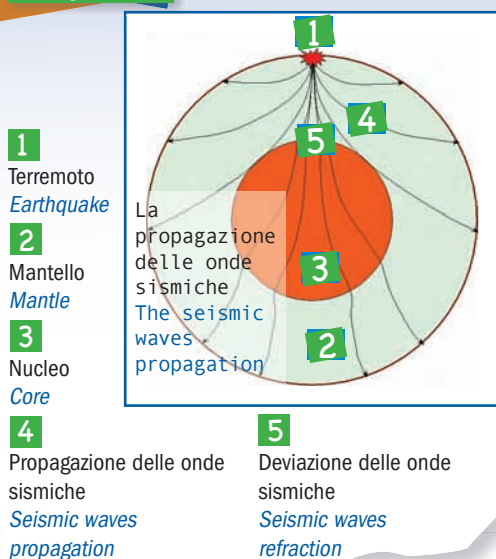
The origin of the Earth

It is one of the most fascinating problems in cosmology, as the formation of planet Earth is considered a consequence of the Universe coming into being.

At present, the most widely accepted theory on the Universe's origin is the Big Bang theory, according to which 15 billion years ago a big explosion took place and dimensions (like space and time) and matter were generated.

Following the explosion, the Universe began to expand and to gradually cool, generating elements that, once condensed, formed the celestial bodies. The origin of our Solar System, too, is believed to be related to the condensation of an immense, flat cloud of gas and dust. 5 billion years ago (the esteem is based on specific dating techniques applied to earth and moon rocks and to meteors) the Sun began to form, followed by the two biggest planets (Jupiter and Saturn). Lastly, comets and other planets appeared among which planet Earth.

Figura 1.2



Che cos'è la Terra e com'è fatta al suo interno?

Grazie allo sviluppo tecnologico, l'uomo è stato in grado di lanciare sonde alla scoperta del Sistema Solare, di scendere sulla Luna e di programmare lo sbarco su Marte. Tuttavia, si è dovuto arrendere di fronte all'impossibilità di studiare in modo diretto le viscere della Terra, ovvero quelle migliaia e migliaia di chilometri che lo separano dal centro del pianeta.

Pertanto le conoscenze sulla struttura e la composizione interna della Terra si fondano principalmente su informazioni indirette fornite dalla geofisica ed in particolare dallo stu-

What is the inside of the Earth like?

Advanced technology has been able to send space probes to explore the Solar System, men on the Moon, to plan a Mars landing.

But it gave up on the possibility of studying directly into the Earth, those thousands of kilometres that separate us from the centre of our planet.

Our knowledge of the structure and internal composition of the Earth is based on the direct study of its surface rocks – reaching a depth of about 10 km – and on indirect information. In particular, the study of seismic waves propagation has thrown light on the Earth's depths (Fig. 1.2).

These waves, generated by earthquakes or artificial explosions, travel within the globe. Depending on the properties of the rocks they travel through, the waves change speed and direction: they are fastest when the density increases and the temperature decreases, that is the more the material is dense and cold the more they increase their speed. When the waves meet a surface that separates two different materials, part of the waves are reflected (bounced off) and part are refracted (deviated).

dio della propagazione delle onde sismiche, in quanto i dati ricavati direttamente dalle rocce sono limitati alla parte più superficiale del pianeta (circa una decina di chilometri di profondità) (Fig. 1.2).

Queste onde, generate da terremoti o da esplosioni artificiali, si propagano all'interno del globo subendo variazioni di velocità e di direzione in base alle caratteristiche dei materiali rocciosi che incontrano. Aumentano la loro velocità quando aumenta la densità e diminuisce la temperatura del materiale attraversato, cioè quanto più il materiale è denso e freddo. Al contrario, quando le onde incontrano una superficie di separazione tra due materiali diversi una parte di esse viene riflessa (ossia rimbalza) e una parte viene rifratta (cioè deviata).

Lo studio delle caratteristiche e del comportamento delle onde sismiche ha rivelato che la struttura interna della Terra non è omogenea.

Infatti il nostro pianeta è suddiviso in livelli concentrici identificati in base alle diverse caratteristiche chimiche, fisiche, mineralogiche delle rocce che lo compongono. Sulla base dei dati sismici, la Terra è stata suddivisa in tre involucri principali: la crosta, il mantello ed il nucleo suddivisi tra loro da discontinuità.

The study of seismic waves properties and behavioural has revealed that the Earth's interior is not homogeneous.

Various concentric layers have been identified on the basis of chemical, physical, mineralogical properties of the rocks. According to the seismic data, the Earth is made up of 3 main shells - the crust, the mantle, and the core - separated by discontinuities.

Plate tectonics and continental drift

Up to the beginning of the 20th century, geologists believed that continents and ocean basins were stable and still forms on the terrestrial surface. But during the last decades a great flow of new information has contributed to radically change the interpretation of planet Earth activity (Fig. 1.3).

At present, the crust is not considered any more as a single rigid element but as a combination of about 20 moving plates (lithospheric plates). The plates are delimited and identified according to the distribution of earthquakes, volcanos, mountain chains and oceanic ridges.

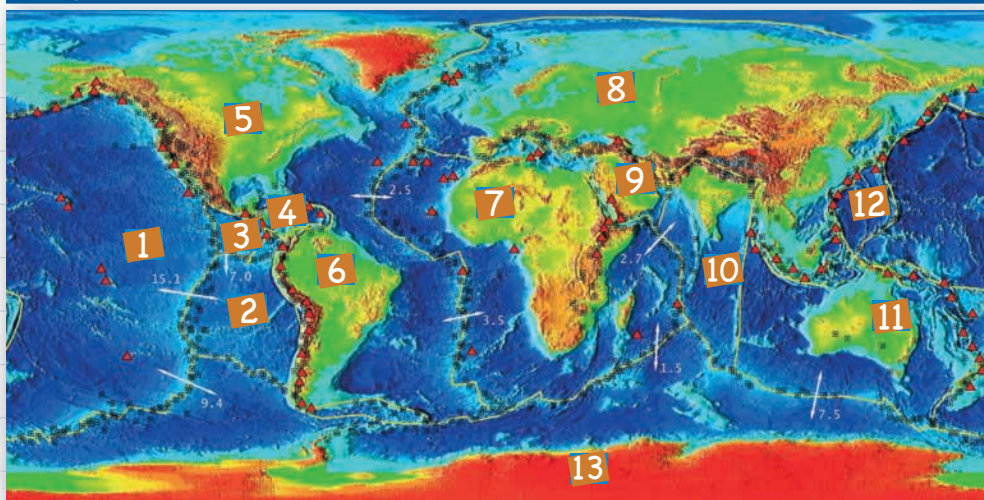
In 1915, the meteorologist Alfred Wegener developed the theory of continental drift, even before the identification of plates and

La tettonica a zolle e la deriva dei continenti

Fino all'inizio del XX secolo i geologi erano convinti che i continenti e i bacini oceanici fossero forme stabili e immobili della superficie terrestre ma nel corso degli ultimi decenni una grande quantità di nuove informazioni ha contribuito a mutare radicalmente l'interpretazione sull'attività della Terra (Fig. 1.3).

of their motion patterns. Wegener observed the correspondence between the continents margins, now separated by oceans, found support in geological data and came out with the hypothesis that once there must have been a single supercontinent: Pangea. According to his theory, about 200 million years ago, Pangea began to split apart and the fragments drifted away until they reached the present positions.

Figura 1.3



Schema semplificato dell'attività tettonica globale attuale

Simplified map of current tectonic activities on global scale

▲ Vulcani attivi nell'ultimo milione di anni
Volcanoes active in the last million years

□ Epicentri dei terremoti
Earthquake epicentres

↔ 2.6 Direzione e velocità (cm/anno) di spostamento delle placche
Direction and speed (cm/anno) of plates motion

Margini delle placche
Plates boundaries

1 Pacifica / *Pacific*

2 Nazca / *Nazca*

3 Cocos / *Cocos*

4 Caraibica / *Caribbean*

5 Nordamericana
North American

6 Sudamericana
South American

7 Africana / *African*

8 Eurasiatica / *Euroasian*

9 Arabica / *Arabian*

10 Indiana / *Indian*

11 Australiana / *Australian*

12 Filippine / *Philippine*

13 Antartica / *Antarctic*

Attualmente la crosta non è più considerata un unico elemento rigido bensì formata da circa 20 zolle (placche litosferiche) in movimento, i cui confini sono messi in evidenza in modo particolare dalla distribuzione dei terremoti, dei vulcani e delle catene montuose.

Prima ancora della scoperta delle placche e dei meccanismi che ne permettevano i movimenti, nel 1915, il meteorologo Alfred Wegener formulò la teoria della deriva dei continenti. Wegener, osservando la corrispondenza tra i margini di alcuni continenti, oggi separati da oceani, e correlando le informazioni geologiche, ipotizzò che un tempo fosse esistito un supercontinente, la Pangea, che circa 200 milioni di anni fa avrebbe iniziato a frammentarsi in pezzi più piccoli che sono andati alla deriva verso le posizioni attuali.

I settori di contatto tra le varie placche, chiamati margini, possono essere di tre tipi principali: divergenti, convergenti e trasformati.

Nei margini divergenti si hanno due placche che si allontanano l'una dall'altra in cui lo spazio vuoto che si viene a creare viene riempito da rocce allo stato liquido (magma) proveniente dal sottostante mantello. Questo succede principalmente lungo le dorsali oceaniche dove viene creata continuamente nuova

The contact zones among the various plates, called boundaries, can be classified in three main types: divergent, convergent, and transform.

In divergent boundaries, two plates move away from one another and the gap between them is filled by molten rocks (magma) coming from the underlying mantle. This happens mainly along the oceanic ridges, where new oceanic crust is constantly produced (Fig. 1.4a).

Convergent boundaries, where two plates collide, are further classified in subduction and collision zones. In the first case, a plate slides underneath the other, sinking towards the asthenosphere with a process called subduction (Fig. 1.4b). In the second case, the plates collide and their margins rise up forming a mountain chain (Fig. 1.4c).

In transform or transverse boundaries, plates slide past each other mainly horizontally (Fig. 1.4d).

a

Margini divergenti
Divergent boundaries

b

Margini convergenti di
subduzione
*Convergent boundaries
(subduction)*

1

Crosta oceanica
Oceanic crust

2

Crosta continentale
Continental crust

3

Litosfera
Lithosphere

c

Margini convergenti di
collisione
*Convergent boundaries
(collision)*

d

Margini trasformati o
trascorrenti
*Transform or transverse
boundaries*

4

Astenosfera
Asthenosphere

5

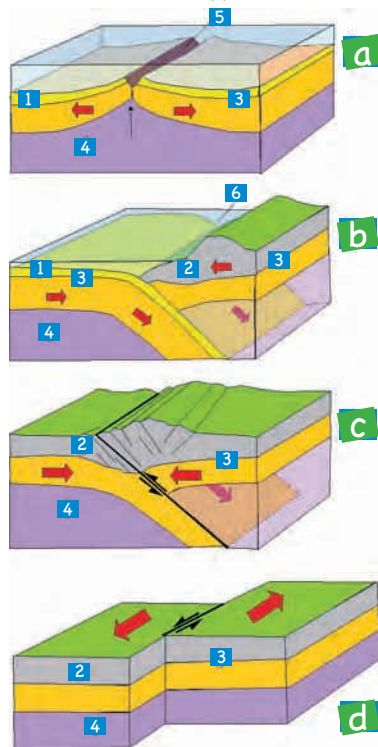
Dorsale oceanica
Oceanic ridge

6

Fossa
Trench

Figura 1.4

Tipi di margine
Types of boundary



crosta oceanica (Fig 1.4a).

I margini convergenti, dove due placche si scontrano, vengono distinti in margini di subduzione e in margini di collisione. Nel primo caso si ha una placca che si incunea sotto l'altra e sprofonda verso l'astenosfera con un processo detto di subduzione (Fig 1.4b). Nel secondo caso lo scontro tra le placche produce la compressione dei due margini che si ispessiscono e si innalzano originando una catena montuosa (Fig 1.4c).

I margini trasformati o trascorrenti sono caratterizzati invece da movimenti prevalentemente orizzontali con scorrimento laterale delle placche (Fig 1.4d).

Terremoti e vulcani

Earthquakes and volcanos

Diretta conseguenza dell'attività del nostro pianeta, detta geodinamica, sono i terremoti ed i vulcani. L'attività geodinamica delle placche litosferiche sottopone le rocce ad immensi sforzi in grado di trasformarle e deformarle.

Quando l'energia accumulata dalle rocce viene liberata istantaneamente in seguito alla loro rottura si producono vibrazioni che si propagano sotto forma di onde attraverso tutta la Terra. Queste vibrazioni vengono chiamate terremoti o sismi (da qui il termine sismologia, scienza che studia i terremoti).

Quando le onde sismiche interessano la superficie terrestre producono effetti che possono essere più o meno disastrosi a seconda dell'intensità. La crosta terrestre è interessata ogni anno da oltre un milione di terremoti, la maggior parte dei quali di modesta entità.

I vulcani sono finestre aperte su un mondo, quello nascosto nelle profondità della Terra, nel quale, probabilmente, l'uomo non potrà andare mai.

I vulcani, che in fase di eruzione rappresentano uno spettacolo di straordinaria potenza,

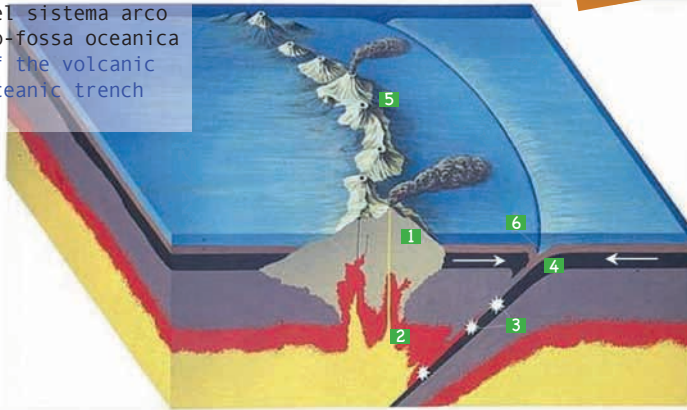
Earthquakes and volcanos are the direct consequence of our planet's activity. The lithospheric plates movement puts rocks under tremendous stress, capable of transforming and deforming them. When rocks break, the energy accumulated within them is suddenly released into vibrations that propagate throughout the Earth in the form of waves. These waves are called earthquakes or seisms (from which the term Seismology, the science that studies earthquakes). When seismic waves strike the terrestrial surface, the degree of their devastating effects varies according to their intensity. Every year the Earth's crust is struck by over a million earthquakes, most of them being of moderate strength.

Volcanos are an open window on a world, the Earth's hidden interior, where man will never get. Volcanos are the natural apparatus that form where molten rock material (magma), located under the crust, manages to reach the surface.

Their eruptions are a display of extraordinary mightiness. The known volcanos in the world are 1,500, 550 of which are considered active (Fig. 1.5).

Figura 1.5

Schema del sistema arco vulcanico-fossa oceanica
Scheme of the volcanic arch - oceanic trench system



1
Vulcano/*Volcano*

2
La placca in subduzione fonde ed il magma così prodotto risale e forma i vulcani
The volcanoes are made by uprising magma from molten subducted plate

3
Terremoti generati dal movimento delle placche
Earthquakes from plates movement

4
Placca in subduzione
Subducted plate

5
Arco vulcanico
Volcanic arch

6
Fossa oceanica
Trench

si formano laddove le rocce fuse (magma) originate sotto la crosta riescono ad uscire in superficie. Nel mondo si conosce l'esistenza di oltre 1500 vulcani, 550 dei quali considerati attivi (Fig 1.5).

Qualche notizia in più

Dentro la Terra

La crosta è il sottile involucro esterno della Terra. Essa presenta caratteristiche differenti in corrispondenza degli oceani e dei continenti. Si può quindi distinguere una crosta oceanica ed una crosta continentale.

Al di sotto della crosta, separato dalla importante discontinuità di Mohorovicic (detta Moho) si trova il mantello. Quest'ultimo costituisce la maggior parte della Terra ed è diviso principalmente in mantello superiore (dalla Moho a circa 400 Km di profondità) ed in mantello inferiore (fino a 2.900 Km di profondità). Al di sotto del mantello, separato dalla discontinuità di Gutenberg, vi è il nucleo che si estende da circa 2.900 Km fin al centro della Terra.

Inside the Earth

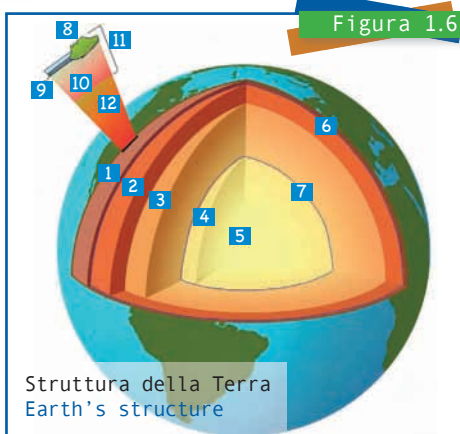
The thin outer layer of the Earth is called the crust. The crust that forms the ocean floors is the oceanic crust and it has different characteristics from the continental crust, which forms the continental lands.

Under the crust lies the mantel, which is separated by the above layer by the important Mohorovicic discontinuity, simply called Moho. The mantel occupies most of the planet volume: the upper mantel goes from the Moho to a depth of about 400 km, the lower mantel reaches a depth of 2,900 km.

The Gutenberg discontinuity separates the mantel from the core, this extending from a depth of 2,900 km to the Earth's centre.

The study of seismic waves has revealed

Figura 1.6



- 1** Crosta
Crust
- 2** Mantello superiore
Upper mantel
- 3** Mantello inferiore
Lower mantel

- 4** Nucleo esterno liquido
Outer core (liquid)
- 5** Nucleo interno solido
Inner core (solid)
- 6** Discontinuità di Mohorovicic
Mohorovicic's discontinuity
- 7** Discontinuità di Gutenberg
Gutenberg's discontinuity

- 8** Crosta continentale
Continental crust
- 9** Crosta oceanica
Oceanic crust
- 10** Mantello rigido
Solid mantel
- 11** Litosfera
Litosphere
- 12** Mantello parzialmente liquido (astenosfera)
Partially molten mantel (astenosphere)

Some geology notes

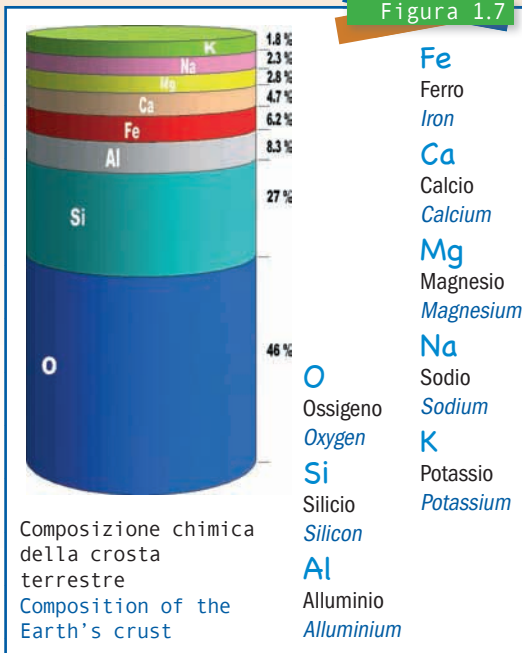
Lo studio della propagazione delle onde sismiche dice che anche il nucleo è costituito da due involucri principali: nucleo esterno ed interno.

Il nucleo esterno, da cui si ipotizza abbia origine il campo magnetico terrestre, è liquido ed è composto da una piccola per-

centuale di Nichel (2%) e una quantità (al massimo del 15%) di un altro elemento più leggero, che potrebbe essere Zolfo, Silicio o Ossigeno. Al di sotto vi è il vero e proprio nucleo della Terra che è ritenuto solido e formato in prevalenza da Ferro e Nichel (presente in quantità comprese tra il 10 e 20%).

La parte più superficiale del mantello superiore e la crosta, entrambe costituite interamente da rocce rigide, formano la litosfera. La parte sottostante del mantello è detta astenosfera, è costituita per almeno il 10% da materiale fuso e si trova tra i 70 e 250 Km di profondità.

Figura 1.7



that the core, too, is made of two main shells: the outer and inner core. The outer core is liquid (it is supposed that the Earth's magnetic field originates here) and it is made of a small percentage of nickel (2%) and of a lighter element (for maximum 15%), perhaps sulfur, silicon or oxygen. The inner core is

supposed to be solid and mainly made of iron and nickel. The percentage of nickel is estimated to range from 10 to 20%. This estimate is based on the comparison with metallic meteors, which make up the most inner part of a celestial body before it disintegrates.

The most superficial part of the upper mantle together with the crust, both made of hard rocks, form the lithosphere. The rest of the mantle, partially made of molten material (at least 10%), is called asthenosphere (ranging from 70 to 250 km of depth).

capitolo secondo chapter two

Il Piemonte: 300 milioni di
anni in poche pagine

Piemonte: 300 million years
in a few pages



L'evoluzione geologica

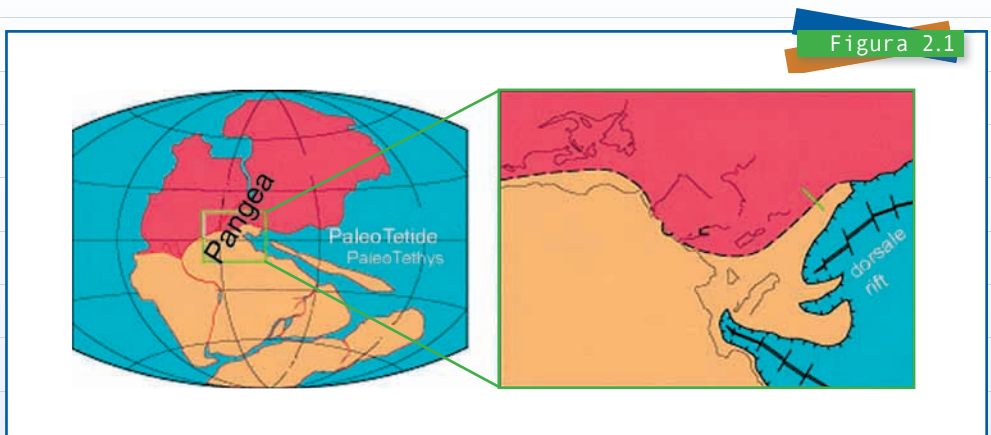
Dal punto di vista geologico, il Piemonte è una regione complessa, in cui sono presenti importanti catene montuose ed estese aree collinari e di pianura. Per meglio comprendere tale complessità è necessario ripercorrere brevemente la storia geologica che ha determinato la formazione delle Alpi e dell'Italia in generale.

Circa 300 milioni di anni fa (fine del Periodo Carbonifero) la Terra era costituita da un unico supercontinente chiamato Pangea (Fig. 2.1).

Geological evolution

From a geological point of view, the Piemonte region is quite complex, characterized by important mountains, hills, and alluvial plains. In order to understand its complexities, it is necessary to briefly consider the geological history that has shaped Italy and the Alps as we see them today.

About 300 million years ago (at the end of the Carboniferous Period) the Earth was made of a single supercontinent called Pangea (Fig. 2.1).



Paleogeografia dei continenti a partire da 256 milioni di anni (Triassico) inizia la separazione del mega-continente Pangea. Un grande golfo si stava insinuando nella Pangea

Continental Paleogeography from 256 million years ago (Triassic period): the Pangea mega-continent begins to split. A great gulf begins to intrude in the Pangea

In corrispondenza dell'attuale Europa Centrale era presente una catena montuosa demolita e spianata dall'erosione e, circa all'altezza della latitudine odierna dell'Italia, era presente un vasto golfo che si estendeva verso oriente.

A partire da 256 milioni di anni fa (Triassico), mentre ad occidente dell'attuale Europa si andava sviluppando un neo-Atlantico, in questo golfo, la superficie terrestre incominciò a inarcarsi e a sollevarsi a causa del calore prodotto dal processo di risalita di magmi provenienti dalle zone più interne della Terra.

220 milioni di anni fa il rigonfiamento determinò dapprima rilievi, fratture e valli (*graben*) e successivamente la separazione delle zone inarcate e fratturate (Fig. 2.2).

Il supercontinente iniziò a separarsi e si delinearono due ampi paleocontinenti chiamati Laurasia e Gondwana (Fig. 2.3).

In Central Europe there was an already old mountain chain, flattened by erosion. At about the present latitude of Italy, a huge gulf extended eastward.

Beginning from 256 million years ago (Triassic Period), the Earth's surface, in correspondence of this inlet, began to swell because of the heat produced by the magma coming from its depths. Meanwhile, a primitive form of Atlantic ocean (neo-Atlantic) was developing westward from the present Europe.

220 million years ago the surface swelling produced its consequences: some areas began to suffer from fractures and valleys (*graben*) until they broke up (Fig. 2.2).

The supercontinent slowly started to separate into two huge paleo-continents, Laurasia and Gondwana (Fig. 2.3).

Figura 2.2

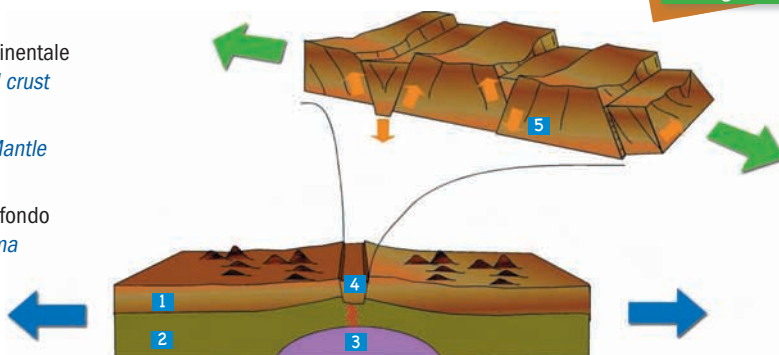
1
Crosta continentale
Continental crust

2
Mantello/*Mantle*

3
Magma profondo
Deep magma

4
Apertura della crosta continentale con lo sviluppo di rilievi e valli (graben)
Cracking of the continental crust with formation of reliefs and valleys (graben)

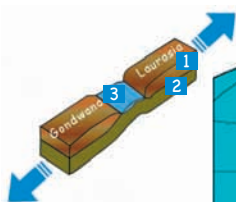
5
Dettaglio della zona di divisione continentale
Detail of the continental division



Risalita di magma profondo dal mantello che provoca la rottura della crosta continentale con sviluppo di fratture

Ascension of deep magma from the mantle, cracking the continental crust with fractures

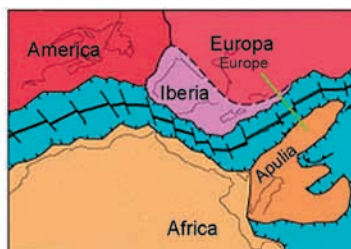
Figura 2.3



1
Crosta continentale
Continental crust

2
Mantello/*Mantle*

3
Crosta oceanica
Oceanic crust



Carta paleogeografica della Tetide e dei margini continentali circa 180 milioni di anni fa. L'apertura di un neo-Atlantico provocò separazione della Pangea e la nascita dell'oceano della Tetide. Si formarono due ampi paleocontinenti chiamati Laurasia e Gondwana

Paleogeographical map of the Tethys Ocean and of continental edges about 180 million years ago. The opening of a neo-Atlantic ocean caused the splitting of the Pangea and the formation of the Tethys Ocean. Two wide paleo-continents formed, called Laurasia and Gondwana

La lunga durata del processo di risalita del magma e il conseguente allontanamento dei due paleocontinenti proseguì per 40-60 milioni di anni e provocò un approfondimento irregolare di questa zona (Figg. 2.3, 2.4).

L'acqua invase le aree depresse, dapprima formando piccoli bacini isolati, successivamente un primo mare e in seguito un oceano vero e proprio, con scogliere coralline appoggiate al bordo dei due continenti. Venne così a formarsi un vasto oceano chiamato Tetide (Figg. 2.5, 2.6, 2.7).

The process of magma ascension and the consequent drifting apart of the two continents continued for 40-60 million years, causing an irregular sinking of this area (Fig. 2.3 - 2.4).

At first, the water flooded the depressed areas generating small, isolated basins. Then, an early sea formed, later transformed into a real ocean with coral reefs grounded on the two continents margins: this huge ocean was called Tethys (Fig. 2.5, 2.6, 2.7).

Figura 2.4

1

Crosta continentale
Continental crust

2

Mantello/ *Mantle*

3

Risalita di magma profondo
Ascension of deep magma

4

Crosta oceanica
Oceanic crust

5

Sedimenti che si depositavano sul fondo dell'oceano
Sediments laying on the ocean floor

6

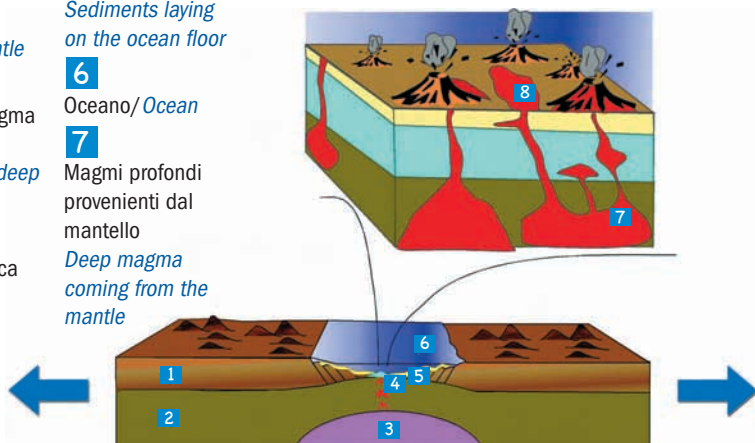
Oceano/ *Ocean*

7

Magmi profondi provenienti dal mantello
Deep magma coming from the mantle

8

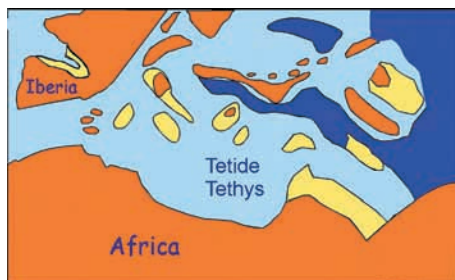
Colate di lava e vulcani sul fondo dell'oceano
Lava and volcanoes on the ocean floor



Allontanamento dei continenti e fuoriuscita di magma profondo proveniente dal mantello e dagli edifici vulcanici che sorgevano sul fondo del mare e che daranno luogo alla nascita di crosta oceanica

Drifting apart of continents and welling up of magma coming from the mantle and from underwater volcanoes that produce oceanic crust

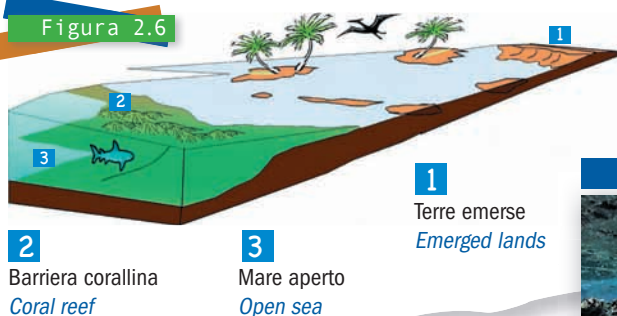
Figura 2.5



Ricostruzione paleogeografica della Tetide occidentale a due diverse scale di rappresentazione. Area in cui le vicende geologiche future daranno luogo alla nascita delle Alpi e degli Appennini

Paleogeographical reconstruction of the western Tethys at two zoom levels. Area where future geological events will build the Alps and Apennines chains

Figura 2.6



Esempio di ricostruzione degli ambienti presenti nell'oceano della Tetide occidentale circa 180 milioni di anni fa

Reconstruction of environments characterizing the Tethys ocean about 180 million years ago

Figura 2.7



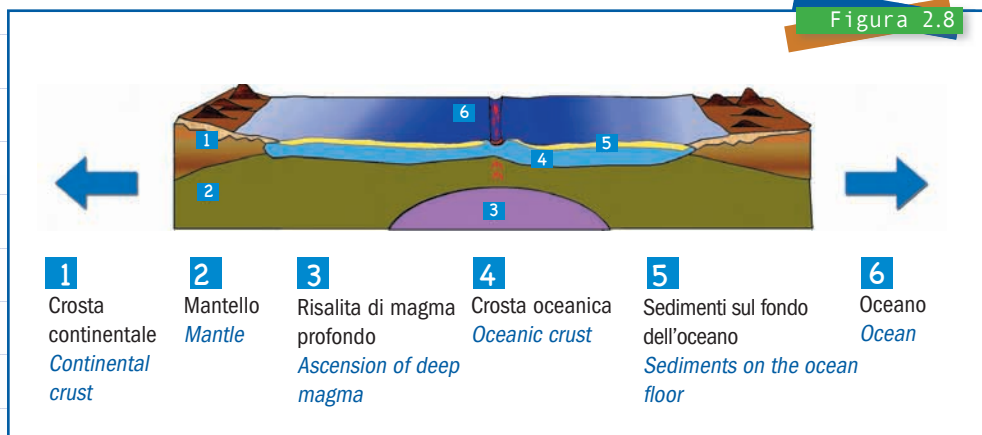
I banchi corallini presenti nelle aree tropicali attuali sono simili a quelli che si formarono nell'oceano della Tetide ai margini dei paleo-continenti circa 180 milioni di anni fa

Today's coral reefs, typical of the tropical areas, are similar to those which developed in the Tethys ocean, along the edges of the paleo-continent, about 180 million years ago

Nell'arco di tempo geologico che va da 190 a 140 milioni di anni fa, la Tetide raggiunse la sua massima ampiezza (stadio di oceanizzazione - Fig. 2.8), caratterizzata da una dorsale medio-oceanica, simile a quelle attualmente presenti negli oceani (Fig. 2.9).

In the geological time span that goes from 190 to 140 million years ago, the Tethys Ocean reached its maximum expansion (oceanization stage, see Fig. 2.8), characterized by a mid-oceanic ridge similar to those currently existing in the oceans (Fig. 2.9).

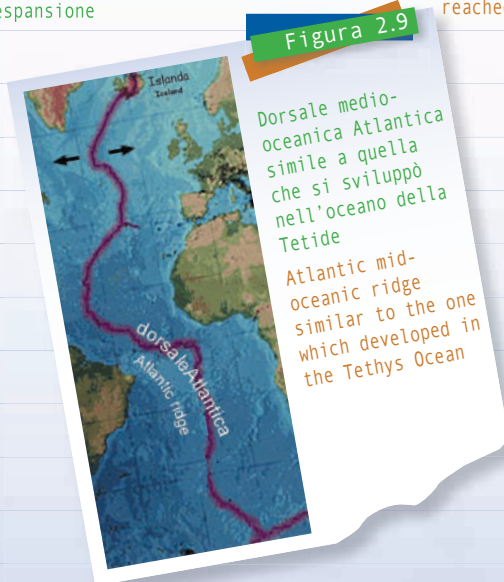
Figura 2.8



Fra i 190 e i 140 milioni di anni fa l'oceano della Tetide, il cui fondale era costituito da crosta oceanica e da sedimenti di mare profondo, raggiunse la massima espansione

From 190 to 140 million years ago the Tethys ocean, whose floor was made of oceanic crust and deep-sea sediments, reached its maximum expansion

Figura 2.9



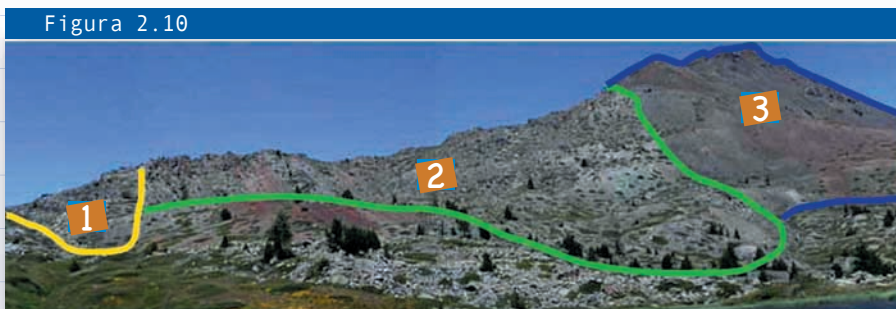
Lungo questa dorsale, le lave provenienti dal mantello si espandevano sul fondo dell'oceano in allargamento. Le lave venivano ricoperte da sedimenti più fini, nelle zone profonde e distanti dalle terre emerse, e più grossolani, vicino alla costa. Banchi corallini si formarono in prossimità delle zone costiere.

Along this ridge, lavas coming from the mantle welled up, spreading on the ocean floor and getting covered by sediments of continental origin. The fine grained sediments covered the deepest areas, far from the coastline, and the heaviest and bigger sediments settled near the coast where coral reefs, too, formed.

Le rocce di questo antico oceano si possono osservare oggi preservate in lembi distribuiti sulle catene montuose delle Alpi e dell'Himalaia. Queste rocce, note come ofioliti, costituiscono buona parte delle Alpi occidentali.
(Fig. 2.10)

Traces of these oceanic rocks are located in the Alps and in Himalayan mountains. Most parts of western Alps are made of these rocks, called ophiolites, which stand out with their dark colour.
(Fig. 2.10)

Figura 2.10



Rocce ofiolitiche che costituiscono il monte Chenaillet a sud di Cesana sono la testimonianza dell'antica presenza dell'oceano della Tetide

Ophiolites on the mountain Chenaillet, south of Cesana, testify the ancient presence of the Tethys Ocean

- 1** Rocce serpentinitiche/*serpentes*
- 2** Gabbri/*Gabbros*
- 3** Basalti in forma sferoidale chiamati lave a cuscini (pillow-lavas), (vedi figura 2.11 per dettaglio)
Basalts of spherical shape (pillow lavas), (see Fig. 2.11 for details)

In Val di Susa, ad esempio, esistono spettacolari affioramenti di rocce vulcaniche (basalti) di forma molto particolare, chiamate lave a cuscini (pillow-lavas). (Fig. 2.11)

In Valle Susa, for instance, there are spectacular outcrops of volcanic rocks (basalts) with a peculiar shape, called pillow lavas. (Fig. 2.11)

Figura 2.11



a
Lave a cuscino esposte sul Colletto Verde, al confine tra Italia e Francia, nei pressi del Monginevro, con la caratteristica forma simile a grossi cuscini o bolle
Exposed pillow lavas on the Colletto Verde, on the border between Italy and France (Monginevro), with their peculiar shape resembling big pillows or globes

c
“Lave a cuscino” che si originano attualmente lungo le dorsali oceaniche
Contemporary pillow lavas

b
Dettaglio di “cuscini” mescolati ai sedimenti marini (in colore viola) depositati sul fondo dell’oceano
Detail of pillows mixed with marine sediments (in violet) deposited on the ocean floor

d
Filone di roccia basaltica di crosta oceanica
Basalt dyke of oceanic crust

Le lave a cuscino si formano in seguito ad eruzioni sottomarine a grandi profondità, ove il materiale magmatico che tende a fuoriuscire dalle bocche vulcaniche viene ostacolato dalle fortissime pressioni dovute alla colonna d'acqua sovrastante.

The pillow lavas form during underwater eruptions occurred at great depths. Because of the enormous pressure exerted by the above water column (3 or 4,000 m high), the magma flow was forced to quickly cool into pillow-shaped rocks.

Anche le testimonianze dei sedimenti depositi nelle zone costiere dell'antico oceano, sono presenti nelle Alpi piemontesi. Le rocce dolomitiche che costituiscono parte dei monti Chaberton, Gardiol, Roc Boucher e Rognosa di Sestriere ne sono esempio. Qui è infatti possibile trovare resti fossili di coralli originari della barriera corallina, ancora riconoscibili nonostante le trasformazioni subite nel corso della nascita delle Alpi.
(Fig. 2.12)

Relics of the sediments, amassed along the coasts of this ancient ocean, are the dolomite rocks, visible in mountains like Chaberton, Gardiol, Roc Boucher and Rognosa di Sestriere. Fossils of the ancient coral reef are common in these mountains and they are still easily identifiable in spite of the changes undergone during the alpine chain building.
(Fig. 2.12)

Circa 130 milioni di anni fa, a causa di variazioni delle condizioni termiche nel mantello e dell'estensione dell'oceano Atlantico ad occidente, i due blocchi continentali (Gondwana e Laurasia), che per decine di milioni di anni si erano allontanati reciprocamente, iniziarono a riavvicinarsi.

About 130 million years ago, changes in the mantle temperature and the extension of the Atlantic Ocean, caused an inversion in the motion of the two continents: the African-Gondwana plate, which had been moving southward for million years, became to steer towards the Eurasia-Laurasia continent.

Figura 2.12

Esempio di alcune delle montagne piemontesi costituite in larga parte da rocce dolomitiche (Alta Valle Susa)
Some Piemonte mountains mostly made of dolomite rocks (High Valle Susa)



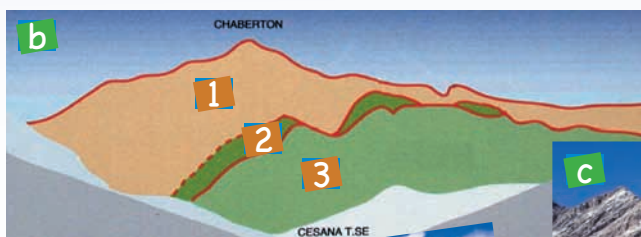
Monte Chaberton (al confine tra Italia e Francia, sul lato nord occidentale di Cesana)

Monte Chaberton (on the border between Italy and France, north-west side of Cesana)

1
Rocce calcaree e dolomitiche
Limestone and dolomite

2
Rocce serpentinitiche
Serpentinites

3
Calcescisti
Calcschists



Monte Gran Roc sul fianco destro della valle Argentera

Monte Gran Roc, right side of the Valle Argentera

1
Calcescisti/*Calcschists*

2
Rocce dolomitiche/*Dolomite*



Monte Gardiol (al confine tra Italia e Francia, a nord ovest di Fenils in valle Combe)

Monte Gardiol (on the border between Italy and France, north-west of Fenils, Valle Combe)

A causa di questo movimento, il fondo oceanico che separava le due zolle fu costretto a scorrere al di sotto (subduzione) della placca Africana (Gondwana).

Durante questa fase, la crosta oceanica, più dura e consistente di quella continentale, sprofondò sotto la placca africana per alcune centinaia di chilometri all'interno del mantello terrestre trascinando con sé in profondità anche sedimenti marini e brandelli di crosta continentale strappati al margine africano (Figg. 2.13, 2.14).

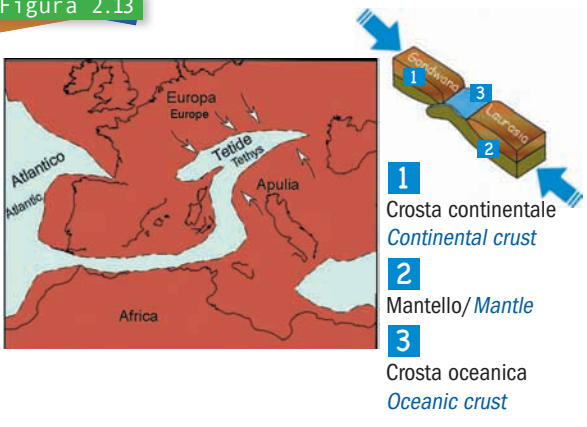
Le rocce sprofondate, sottoposte a forti pressioni e ad alte temperature, subirono intensi piegamenti (Fig. 2.15) e trasformazioni che cambiarono la loro composizione minerale (processo metamorfico).

In this process, the oceanic crust extending between the two plates was forced under the African plate (subduction).

The oceanic crust, harder and heavier than the continental crust, sank for some hundreds of kilometres below the mantle under the African plate, carrying down sea sediments and bits of continental crust stripped from the African margin (Fig. 2.13, 2.14).

Going down into the Earth's depths, the rocks met with high pressure and temperature, undergoing a ductile deformation (see Fig. 2.15) and changing their mineralogical composition (metamorphic process).

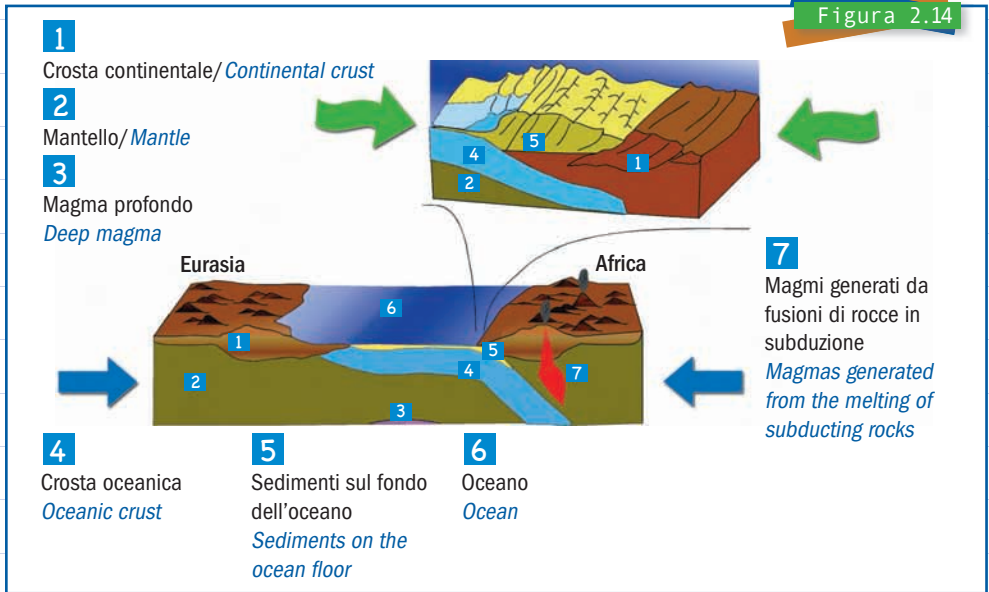
Figura 2.13



Ricostruzione paleogeografica dell'area del Mediterraneo occidentale 50 milioni di anni fa. Le frecce indicano aree di maggiore compressione dovuta alla subduzione della crosta oceanica

Paleogeographical reconstruction of the western Mediterranean sea 50 million years ago. The arrows signal the areas under highest compression due to the oceanic crust subduction

Figura 2.14



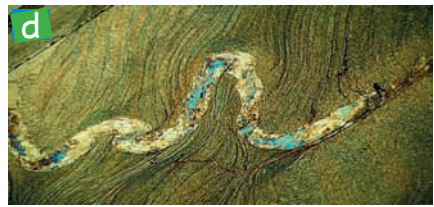
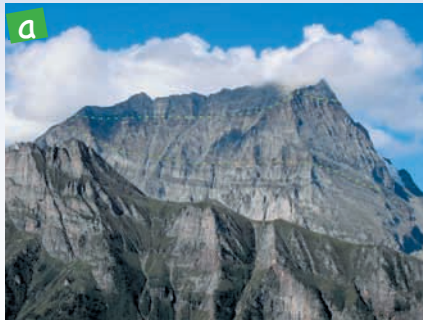
L'avvicinamento tra i paleocontinenti portò allo sprofondamento della crosta oceanica che durò 30-40 milioni di anni. Nella zona di collisione i blocchi di crosta oceanica, di sedimenti depositi su di essa e di crosta continentale africana furono "accartocciati" ed in parte "strappati" e trascinati verso la superficie. L'attrito al contatto tra i due margini generò parziali fusioni delle rocce: i magmi così formati risalirono in superficie generando vulcani

As the paleo-continents moved closer the oceanic crust kept sinking for a period of about 30-40 million years. In the collision zone, blocks of oceanic crust, with their above sediments, and blocks of continental crust were "crumpled" and partly "torn off" to be shifted to the surface. The friction on the contact margins caused a partial melting of the rocks, generating magma which fed the newly formed volcanoes

Oggi tali rocce (Fig 2.16) affiorano sulle Alpi (se ne possono trovare esempi in Val Chiusella, in Val Sesia e nelle Valli di Lanzo) e conservano al loro interno minerali che si sono formati ad una profondità di parecchie decine di chilometri all'interno della Terra.

These rocks (Fig. 2.16), are composed by minerals which formed at depths of tens of kilometres. Outcrops can be found in Val Chiusella, Val Sesia and Valli di Lanzo.

Figura 2.15



a
Piega del Monte Leone (Val d'Ossola)
Fold in the Monte Leone (Val d'Ossola)

b
Piega in Val di Lanzo
Fold in the Val di Lanzo

c
Piega centimetrica in Val di Lanzo
Centimetric fold in the Val di Lanzo

d
Piega al microscopio
Microscopic fold

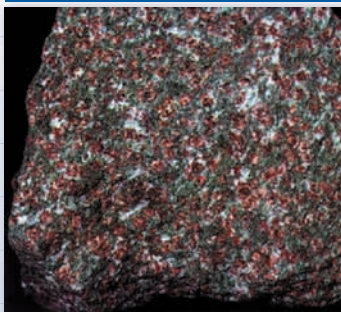
Esempi di pieghe di diverse dimensioni osservabili sulle Alpi piemontesi

Le rocce sottoposte a enormi forze di compressione si deformarono plasticamente formando delle pieghe

Examples of folds of different size in the Alps of Piemonte

The rocks, under enormous compression, underwent a ductile deformation and folds were formed

Figura 2.16

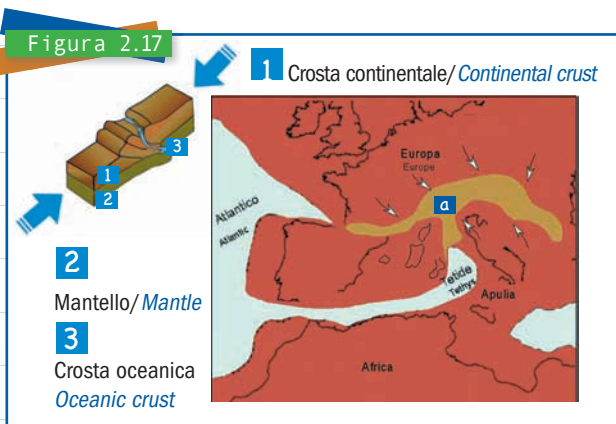


Campione di eclogite. Caratteristici sono il granato (minerali rossi) e l'onfacite (minerali verdi)

Eclogite sample, with garnet (red minerals) and omphacite (green minerals)

L'evoluzione geologica dell'area mediterranea continuò sino alla totale scomparsa dell'oceano della Tetide e la conseguente collisione tra i due continenti (Fig. 2.17). Probabilmente il primo blocco di Africa a collidere con l'Europa fu un promontorio chiamato Apulia (attuale Penisola Italiana): da questo scontro nacquero i primi rilievi delle Alpi.

The subduction of the oceanic crust caused the disappearance of the Tethys Ocean and the resultant collision between the two continents (Fig. 2.17). Probably, the first part of the African continent that collided against Europe was a promontory called Apulia (the present Italian Peninsula): from this impact the Alpine chain generated.



Ricostruzione paleogeografica dell'area del Mediterraneo occidentale circa 30 milioni di anni fa. Le frecce indicano l'area di compressione tra i due paleocontinenti

Paleogeographical reconstruction of the western Mediterranean area 30 million years ago. The arrows signal the compression zone between the two paleocontinents

a Catena alpina/Alpine chain

Il limite tra il margine meridionale e quello settentrionale dei due paleocontinenti è rappresentato, attualmente, da una grande faglia (lineamento Insubrico) che attraversa le Alpi in senso est-ovest. (Fig. 2.18)

The border between the southern and northern margins of the two paleo-continents is represented today by a great fault (Insubric Line) that goes from the chain of the Yugoslav Dinarids to the Piemonte region, crossing the Alps from east to west. (Fig. 2.18)

Lineamento Periadriatico (linea rossa) detto anche Linea Insubrica costituisce la profonda "cicatrice" tra la Placca Africana e quella Europea. Questo lineamento è costituito da fasce di faglie e fratture chilometriche ben visibili anche da satellite

The Periadriatic or Insubric Line (red line) is the deep "scar" between the African and European plates. This line is made of systems of faults and kilometeric fractures clearly visible from the satellite

Figura 2.18



L'accavallamento della crosta africana sopra quella europea causò un raddoppio dello spessore della crosta e, di conseguenza, il movimento di avvicinamento fra le due zolle rallentò. Durante questa fase di collisione, estese coltri rocciose che costituivano parte delle crosta continentale, di quella oceanica e del mantello vennero sradicate dalle loro zone di origine e traslate per decine di

The overlapping of the African and European crust doubled the crust thickness, slowing down the plates motion. During the impact process, large portions of rocks belonging to the continental and oceanic crusts were torn off and shifted up for tens of kilometres towards the surface (Fig. 2.19), overlapping along the subduction zone (Fig. 2.20).

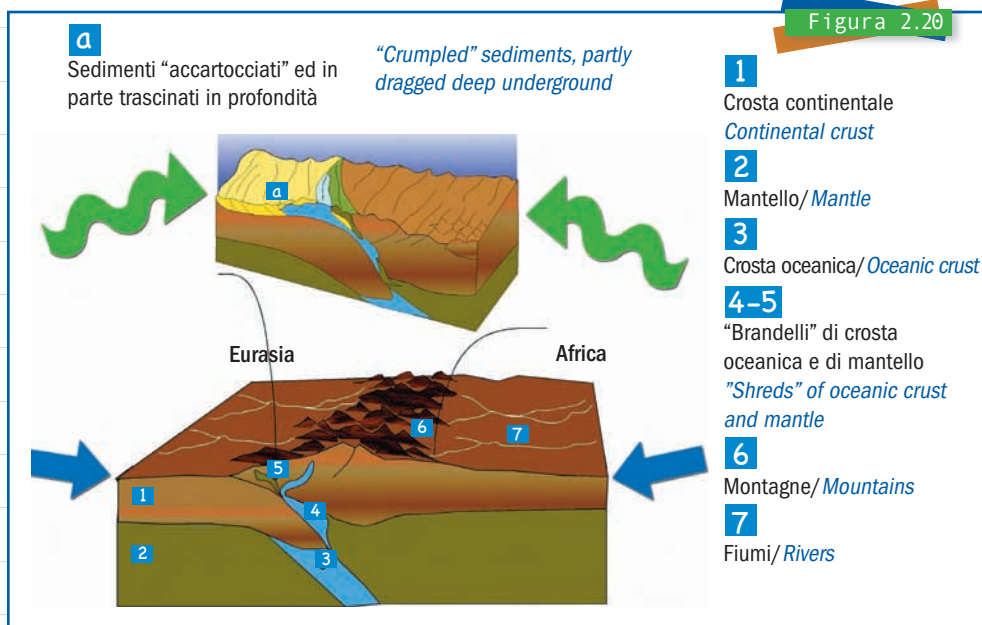
Figura 2.19



Il Monte Musiné, all'imbocco della Valle di Susa, è costituito totalmente da rocce del mantello dette lherzoliti

Monte Musiné: at the beginning of the Valle Susa, is totally made of mantle rocks, called lherzolites

Figura 2.20



Collisione tra il paleocontinente europeo e il paleocontinente africano e scomparsa della crosta oceanica. I due paleocontinenti si accavallarono l'uno sull'altro, dando così origine alla catena montuosa delle Alpi

Collision between European and African paleo-continents and disappearance of the oceanic crust. The two paleo-continents overlapped, generating the Alps chain

chilometri verso la superficie (Fig. 2.19), accavallandosi le une sulle altre lungo la zona di subduzione (Fig. 2.20).

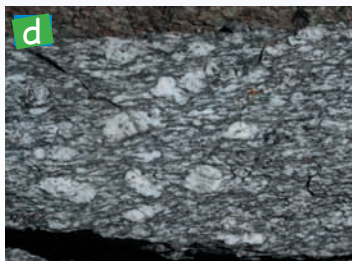
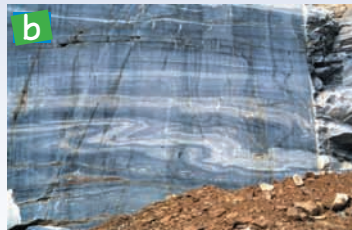
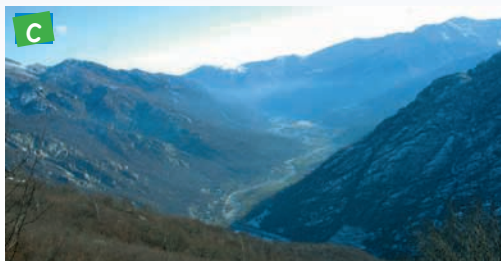
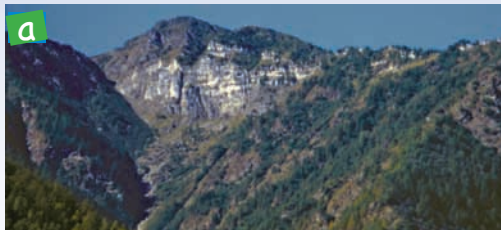
È in questo periodo che, a causa di questa collisione, si assiste alla compressione di ampi volumi rocciosi e il conseguente innalzamento ed espansione laterale della catena alpina.

Parte di questi volumi rocciosi subì all'interno della crosta terrestre temperature di 450-650 gradi centigradi e pressioni di 3-7 kilobar che produssero nuove rocce (calceisti

At this time immense volumes of rocks, because of the collision, piled up, producing the lateral expansion of the Alpine chain.

This new geological event, with temperatures of 450-650° Celsius and pressures of 3-7 kilobar, caused further changes in the Earth's crust, generating new rock types, which are quite widespread in the

Figura 2.21



a
Foto panoramica della punta Rocca Bianca (Val Germanasca), in cui affiorano marmi (in bianco al centro della foto)
Panoramic view of the peak Rocca Bianca (Val Germanasca) with marble outcrops (white, in the centre)

b
Rocca Bianca: marmi con pieghe provenienti dalla Cava della Maiera (Val Germanasca - Praly)
Rocca Bianca: marbles with folds coming from the Maiera quarry (Val Germanasca - Praly)

c
Ortogneiss affioranti nella valle Orco (Gran Paradiso)
Ortogneiss outcrops in Valle Orco (Gran Paradiso)

d
Campione di ortogneiss proveniente della valle Orco (Gran Paradiso)
Ortogneiss sample from Valle Orco (Gran Paradiso)

marmi, ortogneiss, anfiboliti, granuliti, paragneiss, micascisti, filladi) oggi osservabili diffusamente nel territorio piemontese (Fig. 2.21).

Piemonte area (calcschists, marbles, ortogneiss, amphibolites, granulites, paragneiss, micaschists, phyllites) (Fig. 2.21).

Circa 33 - 29 milioni di anni fa il raddoppio della crosta continentale provocò un'anomalia termica al suo interno, con fusione delle rocce più profonde e conseguente risalita

About 33 - 29 million years ago, the doubling of the crust thickness also caused a change in its temperature conditions. As a consequence, rocks melted

di magmi lungo larghe fratture e faglie.

Questo evento che ebbe breve durata (all'incirca 5 milioni di anni) è attualmente testimoniato da rocce magmatiche che affiorano nel Piemonte centro-settentrionale (Fig. 2.22).

and magma became to well up from large fractures and faults.

This event was relatively brief (about 5 million years) and evidence of its occurrence is represented by the magmatic

Figura 2.22

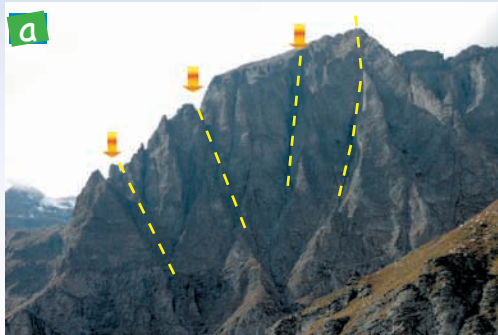


In questo periodo (30 milioni di anni fa) avvenne la maggior parte del sollevamento della catena alpina, con innalzamenti nell'ordine di alcuni centimetri all'anno.

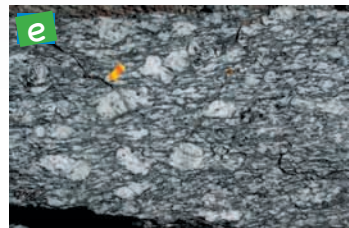
Tuttavia, il sollevamento non avvenne in modo omogeneo in quanto le Alpi erano suddivise da faglie e fratture pluri-chilometriche che diversificarono l'innalzamento (Fig. 2.23).

rocks outcropping in the central northern Piemonte (Fig. 2.22).

At this time (30 million years ago) most of the uplift of the Alpine chain occurred, rising some centimetres each year. The uplift was uneven, though, as the Alps were not uniformly linked but sectioned by broad faults and fractures measuring several kilometres (Fig. 2.23).



a-b
Faglie ettometriche e decametriche (Val di Lanzo)
Plurimetric faults (Val di Lanzo)



d
Faglie centimetrica (Langhe)
Centimetric faults (Langhe)

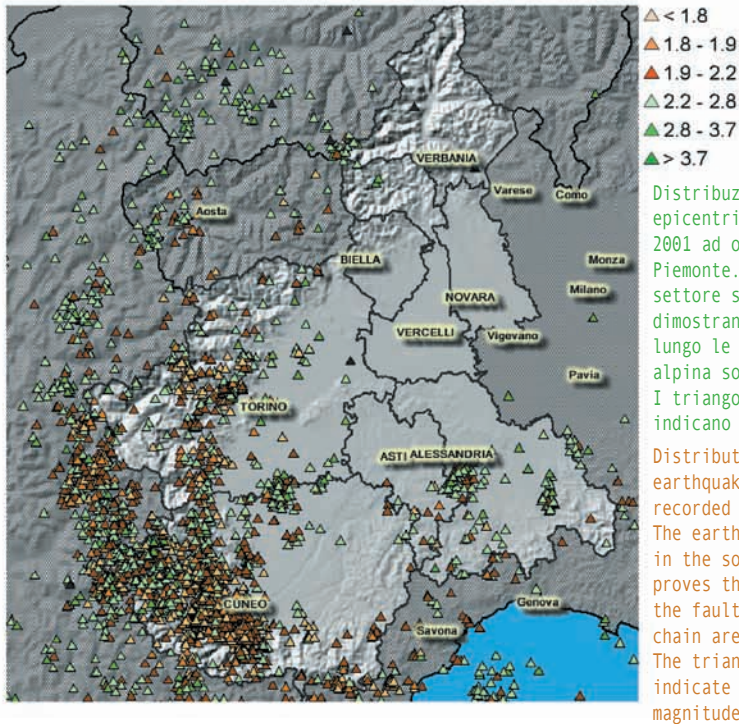
e
Microfaglia su campione (Valle Orco)
Microfault on a sample (Valle Orco)

Esempi di faglie di diverse dimensioni nelle Alpi
Examples of faults of different size in the Alps

Nel complesso questo sollevamento continua tuttora come testimonia, ad esempio, la sismicità di alcune aree del territorio piemontese.
(Fig. 2.24)

The uplift continues to this day, as the active seismic areas of the Piemonte region testify.
(Fig. 2.24)

Figura 2.24



Circa 20 milioni di anni fa la catena alpina era ormai costituita nelle sue linee essenziali ed essendo sostanzialmente emersa dalle acque, era soggetta alle azioni di erosione e smantellamento da parte degli agenti atmosferici. I fiumi trasportavano grandi quantità di sedimenti accumulandoli ai piedi delle Alpi che, in seguito, raggiungevano il mare adiacente che ricopriva le aree del Piemonte centrale (attuali rilievi della Collina di Torino, del Monferrato e delle Langhe e la pianura Padana).

About 20 million years ago the Alpine chain, fundamentally formed and exposed above water, was subjected to erosion and weathering. Only in the area of central Piemonte (the present Turin, Monferrato and Langhe hills and the Po Plain) rivers continued to drop sediments in the open, deep sea.

Great quantities of sediments were deposited at the feet of the Alps after catastrophic events such as river floods, storms and underwater landslides. Later, these

Questi sedimenti venivano poi ridistribuiti dalle correnti marine profonde (correnti di torbida - Fig. 2.25).

sediments were rearranged by deep sea currents (turbidity currents - Fig. 2.25).

While the Alps were building, in the western Mediterranean area heat raised again from the Earth's mantle. This was probably due to the friction between the Tethys oceanic crust sinking under the continental crust in the area compressed between Africa and Europe.

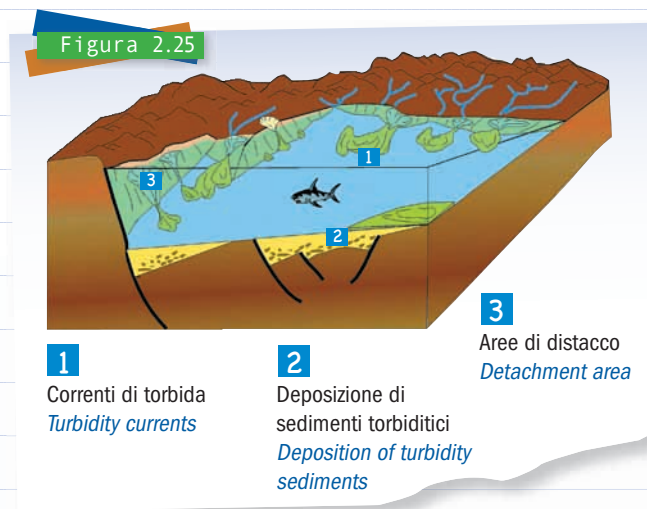
As a result, the European crust bent and a micro-plate, called the Corso-Sardinian block, broke off (Fig. 2.26).

The block pivoted on the Ligurian Gulf counter clockwise of

30-50°, opening the Ligurian-Balearic sea.

Today's Sardinia and most parts of the Corsica represent the last relics of that micro-plate belonging to the ancient European continent.

The geography of that moment can therefore be visualized with the western Alpine chain bordering, to the east, with a sea (covering the Po Plain and today's Langhe, Monferrato and Turin hills) and, to the west, with the newly formed Ligurian-Balearic sea.



Ricostruzione del processo di deposizione delle torbiditi
Reconstruction of turbidite deposition

Contemporaneamente nell'area mediterranea occidentale si produsse una nuova risalita di calore dal mantello terrestre.

Si determinò così l'inarcamento e la rottura della crosta europea dalla quale si staccò una micro-zolla chiamata "blocco sardo-corso" (Fig. 2.26).

Questa micro-zolla, facendo perno nel Golfo Ligure, eseguì una rotazione antioraria di 30-50° formando, a nord, il mare ligure-balearico.

Questa piccola zolla dell'antico continente europeo è oggi rappresentata dalla Sardegna e da gran parte della Corsica.

La geografia risalente a quel periodo vedeva quindi la catena alpina occidentale lambita ad est da un mare che copriva gli attuali rilievi collinari delle Langhe, della Collina di Torino, del Monferrato e la Pianura Padana e ad ovest dal neo-formato mare ligure-balearico.

Rotazione del blocco
sardo-corso
Rotation of the Corso-
Sardinian block

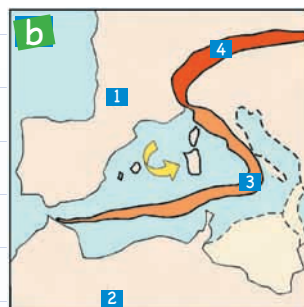
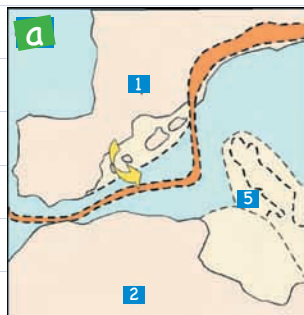
a

Situazione iniziale
Initial situation

b

Deriva della Corsica e della
Sardegna
Corsica and Sardinia drift

Figura 2.26



1

Continente europeo
European continent

2

Continente africano
African continent

4

Catena alpina
Alpine chain

3

Formazione
ancestrale della
catena appenninica
Initial formation of
the Apennines chain

5

Promontorio Apulo
Apulia promontory

La rotazione antioraria del blocco sardo-corso fu contrastata dal bordo occidentale del continente africano. La compressione determinata da questo contrasto di forze diede origine agli Appennini.

The counter clockwise rotation of the Corso-Sardinian block was hindered by the irregular western margin of the African continent. The compression caused by these opposing forces generated the Apennines.

Intorno a 8 milioni di anni fa, ad est del blocco sardo-corso si ripeté un fenomeno analogo a quello della formazione del mare ligure-balearico: da nord a sud si aprì un'ampia frattura, che separò la penisola italiana dalle terre che costituiscono le odierne isole Corsica e Sardegna.

Questa frattura si allargò lentamente fino a diventare un nuovo mare, il Tirreno, che determinò uno spostamento della penisola verso est (Fig. 2.27).

Questo movimento (rotazione antioraria) è ancora in atto e continua a comprimere e a sollevare gli Appennini.

About 8 million years ago, east from the Corso-Sardinian block, another event took place, similar to the one that generated the Ligurian-Balearic sea. A large fracture opened from north to south, separating the Italian peninsula from the Corsica and Sardinia islands. This fracture slowly widened until it became a new sea, the Tyrrhenian, pushing the peninsula eastwards (Fig. 2.27).

This still ongoing counter clockwise motion keeps compressing and uplifting the Appenines chain.

Figura 2.27



Attualmente il mar Tirreno è di forma triangolare e sul fondo vi sono vulcani sommersi per ora quiescenti

At present, the Tyrrhenian Sea has a triangular shape and dormant volcanoes on its floor

Figura 2.28



Ricostruzione del Mar Mediterraneo durante il Messiniano (7 - 5 milioni di anni fa). Probabilmente il Mediterraneo non si prosciugò completamente, dal momento che nei bacini più profondi sono stati ritrovati fossili di organismi capaci di vivere in acqua molto salata. Le conseguenze immediate della crisi di salinità furono la distruzione della fauna marina del Mediterraneo e la rapida erosione delle scarpate dei continenti, soprattutto in corrispondenza delle foci dei fiumi, i quali vennero a trovarsi mediamente 1500 metri sopra il livello del mare

Messinian reproduction of the Mediterranean Sea (7 - 5 million years ago). It is probable that the Mediterranean did not completely dry as, in its deepest basins, fossils of organisms able to live in very salty water were found. The immediate consequences of the salinity crisis were the destruction of the Mediterranean marine fauna and the rapid erosion of the continents scarps, especially at the rivers mouths, as rivers found themselves located 1500 metres above sea level, on average

Quasi contestualmente all'origine del mare Tirreno, un nuovo evento mutò completamente la fisionomia nell'area mediterranea: tra i 7 e i 5 milioni di anni fa il Mediterraneo restò isolato dall'Atlantico.

La mancanza di un continuo ricambio di acque dall'Atlantico e l'aumento delle temperature trasformarono il mar Mediterraneo in un basso lago salato, con molte zone prosciugate (Fig. 2.28).

The features of the Mediterranean area were completely changed by another event that took place soon after the Tyrrhenian Sea began to open: from 7 to 5 million years ago the Mediterranean Sea remained isolated from the Atlantic Ocean.

The lack of an exchange of water between the two basins and a rise in temperature turned the Mediterranean Sea into a shallow salted lake, with many dry areas (Fig. 2.28).

Questa condizione, chiamata crisi di salinità, durò diverse centinaia di migliaia di anni durante le quali si depositarono sedimenti di tipo salino chiamati evaporiti (gesso, anidrite e salgemma), parte dei quali sono tuttora presenti sulla Collina di Torino, nel Monferrato e nelle Langhe (Fig. 2.29).

These particular conditions, defined salinity crisis, lasted for several hundreds of thousands years. During this time, saline sediments formed, called evaporites (gypsum, anhydrite, rock salt). Residues of these sediments can still be found on the Turin, Monferrato and Langhe hills (Fig. 2.29).

Successivamente, intorno a 5 milioni di anni fa, il bacino del mare Mediterraneo venne di nuovo occupato dall'acqua. Si pensa che il rapido ritorno alle condizioni iniziali sia stato permesso da collegamenti con l'Atlantico più ampi e profondi dell'attuale stretto di Gibilterra.

Afterwards, about 5 million years ago, the Mediterranean basin was again flooded by water. It seems that the quick recovery of the initial conditions was made possible by the existence of wider and deeper connections with the Atlantic than the present Strait of Gibraltar.

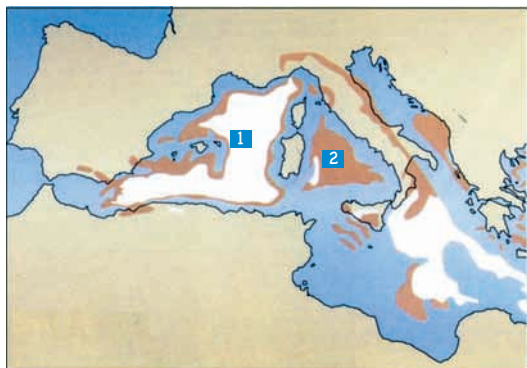
Intanto, fra la catena appenninica e quella alpina, completamente emerse, si formò un vasto golfo a forma triangolare che ricopriva tutta l'attuale Pianura Padana e costituiva un'ampia insenatura del mare Adriatico.

Meanwhile, the Adriatic Sea formed a huge triangular gulf between the Alps and the Apennines, covering the area of the present Po Plain.

Successivamente, a seguito dei continui sollevamenti delle catene alpina e appenninica, questo tratto di mare cominciò a ritirarsi e l'accumulo di sedimenti trasportati dai fiumi diede origine ad un'ampia pianura alluvionale che corrisponde all'attuale Pianura Padana.

This gulf was to retreat due to the unceasing uplift process of the Alps and Apennines and the sediments accumulation by the rivers generates a huge alluvial plain corresponding to the present-day Po Plain.

Figura 2.29



Distribuzione dei materiali depositati
per evaporazione durante il Messiniano

Distribution map of the materials
deposited through evaporation during
the Messinian period

1
Salgemma
Salt rock

2
Gesso
Gypsum

Figura 2.30



Affioramento di gessi nel
Monferrato astigiano
(Moncuocco torinese)

Gypsum outcropping in
Monferrato area (Municipality
of Moncuocco torinese, Asti)

Qualche notizia in più

Le rocce

Il nostro pianeta è caratterizzato da una grande varietà di ambienti geologici a cui corrisponde una grande varietà di rocce.

Le rocce si definiscono come aggregati di uno o più minerali (sostanze solide cristalline naturali, con una composizione chimica specifica), talora anche di sostanze non cristalline. Le rocce sono i “documenti” fondamentali per ricostruire la storia della Terra e dei suoi processi geologici.

In Petrografia (scienza che si occupa della descrizione e classificazione delle rocce) vengono distinti tre gruppi principali di rocce:

1. *rocce ignee o magmatiche*, derivano direttamente dal raffreddamento del magma;
2. *rocce sedimentarie*, generate principalmente dalla deposizione e compattazione di minerali e detriti di varia natura derivanti da rocce preesistenti, ma anche dalla precipitazione chimica nell'acqua e dall'attività biochimica di organismi;
3. *rocce metamorfiche*, derivano da rocce preesistenti che subiscono modificazioni cristalline e strutturali dovute a variazioni di temperatura e/o di pressione, variazioni che non comportano però la fusione della roccia.

The rocks

Our planet is characterized by a great variety of geological environments, each with a great variety of rocks.

Rocks are a naturally occurring aggregation of one or more minerals (crystalline, solid substances with a specific chemical composition), and sometimes of non-crystalline substances. Rocks are the fundamental “records” for tracing down the history of Earth and of its geological processes.

Petrography (the science that describes and classifies rocks) orders rocks in three main groups:

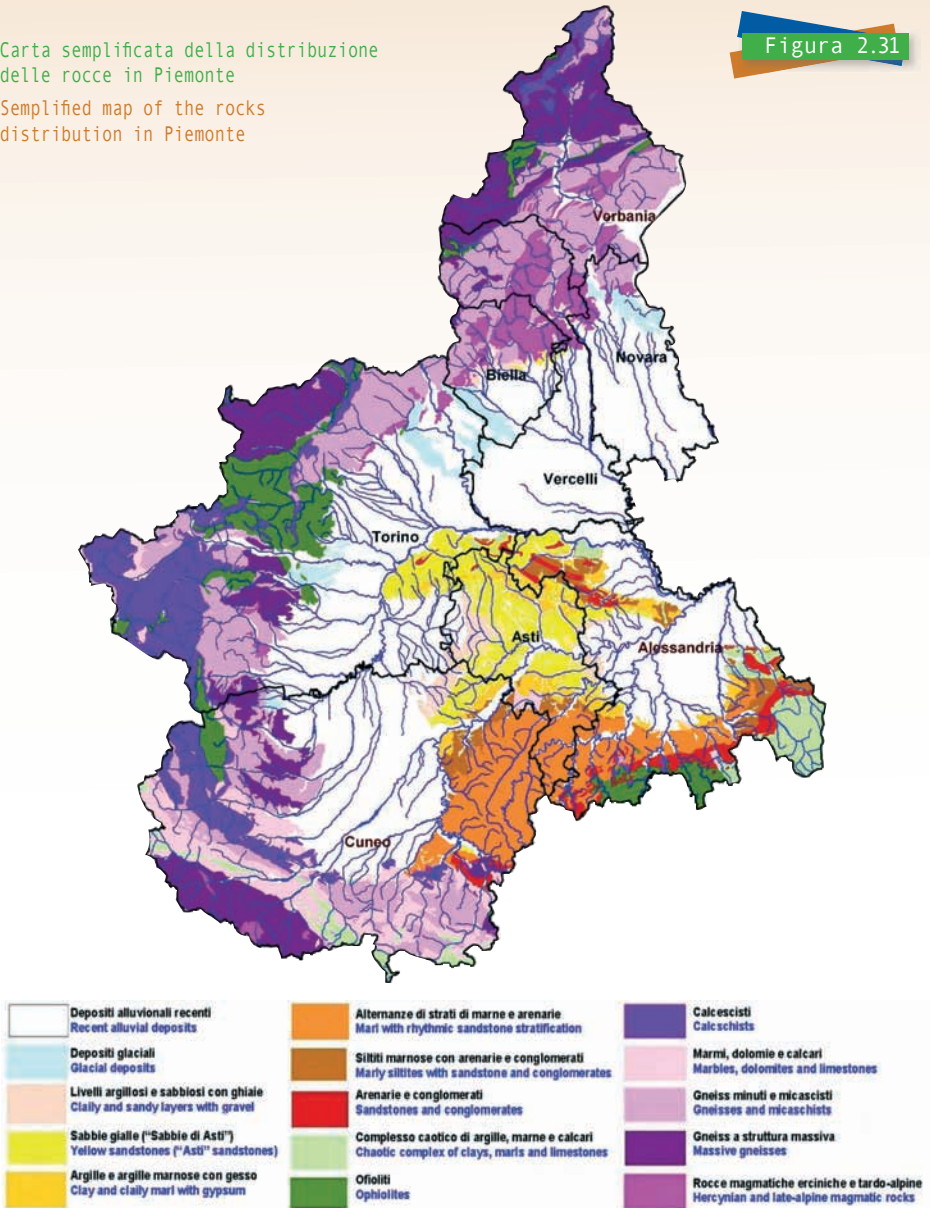
1. *igneous or magmatic rocks* are the result of magma cooling;
2. *sedimentary rocks* are mainly formed by the deposition and compaction of minerals and of various remains of other rocks. They can also be formed by chemical precipitation in water and by the biochemical activity of organisms;
3. *metamorphic rocks* are the result of the transformation of pre-existing rocks that, due to variation in temperature and/or pressure, undergo profound crystalline and structural change without melting.

Some geology notes

Carta semplificata della distribuzione
delle rocce in Piemonte

Simplified map of the rocks
distribution in Piemonte

Figura 2.31



capitolo terzo chapter three

Da 5 milioni di anni fa
ad oggi

From five million years ago
to present-day



Un paesaggio in continua trasformazione

A continuous landscape transformation

Circa 5 milioni di anni fa, il mare tornò ad occupare tutto il territorio dell'odierna Pianura Padana.

About 5 million years ago, the sea came back to occupy the present area of the Po Plain.

I depositi marini di questo periodo sono osservabili in modo esteso nell'area astigiana, ma sono presenti, oltre che nel sottosuolo di tutta l'area, anche nel Biellese ed allo sbocco di alcune valli (es. Val Sesia e Val Sessera), testimoniando che il mare bordava tutta la catena alpina ed appenninica e si insinuava fin dentro le valli attuali (Fig. 3.1).

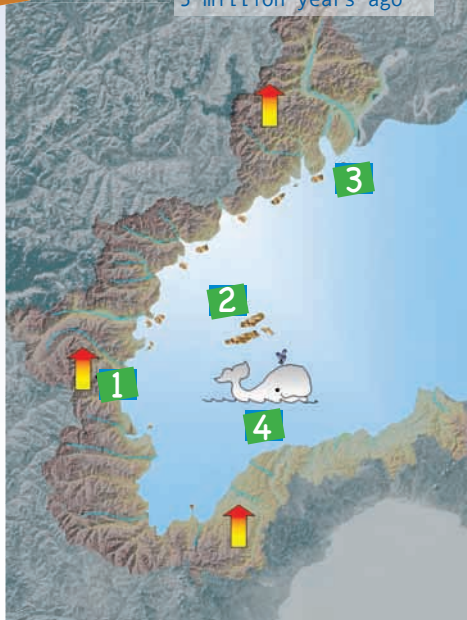
Marine sediments of that period are still present in the whole Po Plain and can also be observed in the Biella region and at the mouth of several valleys (e.g. Val Sesia and Val Sessera), proving that the sea rimmed the Alpine and Apennine chains and penetrated the valleys (Fig. 3.1).

Solo alcune isole emergevano dal "mare piemontese", corrispondenti oggi ai rilievi della Collina di Torino e del basso Monferrato e che proprio allora iniziavano a formarsi. I resti fossili degli organismi vissuti in quel periodo indicano che il clima era di tipo subtropicale, più caldo e umido di quello attuale (Figg. 3.2 - 3.3).

From this "piemontese sea" emerged some islands, corresponding to the present-day Turin hills and the lower Monferrato hills. Fossils of living organisms dating back to that period indicate that the climate was of subtropical type, warmer and more wet than today (Fig. 3.2 - 3.3).

Figura 3.1

5 milioni di anni fa
5 million years ago



1

Sollevamento del settore montano

Uplifting of the mountains

2

Emersione dei primi rilievi collinari in seguito alle spinte tettoniche collegate alla formazione degli Appennini

Emerging of the first hills due to tectonic activity related to the Apennines formation

3

Il mare borda i monti e si spinge dentro le valli

Sea rimming the mountains, penetrating the valleys

4

Mare caldo e poco profondo, ricco di pesci, molluschi e cetacei

Warm, shallow sea, rich with fish, molluscs and whales

Figura 3.2



Nella zona di Asti si osservano in superficie sabbie di colore giallastro ricche di conchiglie fossili, testimoni dell'antico mare che ricopriva queste aree 5 milioni di anni fa. Per salvaguardare questo patrimonio scientifico e culturale è stata istituita una riserva speciale paleontologica

In the Asti region yellow sands rich with fossil shells confirm the presence of an ancient sea that covered this area 5 million years ago. A special Paleontological Reserve has been created for the safeguard of this cultural and scientific heritage

Figura 3.3



La balena Tersilia
Tersilia whale

Vicino ad Asti è stato ritrovato lo scheletro fossile di una balena (Balaenottera acutorostrata Cuv.) lunga 7 metri, vissuta 3.5 milioni di anni fa

The 7-meter fossil skeleton of a whale (Balaenottera acutorostrata CUV.) has been found near Asti. The mammal lived here 3.5 million years ago

In seguito, il continuo sollevamento di tutta l'area piemontese causò il progressivo ritiro del mare. Il costante deposito di sedimenti da parte dei corsi d'acqua che sfociavano dalle valli nel mare contribuiva a far migrare lentamente e progressivamente la linea di costa verso est, sempre più lontana dai rilievi montuosi (Fig. 3.4).

3 - 4 milioni di anni fa, i corsi d'acqua che incidevano ed approfondivano le valli alpine ed appenniniche sfociavano in mare formando dei delta in cui erano presenti lagune, stagni, canali fluviali e di marea. (Fig. 3.5)

Su queste piane costiere, ricoperte da boschi e praterie, pascolavano branchi di antenati degli elefanti, rinoceronti, cervi, cavalli, ecc. (Fig. 3.6 - 3.7)

Later, the steady uplifting of the area corresponding to the current region of Piemonte caused a progressive withdrawal of the sea. Progressive sediment supply caused the coastal line to slowly migrate eastwards, farther and farther from the mountains (Fig 3.4).

3-4 million years ago, streams and rivers flowing from the Alpine and Apennine valleys formed wide deltas with lagoons, ponds, tidal and river channels. (Fig 3.5)

Over these coastal plains, covered with woods and prairies, grazed the ancestors of elephants, rhinos, deer, horses, etc. (Fig 3.6 - 3.7)

Figura 3.6



Cranio fossile di rinoceronte
Fossil skull of a rhino

Figura 3.7



Foglie fossili
Fossil leaves

1

Sollevamento generalizzato del settore montano e pedemontano

Widespread uplifting of the mountain and piedmont sector

2

I fiumi sfociano in mare formando dei delta che contribuiscono, unitamente ai movimenti tettonici, ad allontanare il mare stesso dai monti

Rivers flow into the sea creating deltas which, together with tectonic activity, cause the sea to recede from the mountains

3

Graduale ritiro del mare verso est

Gradual withdrawal of the sea eastwards

4

Continua lo sviluppo dei rilievi collinari del basso Monferrato

The lower Monferrato hills keep forming

5

Ampliamento dei delta fluviali

Expansion of the river deltas

Figura 3.4

4 milioni di anni fa
4 million years ago

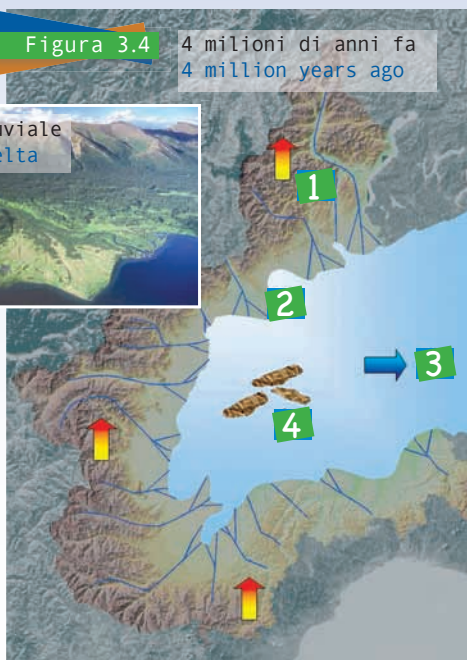
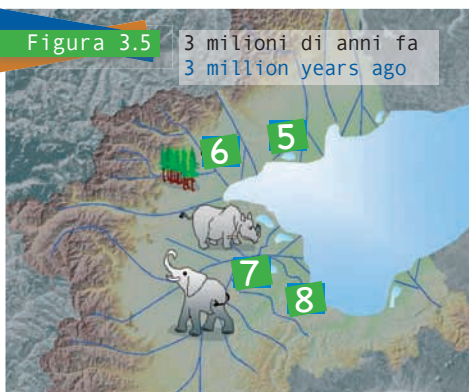


Figura 3.5

3 milioni di anni fa
3 million years ago



6

Lungo il fiume Stura di Lanzo sono stati ritrovati numerosi resti di una foresta che si estendeva in questi territori circa 3 milioni di anni fa

Along the river Stura di Lanzo, relics of a forest, extending in this area about 3 million years ago, can be observed

7

Nella zona di Villafranca d'Asti, durante la costruzione della ferrovia Torino-Roma, sono stati ritrovati numerosi fossili di animali che vivevano in questi territori circa 3 milioni di anni fa

During the building of the railroad Turin-Rome, in the area of Villafranca d'Asti, numerous animal fossils were found. The animals lived in this area about 3 million years ago

8

Ambiente di piana costiera con laghi e stagni

Coastal plain environment with lakes and ponds

Il progressivo sollevamento dell'area montana e di pianura determinò il definitivo ritiro del mare dal Piemonte.

(Fig. 3.8)

The progressive uplift of the mountain and plain areas caused the definite withdrawal of the sea from Piemonte.

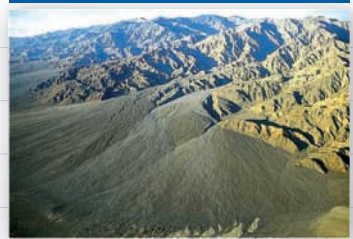
(Fig 3.8)

Immediatamente i corsi d'acqua si impadronirono dei territori che erano occupati dal mare ed iniziarono ad asportare con la loro forza erosiva uno strato di sedimenti depositi nell'intervallo di tempo precedente, strato che in alcuni luoghi era spesso oltre un centinaio di metri. A questa seguì una fase di sedimentazione importante in cui si formarono dei grandissimi ventagli di depositi fluviali (definiti megaconoidi), allo sbocco delle principali valli alpine nella pianura (Fig. 3.9).

Contemporaneamente, i continui movimenti tettonici sollevarono ed inclinarono gli antichi sedimenti stratificati nel settore delle attuali Langhe, e l'erosione esercitata dalle acque non incanalate formò un piano inclinato di pochi gradi. Questo piano, detto *glacis* (Fig. 3.10), raccordava i rilievi montuosi a sud con la pianura a nord ed era solcato da piccoli torrenti poco incisi che scorrevano in direzione nord-ovest. Bisogna però precisare che studi recenti hanno raccolto nuovi dati che portano ad una revisione di questa interpretazione.

Soon after, the watercourses began to flow on the lands previously covered by the sea, ablating the layer of sea sediments that in some places was more than one hundred meter thick. This phase was followed by sedimentation, when huge fan-shaped river deposits (mega fan) formed at the mouth of the main valleys (Fig 3.9).

Figura 3.9



I conoidi alluvionali
Alluvial fans

At the same time, tectonic activity produced the uplift and inclination of the ancient stratified sediments in the nowadays area of the Langhe, forming a plan with an inclination of a few degrees. This gentle slope, called *glacis* (Fig 3.10), joined the mountains (south) to the plain (north), and it was crossed by small streams flowing north-westwards.

1

Il mare si è completamente ritirato dal Piemonte e al suo posto si è formata un'estesa pianura. A sud dei rilievi collinari torinesi e del basso Monferrato, la pianura è attraversata da un grande corso d'acqua costituito da numerosi canali intrecciati

The sea has completely retired from Piemonte and a vast plain has replaced it. To the south of the Turin and lower Monferrato hills flows a large watercourse formed of several braided channels

2

Allo sbocco in pianura i fiumi depositano ampi ventagli di sedimenti, che nel tempo si accrescono appoggiandosi gli uni agli altri
As they flow into the plain, rivers lay down vast fan-shaped deposits, progressively widening and merging

Figura 3.8

2 milioni di anni fa
2 million years ago

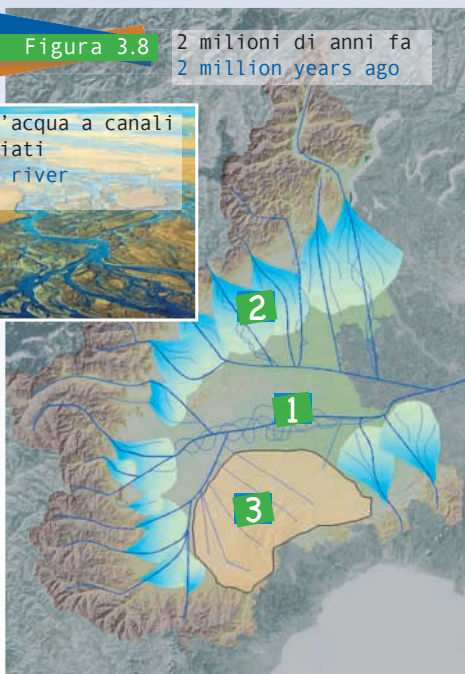


Figura 3.10



Il glacis è una superficie che si forma per erosione e accumulo da parte delle acque ruscellanti ai piedi delle montagne ed è caratterizzata da una debole pendenza e da un reticolo di corsi d'acqua poco inciso

A glacis is a gentle slope, crossed by a network of small streams, forming at the mountain feet through erosion and accumulation by shedding waters

3

I movimenti tettonici legati alla nascita degli Appennini sollevano ed inclinano verso nord-ovest gli antichi sedimenti stratificati che vengono erosi dalle acque ruscellanti: si forma così il glacis delle Langhe

Tectonic activity associated to the Apennines formation causes the uplift and inclination of ancient stratified sediments that are eroded by torrents: the Langhe glacis is thus formed

Circa un milione di anni fa, il clima subì un cambiamento: gli eventi piovosi si fecero più numerosi e si distribuirono con maggiore regolarità durante l'arco dell'anno, mentre le temperature medie estive subirono un modesto abbassamento. Questo mutamento climatico provocò la nascita e l'espansione dei ghiacciai alpini che, durante la fase di massimo sviluppo, colmarono quasi completamente le valli, lasciando emergere solo i rilievi più elevati.

Le lingue glaciali spesse centinaia di metri, fluivano lungo le valli approfondendole ed allargandole, spingendosi in alcuni casi fino allo sbocco in pianura. Qui depositavano il materiale detritico prelevato a monte, edificando imponenti anfiteatri morenici (Fig. 3.11).

La costruzione degli anfiteatri morenici è avvenuta nell'arco di centinaia di migliaia di anni in diverse fasi di avanzamento ed arretramento della fronte glaciale durate fino a circa 10.000 anni fa.

Anfiteatri di questo tipo sono oggi ben riconoscibili in Piemonte allo sbocco delle valli della Dora Riparia (4a) e della Dora Baltea (4b) e nelle zone circostanti i laghi Maggiore e d'Orta (4c) (Fig. 3.11).

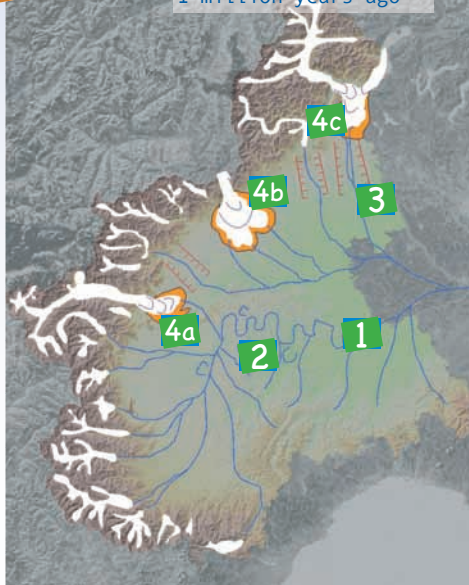
About one million years ago a climate change occurred: rains became more frequent and regularly distributed over the year, while summer mean temperatures went slightly down. This climate change caused the formation and expansion of the alpine glaciers which, at their maximum development, almost filled the valleys, leaving exposed only the highest peaks. Hundreds of meters thick glaciers, flowing downwards, made the alpine valleys deeper and wider. Some would reach the plain where they dropped the debris collected along the way which formed imposing morainic amphitheatres (a sequence of crescent-shaped end moraines) (Fig 3.11).

The building of these “natural amphitheatres” took hundreds of thousands years, through several phases of advance and retreat of the ice front, and lasted until about 10,000 years ago.

These kind of amphitheatres can be found at the mouth of the Dora Baltea (4b) and Dora Riparia (4a) valleys and in the surrounding areas of the Maggiore and Orta lakes (Fig 3.11).

Figura 3.11

1 milione di anni fa
1 million years ago



1

La pianura a sud dei rilievi collinari torinesi e del basso Monferrato è attraversata da un grande fiume ad andamento sinuoso (Fig. 3.12)

Across the plain, located south of the Turin and lower Monferrato hills, flows a great river with a meandering course (Fig. 3.12)

Figura 3.13



2

Ansa abbandonata dal fiume durante la sua evoluzione

A loop, also called oxbow lake, cut off from the river during its evolution

3

I corsi d'acqua incidono i conoidi precedentemente formati, creando delle scarpate (Fig. 3.13)

The watercourses cut through the alluvial fans previously formed, creating scarps (Fig. 3.13)

Figura 3.12



4

Espansione a più riprese dei ghiacciai alpini.

Alcune lingue glaciali si spingono fino in pianura depositando grandi quantità di materiale a formare gli Anfiteatri Morenici
Several phases of glacial advance. Some glaciers reach the plain and drop great masses of debris that form sequences of moraines shaped as amphitheatres

- a. ciglio della scarpata
- b. depositi fluviali recenti
- c. depositi fluviali antichi
- d. depositi marini antichi
- e. depositi fluviali attuali

- a. top of the scarp
- b. recent fluvial sediments
- c. ancient fluvial sediments
- d. ancient marine sediments
- e. present-day fluvial sediments

Evoluzione del Piemonte Centrale

Evolution of the central Piemonte

Anche il percorso dei fiumi del Piemonte centrale ha subito grandi cambiamenti nel corso degli ultimi 100.000 anni, i più importanti dei quali hanno interessato i fiumi Po e Tanaro.

The central Piemonte rivers have also undergone great changes in their courses in the past 100,000 years, especially the Po and Tanaro rivers.

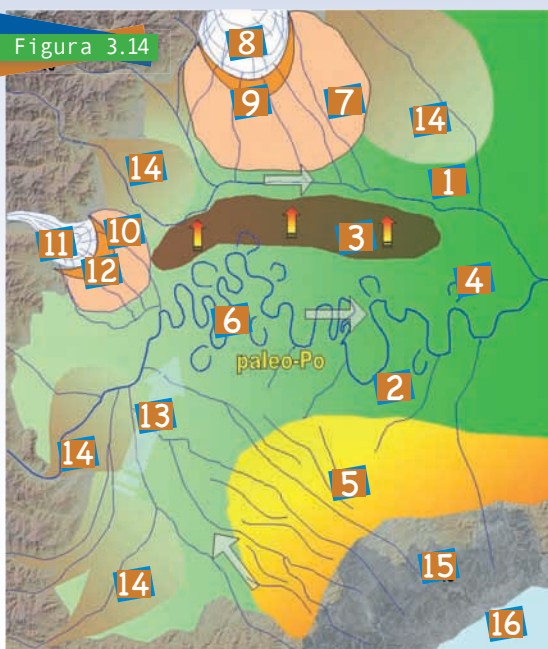
Il Po, che attualmente scorre a nord della Collina di Torino e dei rilievi del basso Monferrato, fino a circa 60.000 anni fa scorreva a sud delle stesse colline.

The Po river, which nowadays flows north of the Turin and lower Monferrato hills, flowed south of the same hills until 60,000 years ago.

Questa situazione era legata sia ai movimenti tettonici che coinvolgevano tutta l'area in oggetto, sia alla presenza del ghiacciaio della Valle di Susa che in quel periodo si trovava alle porte di Torino. Infatti i sedimenti depositi alla fronte del ghiacciaio segusino si appoggiavano alla Collina di Torino, in continuo sollevamento, ed impedivano il passaggio verso nord all'antico Po (detto paleo-Po). Quest'ultimo era un grande fiume che raccoglieva le acque di tutti i fiumi ed i torrenti che scendevano dai monti occidentali e meridionali del Piemonte e scorreva in modo sinuoso verso est (Fig. 3.14).

This fact was due both to the tectonic activity affecting the area and to the presence of the Valle Susa glacier, which stretched to the present outskirts of Turin. The sediments dropped by the ice front rested against the Turin hills, that were still raising, obstructing the northward direction of the ancient Po river (called paleo-Po). This was a huge river, collecting the waters of all the rivers and torrents running down the western and southern mountains of Piemonte, and it flowed eastwards with a snaking pattern (Fig 3.14).

Figura 3.14



1

Pianura piemontese settentrionale
Northern Piemonte plain

2

Pianura piemontese meridionale
Southern Piemonte plain

3

Rilievi collinari in formazione
Raising hills

4

Meandro abbandonato
Oxbow lake

5

Glacis delle Langhe/*Langhe glacis*

6

Paleo-Po ad andamento sinuoso con deflusso verso Est
The paleo-Po meandering course flowing eastward

7

Depositi fluvio-glaciali dell'Anfiteatro
Morenico d'Ivrea
*Glacio-fluvial sediments of the Ivrea
morainic amphitheatre*

8

Ghiacciaio Balteo/*Balteo glacier*

9

Anfiteatro Morenico d'Ivrea
Ivrea morainic amphitheatre

10

Depositi fluvio-glaciali dell'Anfiteatro
Morenico di Rivoli-Avigliana
*Glacio-fluvial sediments of the Rivoli-
Avigliana morainic amphitheatre*

11

Ghiacciaio Segusino
Val Susa glacier

12

Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana
*Morainic amphitheatre of Rivoli-
Avigliana*

13

I venti che soffiano dalla pianura
meridionale sollevano nubi di polveri
che si depositano sull'antistante
pianura e sulla Collina di Torino
*Winds blowing from the south-western
valleys raise clouds of dusts which are
dropped on the Turin plain and hills*

14

Mega-conoidi/*Mega-fans*

15

Rilievi montuosi/*Mountains*

16

Mar Ligure
Ligurian sea

Successivamente, i movimenti tettonici inclinarono leggermente la pianura in senso opposto alla direzione del paleo-Po e la direzione di massima pendenza locale si invertì diventando quella del percorso attuale.

Il nuovo andamento del Po verso nord avvenne in corrispondenza di Moncalieri dove il fiume erose i depositi legati al ghiacciaio della Valle di Susa che ormai si era ritirato.

(Fig. 3.15)

Later, due to tectonic activity, the plain became slightly inclined in the opposite direction with regard to the flow direction of the paleo-Po. Subsequently the river reversed the flow direction, following the same way it does today.

The new northward course was opened by the Po river in the nowadays area of Moncalieri, where it eroded the sediments left by the Valle Susa glacier, already retreated.

(Fig 3.15)

1

Pianura piemontese settentrionale
Northern Piemonte plain

2

Rilievi collinari in formazione/ *Raising hills*

3

Antichi percorsi dei fiumi di pianura vengono coinvolti nel rilievo della collina
Ancient courses of the plain rivers are incorporated in the hills

4

Tracce di antichi meandri
Traces of ancient meanders

5

La pianura piemontese meridionale ad est della scarpata di Villanova d'Asti viene incisa dal nuovo reticolo di corsi d'acqua e iniziano a venir modellate le colline dell'Astigiano
The southern Piemonte plain is crossed, eastward from Villafranca d'Asti, by a network of new watercourses; the Asti hills begin to form

6

I movimenti tettonici che inclinano la pianura piemontese meridionale verso ovest sono anche responsabili della formazione della scarpata di Villanova d'Asti che separa il settore dell'altopiano di Poirino ad ovest dai rilievi collinari dell'Astigiano ad est

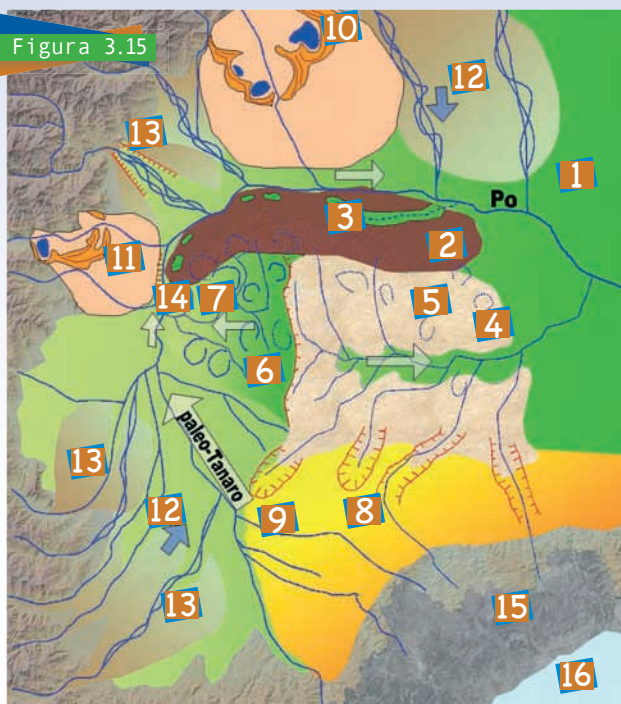
Tectonic activity, beside tilting the southern Piemonte plain to the west, is responsible for the creation of the Villafranca scarp, which separates the Poirino plateau (west) to the Asti hills (east)

7

Tracce di antichi meandri relativi al paleo-Po che in pianura vengono occupati dai nuovi corsi d'acqua. Tracce di questi antichi meandri vengono coinvolti, insieme al settore di pianura in cui si sono formati, nel sollevamento della collina

Traces of ancient meanders. Some of them, in the plain, are occupied by new watercourses. Others, together with the plain in which they formed, are incorporated in the raising hills

Figura 3.15



8

Il glacis delle Langhe viene inciso dai corsi d'acqua che scorrono verso nord-est
The Langhe glacis is incised by watercourses that flow north-estward

9

Le testate dei piccoli corsi d'acqua incidono l'antico glacis delle Langhe, spostandosi sempre più a monte. La testata di uno di questi corsi d'acqua, che scorre verso Alba ed Asti, si avvicina sempre più alla pianura che si trova ad una quota più elevata
The Langhe glacis is incised by the heads of small watercourses, that keep shifting northward. One of them, flowing towards Alba and Asti, gets closer and closer to the plain located at a higher altitude

10

Anfiteatro Morenico d'Ivrea
Ivrea morainic amphitheatre

11

Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana
Morainic amphitheatre of Rivoli-Avigliana

12

Il continuo accumulo dei sedimenti da parte degli affluenti modifica progressivamente la pendenza della pianura. I fiumi principali sono così sempre più allontanati dal margine delle montagne
The constant deposition of sediments by the tributaries progressively modifies the plain inclination. Thus, the main rivers found themselves increasingly distant from the mountain margins

13

Incisione dei mega-conoidi
Mega-fans erosion

14

I depositi fluvio-glaciali dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana vengono incisi dal Po
Glacio-fluvial sediments of the Rivoli-Avigliana morainic amphitheatre, incised by the Po river

15

Rilievi montuosi
Mountains

16

Mar Ligure
Ligurian Sea

Poco dopo la deviazione del Po (circa 40.000 fa) anche il Tanaro subì un radicale cambiamento di percorso.

Fino ad allora, questo fiume, raggiunta la pianura piemontese meridionale, scorreva verso nord-ovest e confluiva nel Po dove oggi sorge la città di Carmagnola.

Il suo antico letto, indicato con il nome di paleo-Tanaro, si trovava circa 100 m più in alto rispetto ai piccoli corsi d'acqua che scendevano in direzione nord-est, verso Asti ed Alessandria, dai rilievi collinari del Roero e delle Langhe.

Il procedere dell'erosione regressiva (verso ovest) avvicinò sempre più la testata di uno di questi piccoli corsi d'acqua al letto del paleo-Tanaro, che a sua volta si spostava verso est erodendo progressivamente le sue sponde (Fig. 3.16).

Così, in occasione degli eventi di piena, le acque del paleo-Tanaro tracimavano defluendo nel piccolo corso d'acqua vicino che divenne in breve tempo il nuovo corso del fiume. (Fig. 3.17)

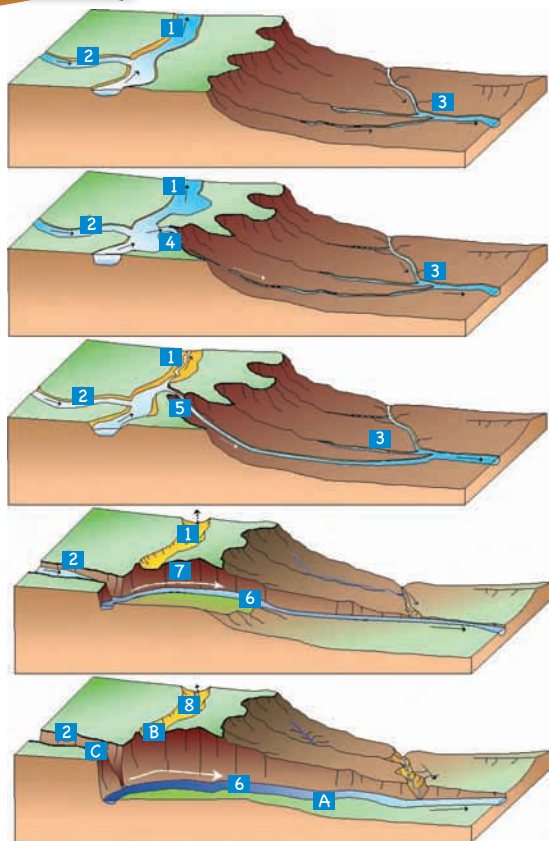
Soon after the Po river avulsion, also the Tanaro river radically modified its course.

Until about 40,000 years ago the Tanaro river flowed north-westward through the southern Piemonte plain to reach the Po river, in the area where now rises the city of Carmagnola. The ancient river bed, called Paleo-Tanaro, was located about 100 m above the small watercourses flowing north-eastward down the Roero and Langhe hills towards Asti and Alessandria.

The head of one among these watercourses, due to backward erosion (westward), became closer and closer to the paleo-Tanaro bed, which, on its turn, was progressively moving eastward, eroding its banks (Fig 3.16).

As a result, during floods, the paleo-Tanaro waters overflowed into the small nearby watercourse which soon became the new course of the river. (Fig 3.17)

Figura 3.16



Attuali città/
Present-day
cities:

A - Alba

B - Bra

C - Cherasco

1

Paleo-Tanaro
Paleo- Tanaro river

2

Stura di Demonte
*Stura di Demonte
river*

3

Piccoli corsi d'acqua
che scorrono verso
nord-est
*Small watercourses
flowing north-
eastwards*

4

Le acque di piena del
paleo-Tanaro tracimano nel
vicino corso d'acqua

*The paleo-Tanaro waters,
during floods, overflow in
the nearby watercourse*

5

Inizia a formarsi un nuovo
alveo

*A new watercourse begins
to form*

6

Nuovo alveo del Tanaro
new Tanaro course

7

Scarpata di erosione
generata dal Tanaro per
riequilibrare il dislivello tra
vecchio e nuovo alveo
*Erosion scarp created
by the Tanaro river while
counterbalancing the
unevenness between old
and new bed*

8

All'interno dell'alveo del
paleo-Tanaro inizia a
scorrere un piccolo corso
d'acqua

*A new small watercourse
begins to flow within the
paleo-Tanaro bed*

1

Rilievi collinari in continua evoluzione
Hills continuously evolving

2

Sulle cime delle colline astigiane sono ancora conservate sottili testimonianze del proseguimento verso est dell'antica pianura piemontese meridionale e del grande corso d'acqua che l'attraversava
On the top of the Asti hills can still be found thin portions of sediments, remnants of the ancient southern Piemonte plain which extended eastwards, and of the great watercourse that crossed it

3

Nel settore delle Langhe, il nuovo reticolo dei corsi d'acqua che attualmente scorrono verso nord-est ha quasi completamente cancellato le tracce della precedente morfologia a glacis. Di quell'antico paesaggio non restano oggi che deboli tracce sulle cime dei colli
The new network of watercourses, that today flow north-eastward, has almost completely cancelled the traces of the previous glacis morphology. Only feeble signs of that ancient landscape are found today on the hilltops

4

Il Tanaro cambia percorso in corrispondenza dell'attuale abitato di Bra, deviando verso il piccolo torrente che scorre in direzione di Alba ed Asti e diventando il più importante corso d'acqua del Piemonte centro-meridionale
The Tanaro river deviates its course where now rises the city of Bra, shifting towards the little stream that flows in the Alba and Asti direction, and becoming the most important watercourse of the central-southern Piemonte

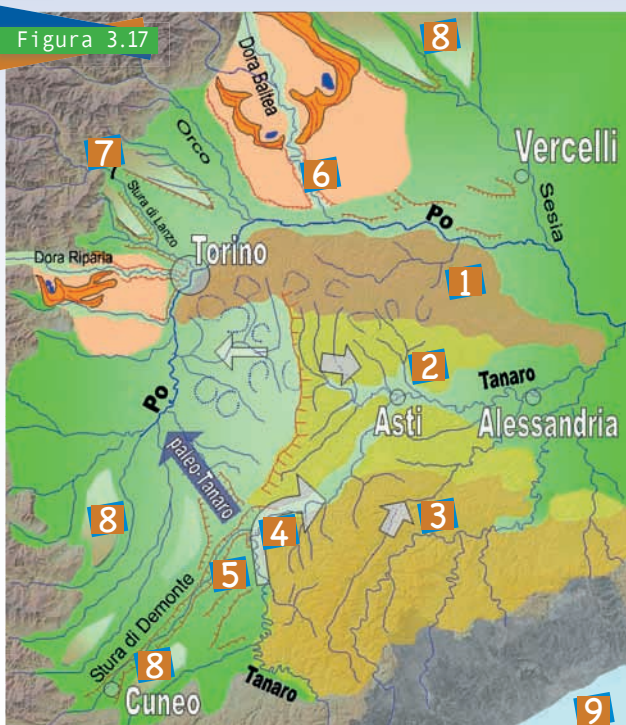
5

Il nuovo percorso del Tanaro causa importanti variazioni nel paesaggio circostante, iniziando ad approfondirsi rapidamente nei depositi alluvionali e marini che offrono poca resistenza all'erosione. Si formano così delle alte scarpate che interrompono la pianura cuneese e si prolungano fino all'interno delle valli (terrazzi fluviali di Bra e della Stura di Demonte)
The new course of the Tanaro river produces significant alterations in the surrounding landscape, as it cuts deeper and deeper through the alluvial and sea deposits that offer little resistance to its erosion. As a consequence, high scarps appear, interrupting the Cuneo plain and extending inside the valleys (river terraces of Bra and of the Stura di Demonte)

6

Attualmente, tutti i corsi d'acqua della pianura piemontese sono in fase di approfondimento a causa del sollevamento della pianura
Nowadays, all the rivers flowing across the Piemonte plain are to deepen their courses because the plain is uplifting

Figura 3.17



7

Gli alvei dei corsi d'acqua sono attualmente in fase di trasformazione: da alvei costituiti da numerosi canali, spesso intrecciati (pluricursali), ad alvei costituiti da un unico canale ad andamento più o meno sinuoso (monocursali). Questo processo è anche legato all'azione dell'uomo sull'ambiente

The watercourses are also transforming: from being made of several channels, often braided, they tend now to be made of a single channel with a more or less meandering course. This process is also connected to the action of man on the environment

8

I mega-conoidi vengono progressivamente erosi e smembrati dai fiumi ed oggi restano solo alcuni lembi isolati

The mega-fans are progressively eroded by the rivers and only some isolated remnants can be found today

9

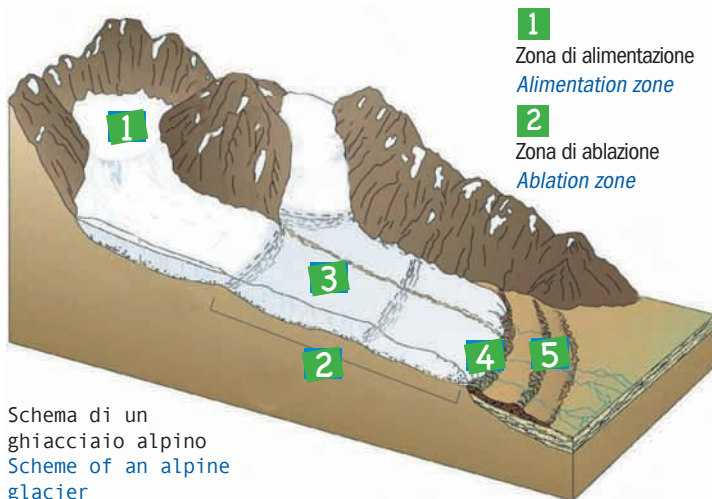
Mar Ligure
Ligurian Sea

Qualche notizia in più

I ghiacciai

The glaciers

Figura 3.18



1
Zona di alimentazione
Alimentation zone

2
Zona di ablazione
Ablation zone

3
Lingua glaciale
Glacier

4
Fronte
Terminus or snout

5
Cerchie moreniche
End moraines

Evoluzione dei ghiacciai alpini

Evolution of the alpine glaciers

a. La neve caduta durante l'inverno non si scioglie completamente nel corso dell'estate successiva. Nel corso degli anni la neve si accumula in strati e si trasforma in ghiaccio.

b. Il ghiaccio accumulato inizia a scivolare e a colare lungo il versante. Si formano così le lingue glaciali che scendono lungo le valli.

c. Le lingue glaciali confluiscono nella valle principale costituendo un unico grande ghiacciaio. Nella fase di massima espansione il ghiaccio occupa interamente le valli e solo le creste più elevate fuoriescono dal mare di ghiaccio. Le lingue più sviluppate raggiungono la pianura.

a. The snow fallen in winter does not melt completely during the summer. Through the years, the snow stratifies and becomes ice.

b. The ice accumulated begins to slide and to thaw along the slope, thus forming glaciers that make their way through the valleys.

c. The glaciers join into the main valley, forming a single huge glacier. In the phase of maximum expansion, the glacier completely occupies the valleys and only the most elevated mountain tops surface

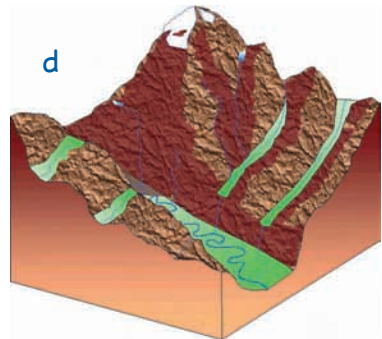
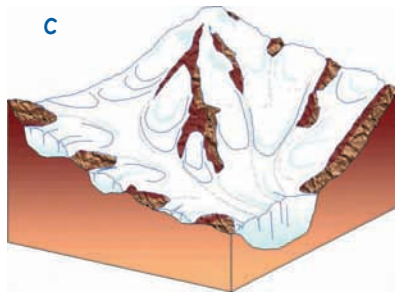
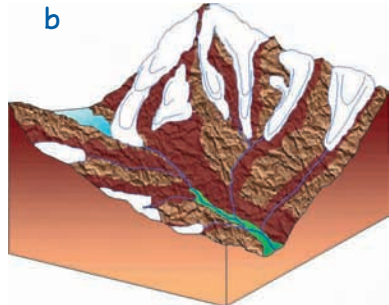
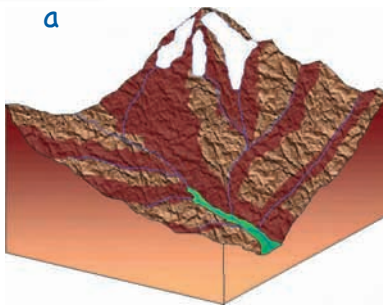
Some geology notes

d. Le fasi di espansione si alternano a fasi di ritiro delle lingue glaciali. I ghiacciai alpini si sono ritirati dalle valli principali circa 10.000 anni fa. Da allora vi sono state solo piccole pulsazioni con avanzamento delle lingue glaciali di poche centinaia di metri. Attualmente quasi tutti i ghiacciai alpini sono in fase di ritiro.

from the ice sea. The most advanced glacier terminuses reach the plain.

d. There is an alternation between advance and retreat phases of the glaciers. In the Alps, glaciers have retreated from the main valleys about 10,000 years ago. Since then, there have only been some little pulsations, which have seen the terminuses advancing for a few hundreds meters. Today almost all the glaciers in the Alps are in a retreat phase.

Figura 3.19



Qualche notizia in più

Gli anfiteatri morenici

Quando si hanno più cerchie frontali concentriche ravvicinate si parla di anfiteatro morenico, in quanto ricorda i teatri a scalinate degli antichi greci.

In Piemonte esistono due importanti anfiteatri morenici: quello di Ivrea e quello di Rivoli-Avigliana.

La costruzione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea iniziò circa 1 milione di anni fa quando il ghiacciaio che scendeva dalla valle della Dora Baltea (e per questo chiamato Ghiacciaio Balteo) si spinse a più riprese dentro la Pianura Padana (Fig. 3.20).

L'Anfiteatro Morenico d'Ivrea racchiude alcune importanti particolarità (Fig. 3.21).

- La Serra: scenografico rilievo collinare rettilineo lungo più di 20 km rappresenta il cordone morenico laterale sinistro del ghiacciaio balteo.

- I laghi di Ivrea: intorno alla cittadina di Ivrea ci sono 5 piccoli laghi che occupano delle conche rocciose scavate dal ghiacciaio.

- Le "terre ballerine": nei dintorni dei laghi di Ivrea si trova un bosco particolare

The morainic amphitheatres

Great amount of debris are dropped by glaciers along their terminus profile. As a result, the morainic amphitheatre arises, similar to ancient greek theatres.

There are two main morainic amphitheatres in Piemonte; the Ivrea and the Rivoli-Avigliana morainic amphitheatres.

The history of Ivrea morainic amphitheatre dates back to 1 million years ago, when the glacier occupying the Dora Baltea valley (and therefore named Balteo Glacier) made its way further and further into the Po Plain (Fig. 3.20).

The interesting sites of the Ivrea Morainic Amphitheatre are (Fig. 3.21):

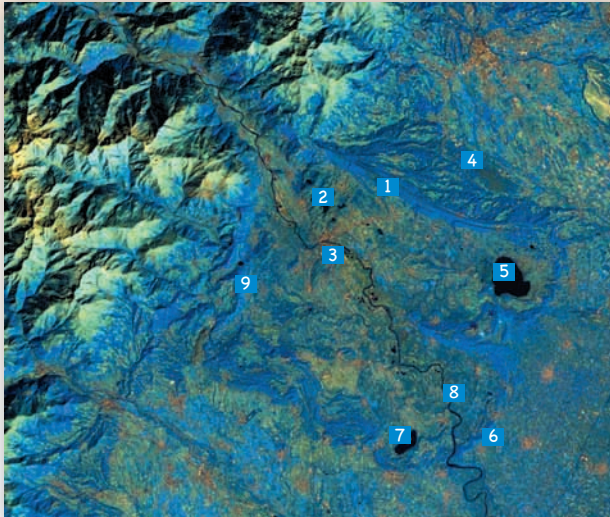
- The Serra: a spectacular rectilinear hill formation, more than 20 km long, which constituted the left lateral moraine of the Balteo glacier.

- The Ivrea lakes: 5 small lakes surround the town of Ivrea, occupying some of the rock basins carved by the glacier.

- The "terre ballerine" ("wobbly lands"): in the area of the Ivrea lakes there is a peculiar wood whose soil and trees move if one jumps around. This phenomenon is due

Some geology notes

Figura 3.20



1
Serra d'Ivrea
The Serra of Ivrea

2
I 5 laghi di Ivrea
The 5 lakes of Ivrea

3
Ivrea
Town of Ivrea

4
Aurifodine della Bessa
The gold mines of Bessa

5
Lago di Viverone
Viverone lake

6
Cerchie moreniche
frontali
End moraines

7
Lago di Candia
Candia lake

8
Fiume Dora Baltea
Dora Baltea River

9
Morene laterali destre
Lateral moraines

L'Anfiteatro Morenico
di Ivrea visto dal
satellite

Ivrea Morainic
Amphitheatre from
satellite

dove, saltando, si muove tutto il terreno e gli alberi circostanti. Questo fenomeno è dovuto alla presenza di una torbiera (antico fondo di lago o palude in cui si sono accumulati resti vegetali che decomponendosi generano la torba) in cui il terreno è particolarmente elastico.

- Le aurifodine della Bessa: sul margine sinistro dell'anfiteatro morenico si trova un'antica miniera d'oro a cielo aperto utilizzata ai tempi dei romani. L'oro, proveniente dalla Valle

to the presence of a dry peat bog (ancient lake or marsh floor where vegetable matter decays generating peat) characterized by a particularly elastic soil.

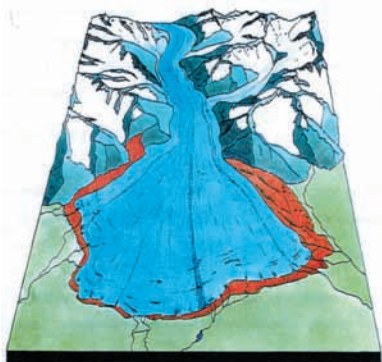
- The gold mines of Bessa: on the left side of the morainic amphitheatre there is an ancient open-pit gold mine, exploited during Roman times. Gold, coming from the Valle d'Ayas (lateral valley belonging to the Valle d'Aosta region) was dragged down to

Qualche notizia in più

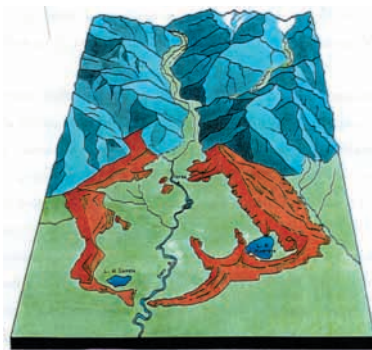
d'Ayas (valle laterale della Valle d'Aosta), è stato trasportato fin qui dal Ghiacciaio Balteo mescolato ai depositi glaciali e concentrato dai corsi d'acqua fluvio-glaciali. Gli antichi romani, per estrarre l'oro da questi depositi, separavano i sedimenti fini da quelli ghiaiosi lungo una serie di canali artificiali, creando degli enormi accumuli che ancora oggi si vedono nel Parco Naturale della Bessa.

this area by the Balteo glacier, mixed with glacier sediments and concentrated by glacio-fluvial watercourses. In order to extract gold, the ancient Romans separated fine sediments from gravel by means of a series of artificial channels, producing enormous heaps of material that are still visible in the Natural Parc of Bessa.

Figura 3.21



La costruzione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea



The history of Ivrea morainic amphitheatre

L'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana è ubicato allo sbocco della Valle di Susa. In una fase di massima espansione, il Ghiacciaio Segusino si spinse fino alle porte di Torino dove oggi sono presenti delle piccole collinette, tutto ciò che resta delle antiche morene (Fig. 3.22).

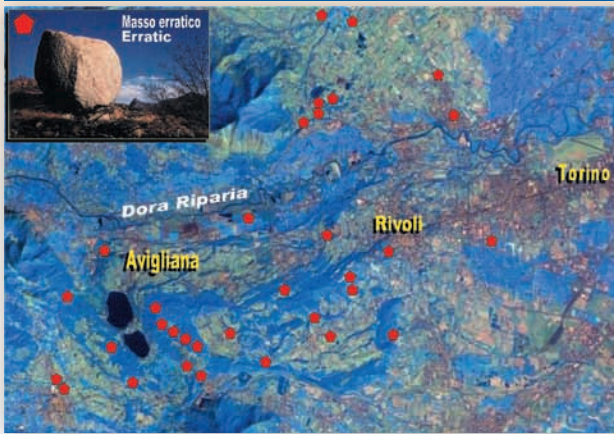
Particolarmente interessante è la presenza in questo settore di numerosi massi erratici che talvolta sono stati inglobati negli abitati

The Rivoli-Avigliana morainic amphitheatre is located at the mouth of the Valle Susa. At its maximum expansion, the Segusino glacier reached the outskirts of the present-day Turin: the hills still present are all that is left of the ancient morains (Fig 3.22).

Particularly interesting is the presence of several erratics in this area. Sometimes these huge rocks have been englobed by

Some geology notes

Figura 3.22



Distribuzione dei massi erratici nell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana (vista da satellite)

Erratic distribution on Rivoli-Avigliana morainic amphitheatre (from satellite)

dell'interland torinese e spesso distrutti per ricavare materiale da costruzione.

Attorno a questi massi, oggi utilizzati come palestre di arrampicata o come attrazioni turistico-naturalistiche, sono nate leggende e riti mitologici legati all'inquietudine dell'uomo che non riusciva a spiegarsi l'origine di queste "stranezze geologiche".

Meandri, terrazzi e pianure

Alcuni fiumi sono caratterizzati da una forma sinusoidale con anse a curvatura più o meno stretta (i meandri), che tendono a divagare in modo continuo, grazie all'azione costante di sedimentazione sul lato interno dei meandri ed erosione su quello esterno (Fig. 3.23).

the Turin suburban areas but more often they have been smashed to obtain building material.

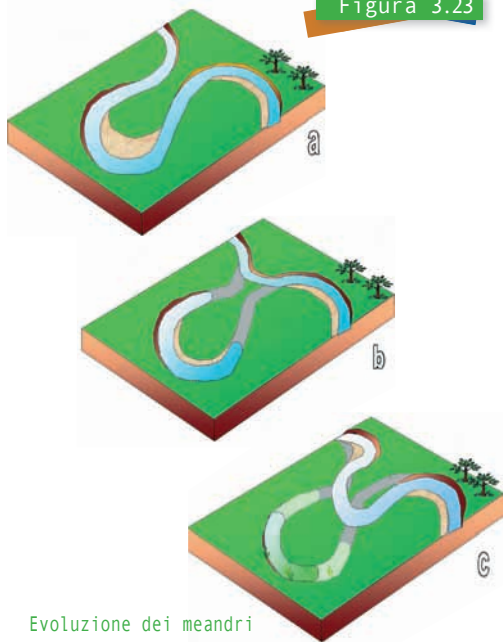
Many legends and mythological rites were born around the erratics as the primitives could not figure out the origin of these "geological oddities".

Meanders, fluvial terraces and plains

Meandering rivers typically contain only one channel that winds its way across the floodplain. As it flows, it deposits sediment on internal banks (point bar deposits) and erodes the external banks (Fig 3.23).

Qualche notizia in più

Figura 3.23



Evoluzione dei meandri
Meander evolution

When a watercourse incises the alluvial plain, scarps and fluvial terraces are formed. The wandering and deepening watercourse generates a succession of several terraces of different orders (Fig.3.24).

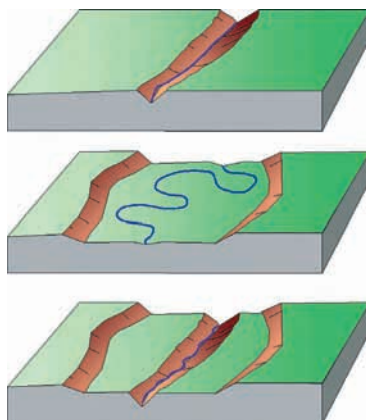
Alluvial plains are relatively flat areas composed of alluvium. Rivers transport water and sediment from higher to lower ground, and eventually reach the sea (Fig.3.25).

The Po plain is the largest alluvial plain in western Europe.

Quando un corso d'acqua incide la pianura su cui scorre si formano delle scarpate, creando i terrazzi fluviali. La divagazione del corso d'acqua ed il suo contemporaneo approfondimento genera una successione di scarpate che delimitano diversi ordini di terrazzo (Fig. 3.24).

Le pianure alluvionali sono aree pianeggianti o lievemente ondulate, prodotte dall'accumulo di sedimenti fluviali (Fig. 3.25). La Pianura Padana è la più grande piana alluvionale dell'Europa occidentale.

Figura 3.24



Evoluzione dei terrazzi fluviali
Fluvial terraces evolution

Some geology notes

Figura 3.25



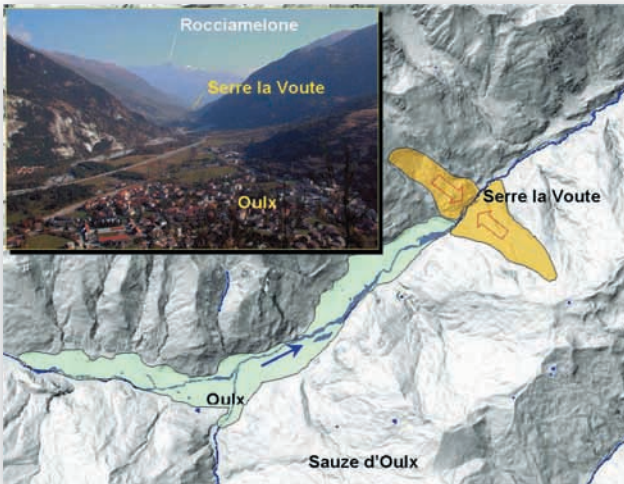
Le pianure allagate vengono ricoperte da nuovi sedimenti portati dalle piene dei corsi d'acqua

Flooded plain covered by new sediment during flood event

Le pianure intermontane sono aree pianeggianti circondate dai rilievi, caratterizzate da riempimento alluvionale e/o lacustre. Alcune di esse si sono originate per sbarramento delle valli da parte di frane (Fig. 3.26).

Sometimes the valleys are dammed by landslides. The filling of a landslide dammed lake forms the valley flat (Fig. 3.26).

Figura 3.26



La piana di Oulx (Valle di Susa) si è formata per riempimento di un antico lago di sbarramento causato da due frane verificatesi in località Serre la Voute

The wide Oulx valley flat (Valle Susa) was formed by the filling of a landslide dammed lake in Serre la Voute site

capitolo quarto chapter four

Il Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto



Chi siamo

A seguito del referendum popolare del 1993 i controlli ambientali, prima di competenza delle Unità Sanitarie Locali - USL, sono stati affidati ad un sistema di prevenzione e protezione formato da apposite Agenzie istituite a livello regionale: le ARPA.

L'Arpa, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, organismo dotato di autonomia organizzativa, amministrativa, tecnica e contabile, risponde all'esigenza di omogeneità nella raccolta ed elaborazione dei dati in materia ambientale e di indipendenza nell'esercizio delle funzioni di consulenza e controllo tecnico.

Arpa Piemonte è stata istituita con la legge regionale n. 60 del 13 aprile 1995 e svolge istituzionalmente in ambito ambientale numerose attività nel campo della previsione dei rischi naturali.

What is Arpa Piemonte

Following the popular referendum of 1993, environmental controls, previously under the competence of Local Health Units, have been assigned to regional agencies called ARPA which, collectively, form a prevention and protection system.

ARPA, acronym for Regional Agency for Environmental Protection, is a public institution with administrative, technical-legal, financial and accounting autonomy. It provides the collection and processing of environmental data as well as independence in its activities of technical control and advice.

Arpa Piemonte was established with regional law no. 60 of April 13th, 1995 and it is responsible of many activities for the forecast of natural risks.

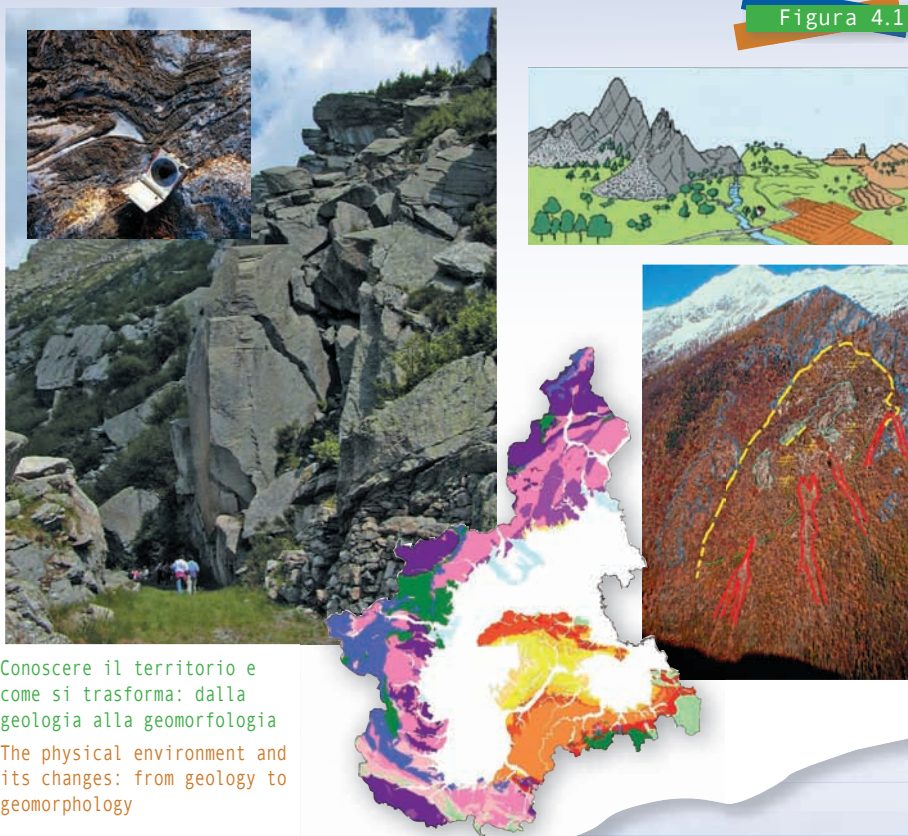
La nostra attività

Il regolamento di organizzazione dell'Agenzia prevede, tra l'altro, l'istituzione di un Dipartimento denominato *Geologia e Dissesto* che si occupa della conoscenza del territorio in senso molto ampio, con l'obiettivo principale di sviluppare metodologie e strumenti per la valutazione, la gestione e la riduzione del rischio geologico ed ambientale.

Our activities

The *Department of Geology and Geological Instability* was established within the Agency with the aim of studying the regional territory and developing methodologies and tools to assess, manage and reduce geological and environmental risks.

Figura 4.1



Conoscere il territorio e
come si trasforma: dalla
geologia alla geomorfologia

The physical environment and
its changes: from geology to
geomorphology

Gli ambiti di attività possono essere così sintetizzati:

1. analisi della costituzione dell'ambiente fisico, e quindi della geologia dei diversi ambiti geografici che costituiscono il Piemonte: composizione litologica, assetto geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico. (Fig. 4.1);

2. comprensione delle trasformazioni o, meglio, del rimodellamento naturale del territorio, in modo specifico attraverso i processi fluvio-torrentizi e i fenomeni franosi;

3. rappresentazione del territorio e delle sue caratteristiche, a diverse scale e con diverso dettaglio, su un piano o nello spazio. All'osservazione e all'analisi segue infatti la rappresentazione dell'ambiente fisico, sul quale si riflette ogni azione umana;

4. diffusione delle conoscenze acquisite, attraverso modalità e canali sempre più numerosi e diversificati, per raggiungere chi, a vario titolo, si occupa di gestione e salvaguardia del territorio e, più in generale, traducendo i dati tecnico-scientifici in corretta informazione per il cittadino (Fig. 4.2).

Its activities can be summarised as follows:

1. physical environment analysis, as geological characterisation of the different geographical areas in Piemonte: definition of the geological-structural, physical-mechanical features and hydrogeological of terrain and rocks (Fig. 4.1);

2. identification and understanding of the natural morphological transformation of the land, due to fluvial processes and landslides;

3. representation of the territory from a geo-morphological point of view, at different scales and detailed levels, with two and three - dimensional imaging. Observation and analysis activities are always followed by representation of the physical environment;

4. dissemination of knowledge and results, through a variety of channels and products, to meet the needs of those professionally in charge of environmental management and protection, as well as the needs of citizens for an accessible, correct information (Fig. 4.2).

Figura 4.2



Diffondere le
conoscenze

Dissemination of
information

Tutto ciò al fine di rendere il cittadino sempre più consapevole dell'impatto che le proprie azioni hanno sull'intero sistema e promuovere così atteggiamenti culturali ed etici di responsabilità verso l'ambiente.

On the whole, these activities aim at increasing people awareness about the consequences of their actions on the environmental system, as well as at promoting cultural and ethical attitudes of responsibility towards the environment.

I processi di instabilità naturale

I processi di modellamento naturale sono costantemente attivi sul territorio e si manifestano attraverso pulsazioni più o meno intense che ne modificano progressivamente l'aspetto e le forme in modo caratteristico. Tali processi diventano maggiormente apprezzabili da parte di tutti quando interferiscono violentemente con le attività antropiche, e vengono percepiti, unitamente agli effetti che producono, come dissesto idrogeologico.

Natural instability processes

Natural instability processes are constantly active, though their power to physically modify the environment can be more or less intense. People become aware of the importance of these processes when they violently affect human activities and properties (or even human life), being thus experienced as hydrogeological disasters.

I processi di modellamento naturale di cui si occupa il Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto vengono distinti in:

- processi di instabilità connessi ad attività di versante (frane) - si attivano in ambiente alpino o collinare avendo come agente principale la gravità;

- processi connessi all'attività fluvio-torrentizia - si attivano lungo la rete idrografica principale costituita dai corsi d'acqua di pianura o di fondovalle, sia in regime ordinario, sia in caso di piena, e lungo la rete idrografica secondaria che solca i rilievi collinari e montuosi, avendo come agente principale le acque correnti superficiali incanalate.

La difesa da questi processi, e quindi la tutela della pubblica incolumità e delle risorse ambientali e antropiche, deve basarsi sulla conoscenza dei fenomeni in atto e dei loro meccanismi di innesco e sviluppo. Ciò consente di focalizzare l'attenzione sulla previsione dei fenomeni riconosciuti e di quelli potenziali, e sulla prevenzione e mitigazione dei rischi ad essi associati, e cioè dei danni ai quali potrebbero essere esposti l'uomo e l'ambiente.

The Department of Geology and Geological Instability deals with two main categories of natural modelling processes:

- processes related to slope activity (landslides) - occurring in alpine and hilly environment with gravity as main agent;

- fluvial and torrential processes occurring along the main watercourses on alluvial plains or valley floors (both as ordinary events and floods), and along the secondary hydrographic network crossing mountain or hilly environments. The main agent is the flow of superficial canalised waters.

In order to conceive effective protective measures for people and the environment, a comprehensive knowledge of the active phenomena is required, beginning from their triggering and development mechanisms. In this way it is possible to foresee the evolution of already known processes and of potential ones, thus preventing or, at least, reducing the related damages.

Un contributo importante al corretto uso del territorio viene fornito dal controllo nel tempo di quei fenomeni naturali, attivi o potenziali, che sono valutati come particolarmente significativi.

Per il controllo dei processi di instabilità connessi all'attività di versante, Arpa Piemonte gestisce la Rete Regionale di Controllo dei Movimenti Franosi (RERCOMF).

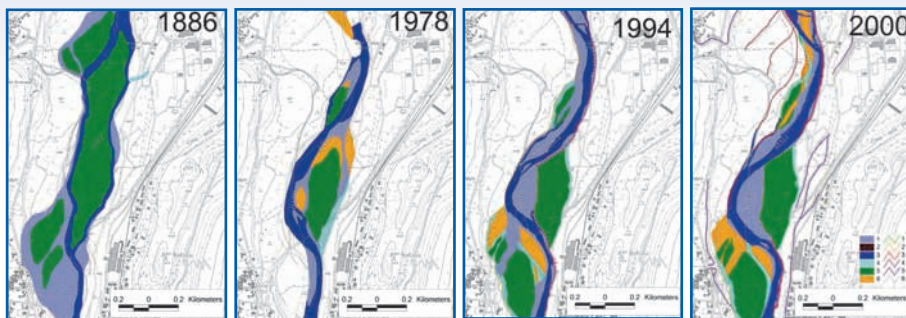
Il controllo dei processi connessi all'attività fluviale, inteso come individuazione delle tendenze evolutive del sistema fluviale, si attua generalmente lungo singoli tratti di corsi d'acqua, attraverso il raffronto di cartografie tematiche rilevate in tempi successivi, per esempio a seguito dei principali eventi alluvionali (Fig. 4.3).

An important contribution to a correct land-use planning is represented by monitoring the main instability processes.

Regarding landslides, Arpa Piemonte is responsible for the management of the regional landslide monitoring network (RERCOMF).

The monitoring activities of fluvial processes (identification of erosion or flood prone areas according to geomorphological criteria) are carried out by comparing maps of single stretches of the selected watercourse that have been produced in different periods (for instance, before and after a flood) (Fig. 4.3).

Figura 4.3



Rappresentazione cartografica delle forme fluviali del Fiume Sesia presso Quarona (VC)

Mapping of morphological modifications in the channel area of the Sesia River near Quarona (VC)

Le frane

Landslides

Il territorio piemontese presenta caratteristiche litologiche e geologico strutturali che determinano un assetto geomorfologico particolarmente “attivo”; tali caratteristiche, anche in relazione al regime climatico della regione, determinano un’elevata predisposizione allo sviluppo di fenomeni franosi di diversa tipologia.

The lithological and structural features of Piemonte are responsible for its particularly “active” geomorphological nature. This fact, together with the regional climate, determines a high predisposition to the development of different landslides.

Le conoscenze acquisite in questi anni, sia attraverso i rilievi condotti nell’attività ordinaria, sia nell’ambito di progetti di ricerca, sono state inizialmente oggetto di un importante approfondimento grazie al Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), promosso dalla Regione e finanziato dall’ISPRA (ex APAT) e che trova la sua naturale continuazione nell’attuale sistema informativo dei fenomeni franosi di Arpa Piemonte (SIFraP) (Fig. 4.4).

Information acquired in the last years, both through ordinary activity and through specific research projects, have been updated and extended thanks to the IFFI Project (Landslides Inventory of Italy), coordinated and funded by ISPRA (ex APAT) and currently by using the Landslides Information System of Arpa Piemonte (SIFraP) (Fig. 4.4).

Dalla fase di riconoscimento e classificazione dei fenomeni franosi sul territorio (inventario), si è passati alla fase di valutazione della loro pericolosità, intendendo con questo termine la probabilità che questi si

From the phase of recognition and classification of each landslide (inventory), a step further has been taken with the implementation of hazard assessment, that is the evaluation of the probability that a certain phenomenon can occur in a certain area, with a certain intensity and during a specific period.

verifichino in una certa area e in un certo periodo di tempo.

Nell'ambito del Progetto CARG (Programma Nazionale di Cartografia Geologica e Geotematica alla scala 1:50.000) è stata allestita la Carta della Pericolosità Geologica per instabilità dei versanti (Foglio n. 211 Dego), relativa alle due tipologie di fenomeni caratteristiche di quest'area: frane per scivolamento planare e frane della coltre superficiale.

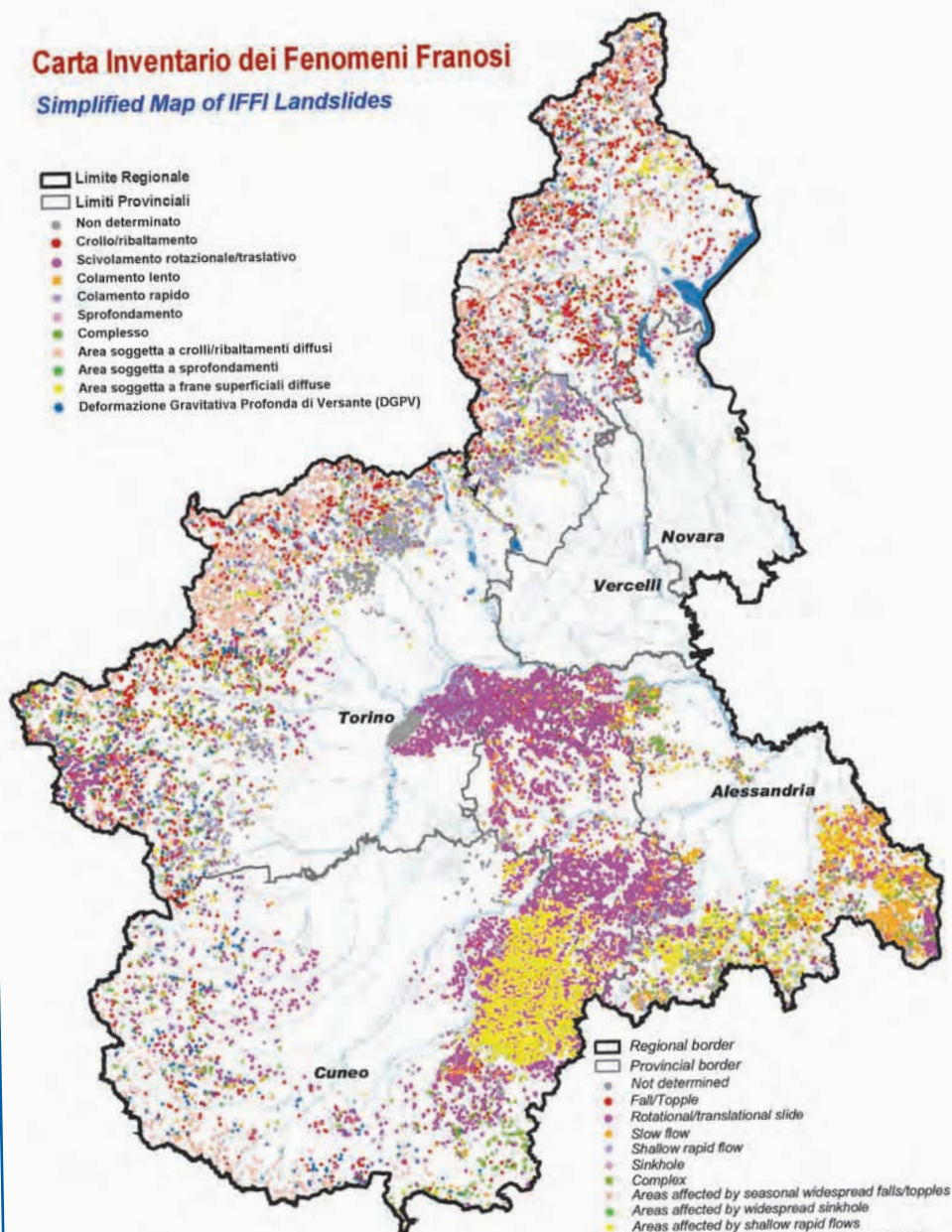
Ulteriori passi sono stati compiuti con la partecipazione ai progetti Europei, a partire dai primi INTERREG Italia-Francia, al progetto IMIRILAND (Impact of Large Landslide in Mountain Environment: Identification and Mitigation of Risk) del V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, in cui viene predisposta una metodologia multidisciplinare finalizzata alla valutazione quantitativa del rischio legato ai grandi fenomeni gravitativi (Fig. 4.5); ed attualmente attraverso la partecipazione ai Programmi di Cooperazione Territoriale tra gli Stati dell'Unione Europea (Alpine Space 2007 - 2013 si veda il progetto Adaptalp: www.adaptalp.org) e ai progetti italo-francesi ALCOTRA (Alpi Latine Cooperazione Transfrontaliera 2007-2013; si veda il progetto RISK NAT: www.risknat-alcotra.org; e il progetto MASSA: <http://massa.geoazur.eu>).

Within the CARG project (Geologic Cartography of Italy at scale 1:50,000), the Landslide Hazard Map - sheet no. 211 Dego has been produced, concerning the more frequent landslide typologies of the studied area, that is, rock block slides and shallow rapid landslides.

In this respect, another step further has been the participation of the Department of Geology as a Geological Instability as partner in several European programmes; starting from first INTERREG Italy-France projects, to the IMIRILAND Project (Impact of Large Landslides in Mountain Environment: Identification and Mitigation of Risk) within the 5th Framework Programme of RTD, in which a multidisciplinary methodology for hazard and risk assessment of large landslides is carried out (Fig. 4.5); and currently as partner in the European Territorial Cooperation Programs (Alpine Space 2007 - 2013 see you Adaptalp project: www.adaptalp.org) and Cross-Border Cooperation in the Latin Alps (ALCOTRA 2007-2013; see you RISK NAT: www.risknat-alcotra.org; and MASSA projects: <http://massa.geoazur.eu>).

Carta Inventario dei Fenomeni Franosi

Simplified Map of IFFI Landslides



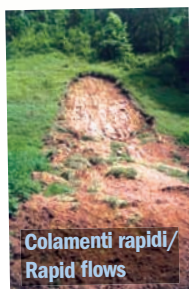
<http://gisweb.arpa.piemonte.it/arpagis/index.htm>

Crolli e ribaltamenti/ Rockfalls and Topples



Generati da pareti o ammassi rocciosi; i blocchi si muovono prevalentemente nell'aria, per caduta libera, con salti, rimbalzi e rotolamento, frantumandosi; il movimento è estremamente rapido. Spesso si riconoscono ai bordi delle deformazioni gravitativo profonde di versante.

Very common in the alpine environment, in rock units; movement (falling, toppling and rolling) is very rapid. Often these landslides border the middle-lower parts of deep seated gravitational deformations.



Fenomeni di piccole dimensioni che coinvolgono i terreni sciolti di copertura, su versanti caratterizzati da pendenze medio-elevate; si innescano a seguito di precipitazioni intense.

Involve thin colluvium and are triggered by severe meteorological events. Despite their modest volume, these landslides are very dangerous due to their velocities.

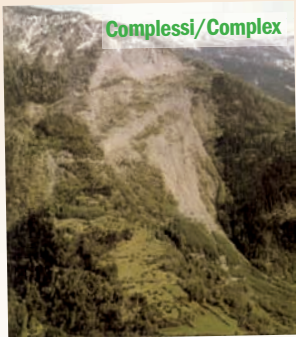
Colamenti rapidi/ Rapid flows



Scivolamenti traslazionali/translational slides

Movimento lungo una o più superfici curve (rotazionali) o planari (traslativi). I rotazionali sono diffusi nelle Prealpi, nella Collina di Torino e in ambiente appenninico, mentre i traslativi sono caratteristici delle Langhe.

Complessi/Complex



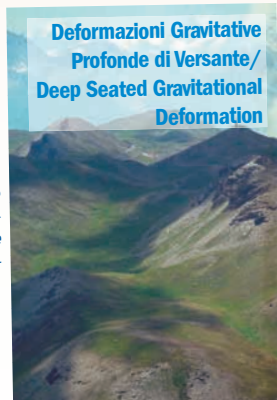
Deformazioni lente e continue nell'ammasso roccioso su estese e profonde porzioni di versante. Presenti in tutte le principali unità dell'arco alpino occidentale, si sviluppano prevalentemente nelle rocce scistose metamorfiche con importanti discontinuità litologiche e strutturali.

All the main rock units of Western Alps are involved, with a higher frequency in metamorphic schistose rock units. The upper part of the slope exhibits a clear dislocation, with ridge-top trenches and elongated depressions.

Generati dalla combinazione di 2 o più tipologie di movimento. Bassa probabilità di evoluzione in senso catastrofico ma con forte impatto diretto ed indiretto su ambiente ed infrastrutture. Egualmente distribuiti in ambiente alpino ed appenninico.

They are characterised by 2 or more types of movement. Low probability of evolving as catastrophic event, but can have severe consequences. Equally distributed in the Alps and Apennines.

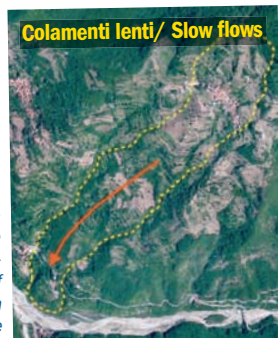
Deformazioni Gravitative Profonde di Versante/ Deep Seated Gravitational Deformation



Si manifestano diffusamente soprattutto in materiali prevalentemente argillosi, sabbiosi, fini. Le velocità, in genere modeste ma talora con alternanze di accelerazioni e netti rallentamenti, sono distribuite nella massa dislocata in modo paragonabile ai fluidi viscosi. L'attività può persistere per lunghi periodi con danni a costruzioni e strade.

Clayey materials with high plasticity are involved. The distribution of low velocities in the displaced mass are similar to a viscous liquid. These landslides can alternate period of acceleration and stoppage. Flows can remain active over very long periods, causing damage to property and roads.

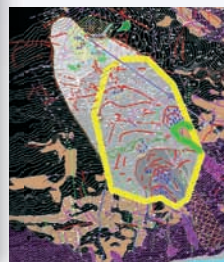
Colamenti lenti/Slow flows



Movements occur on planar or rotational rupture surface, or in thin shear zones. Rotational slides are generally frequent in the Prealps and Apennine/Turin Hills, while translational slides are typical in the Langhe region.



Figura 4.5



Previsione dei processi di modellamento naturale significa dare una risposta alle seguenti domande: cosa può succedere? Dove? Quando? Per quali cause e con quale evoluzione? Con quali conseguenze?

The forecast phase aims at answering the following questions: which process can occur? Where? When? Why and with which consequences? How can it evolve?

Nella previsione si ricorre a modelli semplificati dei processi e delle loro leggi. Simplified models of the processes and of their rules are employed in the forecast phase.

Attività fluviale e torrentizia

Lo studio dei numerosi eventi alluvionali che hanno interessato negli anni il Piemonte ha evidenziato come la presenza di insediamenti in aree di pertinenza fluvio-torrentizia, non solo accresce gli effetti e i danni sul territorio, ma fa sì che le Amministrazioni locali ne richiedano la protezione. Ma in molti casi le opere di protezione richieste (ad es. difese spondali, inalveamenti artificiali, rettificazioni d'alveo, ecc.) tendono a ridurre le fasce di divagazione dei corsi d'acqua, costringendoli

Fluvial and torrential processes

The analysis of the alluvial events that have affected Piemonte over time has highlighted that the presence of settlements along the watercourses increases the effects and damages of recurring floods. Moreover, it compels local authorities to implement protection measures (such as embankments, artificial channelling or rectifications of the river bed) which strongly reduce the areas normally involved in the

lungo percorsi che non sempre corrispondono alle “naturali tendenze evolutive”.

I maggiori corsi d'acqua che solcano l'alta pianura padana ed i principali fondivalle alpini manifestano la loro attività in due ambienti distinti: il letto del corso d'acqua o alveo e la piana alluvionale in cui esso scorre.

Nel letto, che corrisponde al canale di deflusso principale, o all'insieme di canali ordinariamente attivi, si esplicano i processi idrodinamici più importanti (legati ai deflussi, più o meno veloci, delle acque), quali erosioni, trasporto e deposizione di materiale. La piana alluvionale, in genere sopraelevata rispetto al letto e da questo separata da uno o più ordini di sponde, è sede di fenomeni di esondazione ed alluvionamento durante le piene più importanti; nella piana si possono riconoscere forme fluviali relitte e forme soggette a riattivazioni più o meno frequenti (Fig. 4.6).

In quest'area i processi sono spesso condizionati, oltre che dalla presenza di vecchie forme legate a piene passate, anche dagli interventi antropici realizzati.

fluvial processes and interfere with the natural evolution of the watercourse.

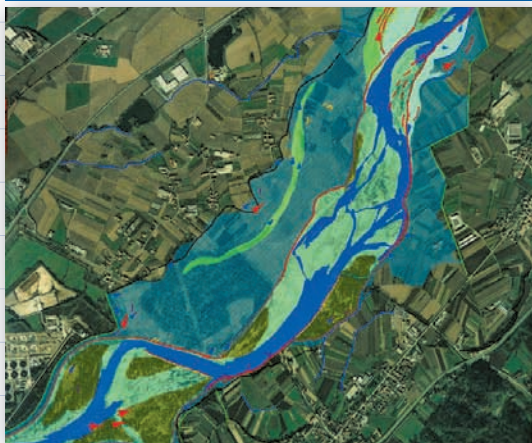
On the upper Po Plain and on the main alpine valley floors, peak flows run into two different morphological environments: riverbed and floodplain.

The former, corresponding to the main channel, is the area occupied by water in ordinary and peak flow conditions and where the most violent hydrodynamic processes occur, such as erosion, material transportation and deposition.

Floodplain, generally located at a higher level than the riverbed and separated from it by one or more orders of riverbanks, is the site of flooding caused by peak flows, which occur at a frequency varying from decades to centuries (Fig. 4.6).

In this area, runoff is conditioned by abandoned or re-activable morphologies from previous floods and by manmade structures.

Figura 4.6



Fiume Po a valle di Torino con delimitazione delle aree inondate e individuazione delle vecchie forme fluviali riattivate nell'ottobre 2000

Po River: flooded areas delimitation and evidence of ancient morphologies re-activated during October 2000 event

La rete idrografica secondaria, costituita dall'insieme di corsi d'acqua minori è caratterizzata, in regime di forti precipitazioni, dallo sviluppo di fenomeni di violenta attività torrentizia che si manifesta come elevata capacità di trasporto solido ed intensi processi erosivi e deposizionali.

The secondary hydrographic network, represented by all minor watercourses in alpine and hilly regions, is characterized by violent torrential processes during heavy rainfall episodes, which cause high transport of sediments or mud/debris flows, or intense erosions along the steep channels.

I problemi maggiori si verificano sui conoidi, apparati posti allo sbocco di valli ripide e incassate, a caratteristica forma di ventaglio e superficie convessa più o meno pronunciata, in cui materiali alluvionali trasportati durante la piena vengono violentemente scaricati e depositati. I conoidi offrono da sempre favorevoli condizioni morfologiche allo sviluppo di insedia-

The major problems concern alluvial fans, which are typical fan-shaped morphologies with a convex surface located at the bottom of steep and sunken catchments, where debris or alluvial materials, transported during peak flow events, are suddenly and violently abandoned. These

menti, con conseguenti modificazioni anche accentuate dell'andamento e dimensionamento dell'alveo per ragioni logistiche e di difesa (Fig. 4.7).

areas have always offered favourable conditions to human settlements, but with heavy modifications of the natural channel for protection or logistic reasons (Fig. 4.7).

Figura 4.7



Apparato di conoide del Rio San Sebastiano, Bersezio (CN) e attraversamento dell'abitato di Aisone (CN) da parte dell'omonimo rio



Alluvial fan of San Sebastiano Stream, in Bersezio (CN) and man-made crossing of Aisone Stream (CN)

A partire dal 2006 le analisi condotte dal Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto hanno prodotto, per il settore alpino piemontese, un inventario dei conoidi alluvionali in cui sono stati cartografati e morfologicamente classificati circa 2.500 conoidi alluvionali (consultabile su http://webgis.arpa.piemonte.it/elenco_servizi/index.html).

Since 2006 the Department of Geology and Geological Instability has produced a alluvial fans inventory of the Piemonte Alps, where are mapped and classified about 2,500 alluvial fans (see http://webgis.arpa.piemonte.it/elenco_servizi/index.html).

Il quadro conoscitivo disponibile

Dalla Banca Dati Geologica...

Nel 1984 viene avviato, in collaborazione con il CNR-IRPI di Torino, il progetto Banca Dati Geologica, che nel 1990 vede la pubblicazione di un primo quadro regionale dei processi di instabilità naturale (cartografie 1:100.000 con distribuzione delle frane, aree inondate ed inondabili, caratteristiche lito-tecniche e strutturali, ecc.).

A partire dal 1993, sono state realizzate numerose altre cartografie tematiche (1:10.000 - 1:5.000), riferite ai processi, agli effetti morfologici e ai danni indotti dai principali eventi meteorologici che hanno colpito il territorio regionale (Fig. 4.8).

Available knowledge

From Geological Data Bank...

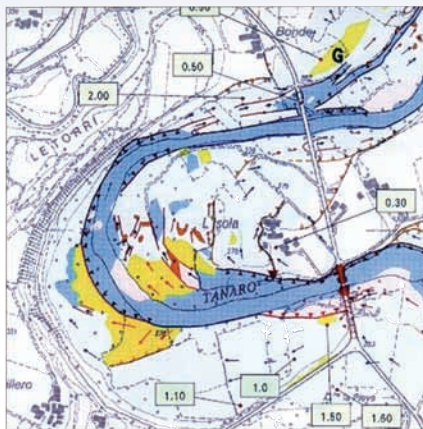
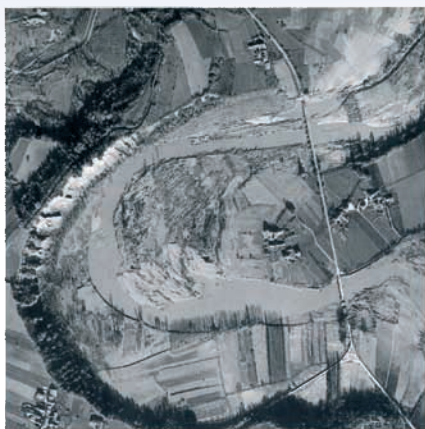
The Geological Data Bank Project started in 1984, with the partnership of the idrogeological department of the National Council for Research, Turin section. In 1990 a first set of numerical maps at scale 1:100,000 were published, providing a first outline about the regional instability processes (landslides, fluvial and torrential characteristics, flooded and floodable areas, lithological units, etc.).

Since 1993 other numerical maps (1:10,000-1:5,000) were produced, concerning the main types of alluvial events of the last years (Fig. 4.8).

Novembre 1994: effetti della piena del F. Tanaro e relativa rappresentazione cartografica

November 1994 flood of the Tanaro River: flood effects on aerial photos and its cartographic drawing

Figura 4.8



...al Sistema Informativo Geologico

Successivamente gli archivi cartografici e alfanumerici (schede e tabelle) sono stati riorganizzati come Sistemi Informativi Territoriali (o G.I.S. – Geographic Information System) nel Sistema Informativo Geologico-SIGeo, ed ulteriormente arricchiti attraverso progetti e rilevamenti specifici.

Attualmente le principali componenti sono rappresentate dai sottosistemi: Fonti e Documentazione, Geologia, Geotecnica e Meccanica delle Rocce, Processi ed Effetti, Monitoraggio Fenomeni Franosi e Idrogeologia.

Sottosistema Fonti e Documentazione: raccoglie le informazioni relative a studi di carattere geologico-morfologico e geologico-tecnico che riguardano il territorio regionale: pubblicazioni scientifiche, studi per grandi opere, piani di bacino, fotografie aeree, articoli di giornale, ecc., utili nella caratterizzazione e conoscenza geologica e nell'analisi dei processi di instabilità. In quest'ottica risulta perciò trasversale rispetto agli altri sottosistemi.

Sottosistema Geologia: punto di partenza nello studio dell'ambiente fisico è la conoscenza delle caratteristiche geologiche del

...to Geological Information System

Afterwards, the cartographic and alphanumeric archives (tables and forms) were transformed into thematic layers of the Geological Information System-SIGeo, and further extended and deepened through specific researches.

At present the main components are: Sources and Documentation, Geology, Geotechnics and Rock-Mechanics, Processes and Effects, Landslide Monitoring and Hydrogeology.

Sources and documentation subsystem: collects information about geological and geomorphological studies (scientific publications and articles, technical reports, aerial photographs, newspaper articles, etc.), useful for the analysis and characterisation of the natural instability processes. So it is “transversal” and linked to all other subsystems.

Geology subsystem: the first step in the study and analysis of the physical environment is the knowledge of geological features (lithological composition and stratigraphic and structural characterisation), which are represented through

territorio, rappresentate attraverso cartografie a diverse scale a seconda del dettaglio richiesto (Fig. 4.9).

maps at different scales and detailed levels, according to different aims and demands (Fig. 4.9).

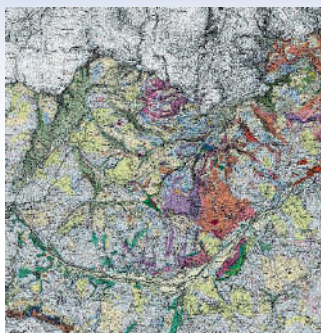
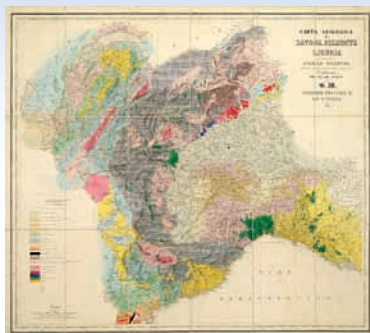


Figura 4.9

“Carta Geologica di Savoia, Piemonte e Liguria” di Angelo Sismonda (1862) e stralcio della “Carta geologica 1:50.000 - Bardonecchia” (2002)

Geological map 1:500,000 of Savoia, Piemonte and Liguria by A. Sismonda (1862) and the recent geological map 1:50,000 (sheet n. 153 Bardonecchia) of CARG Project (2002)

La prima cartografia ufficiale nazionale sulla geologia dell'intero territorio piemontese va individuata nei fogli alla scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia, avviata per il Piemonte alla fine dell'Ottocento e per alcuni fogli giunta ad una seconda edizione negli anni Settanta.

Successivamente, le conoscenze geologiche e geologico-strutturali del territorio piemontese sono state approfondite con la partecipazione al Programma Nazionale di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 - Progetto CARG, finanziato e coordinato a scala nazionale dall'ISPRA (ex APAT): le attività, iniziate nel 1994, proseguono tuttora attra-

The first official cartography of Piemonte at scale 1:100,000 belongs to the Geological Map of Italy. The first edition was published at the end of the nineteenth century and the second edition, for some sheets, was published in the seventies.

Afterward, the geological knowledge of Piemonte has been deepened through the Geological Cartography National Programme at scale 1:50,000 (CARG) promoted and funded by ISPRA (ex APAT). These activities, begun in 1994, are still ongoing with the technical and scientific collaboration with Universities and Research Centres.

verso collaborazioni tecnico-scientifiche con Istituti di Ricerca e Università.

Ad oggi risultano pubblicati sei fogli (Susa, Bardonecchia, Torino Ovest, Torino Est, Dego e Trino) e altri tre sono in corso di completamento (Cabella Ligure, Acqui Terme e Cesana Torinese). E' attualmente in corso, la realizzazione della "Carta Geologica del Piemonte alla scala 1:250.000", un documento di sintesi a scala regionale che comprenderà gli elementi di novità scientifica emersi dal progetto CARG e nel contempo consentirà un aggiornamento della cartografia geologica per quelle aree in cui la carta geologica d'Italia ufficiale risale a più di un secolo fa.

Sottosistema Geotecnica: strettamente collegato alla geologia, raccoglie le informazioni sulla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce (prove in sito e in laboratorio) e degli ammassi rocciosi (rilievi geo-strutturali), rivestendo così una notevole importanza in campo soprattutto applicativo.

Sottosistema Processi ed Effetti: raccoglie le informazioni sui processi di versante, fluviali e torrentizi che interessano, o hanno interessato, il territorio piemontese, indicandone la tipologia, gli effetti e i danni indotti.

To date six sheets have been published (Susa, Bardonecchia, Torino Ovest, Torino Est, Dego and Trino) and three are being finalized (Cabella Ligure, Acqui Terme and Cesana Torinese).

It is in progress the realization of the "Geological map of the Piemonte at a scale of 1:250,000" based on the re-elaboration of the new scientific geological data derived from the Italian 1:50,000 geological cartography project (CARG), and that will allow an update of the national geological cartography of Italy more old than a century ago.

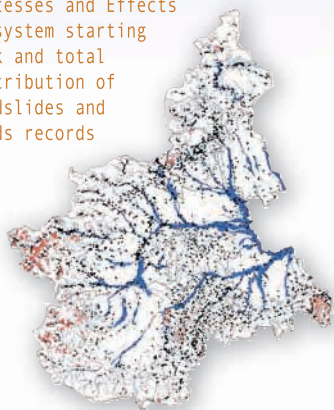
Geotechnical Subsystem: it is strictly related to the geological Subsystem and collects data on the physical-mechanical characterisation of rocks and terrains (in situ and laboratory tests, geostructural surveys), holding an important role mainly for applied geology and engineering studies.

Processes and Effects Subsystem: manages information on the slope, fluvial and torrential processes which involve or have involved Piemonte, specifying their typologies, effects and related damages.

Figura 4.10

Schermata iniziale dell'Applicativo Processi Effetti e quadro totale delle segnalazioni di dissesto in Piemonte

Processes and Effects subsystem starting mask and total distribution of landslides and floods records



I dati sono tratti sia da fonti specialistiche, quali pubblicazioni scientifiche e perizie tecniche o documentazione d'archivio, sia dal rilevamento e osservazione diretta dei processi in atto. Gli archivi contengono oltre 30.000 singole segnalazioni (Fig. 4.10).

Information is retrieved both from technical-scientific publications or internal reports and from field mapping. The archives comprise more than 30,000 single records (Fig. 4.10).

Sottosistema Idrogeologia: raccoglie informazioni sull'andamento degli acquiferi superficiali valutandone l'evoluzione nel tempo.

Hydrogeology Subsystem: collect information in order to measure aquifer state and trends.

Sottosistema Monitoraggio Fenomeni Franos: Arpa Piemonte gestisce la Rete Regionale di Controllo dei Movimenti Franos (RERCOMF - circa 300 siti) che, attraverso appositi strumenti di misura, effettua un monitoraggio sui singoli

Landslide Monitoring Subsystem: Arpa Piemonte is responsible for the management of the regional landslide monitoring network (RERCOMF). About 300 selected sites, where houses and important infrastructures are threatened, are

corpi di frana, valutandone l'evoluzione nel tempo (Fig. 4.11).

A partire dal 2006 Arpa Piemonte ha finanziato una ricerca innovativa che ha comportato l'acquisizione e l'analisi, per l'intero territorio regionale, di dati interferometrici ottenuti tramite la tecnica dei Permanent Scatterers (PS-InSAR, tecnica brevettata dalla società TREuropa) mediante l'elaborazione delle immagini acquisite dai satelliti ERS1 ed ERS2, per gli anni 1992-2001 e dal satellite RADARSAT, per gli anni 2003-2009.

La tecnica (PS-InSAR) è particolarmente idonea ad identificare e analizzare le deformazioni del terreno ad evoluzione lenta e quindi offre un

equipped with specific and sophisticated monitoring systems (Fig. 4.11).

Since 2006 Arpa Piemonte supported a innovative research activity with the aim to detected millimetric ground movement using satellite platforms over the entire Piemonte region.

Permanent Scatterers Synthetic Aperture Radar Interferometry (PS-InSAR marketed by TREuropa company) technique is used to process images acquired by ERS-1 and ERS-2 satellites spanning the period from 1992 to 2001, and Radarsat satellite, spanning the period from 2003 to 2009, in

Distribuzione regionale dei siti monitorati e loro crescita numerica nel tempo
Regional distribution of monitored sites and their numerical increase in these last years

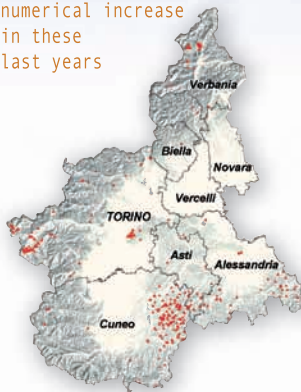
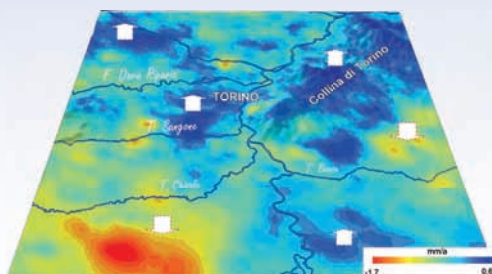


Figura 4.11



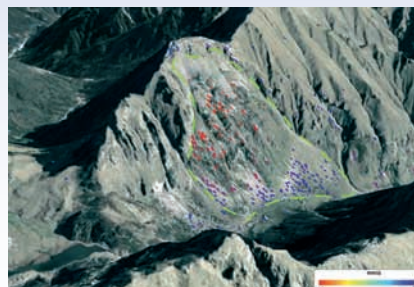
Figura 4.12



Carta "isocinematica" del settore Collina di Torino e delle aree adiacenti, ottenuta dall'analisi geostatistica di dati PS-InSAR. La carta descrive le deformazione del terreno in millimetri all'anno. In rosso sono rappresentate le aree in "abbassamento" in blu quelle in "sollevamento"

Isokinematic-map obtained from geo-statistical analysis of the PS-InSAR data, shows the millimetric ground deformation of the sectors of the Torino Hill and of the adjoining areas.

Red and blue colors represent the "uplifting" and "subsiding" areas



Deformazione gravitativa profonda di versante di Alpe Baranca (linea tratteggiata verde). I PS-InSAR evidenziano porzioni di versante a differente velocità di deformazione. La scala di colori mostra le differenti velocità di deformazione misurate

Deep-seated gravitational slope deformation of Alpe Baranca (dotted green line). Different mass surface displacement detected by PS-InSAR are shown. The amount of deformation is expressed by colour bar of the velocity

importante mezzo di analisi nello studio delle deformazioni superficiali quali: subsidenze, fenomeni franosi, tettonica attiva e sismicità ecc. (Fig. 4.12).

order to detect, measure and monitor geophysical phenomena such as: subsidence, landslides, tectonic activity and seismicity etc. (Fig. 4.12).

Rappresentazione e diffusione delle informazioni – I servizi WebGIS

Representation and dissemination of information – WebGIS services

Grazie alle tecniche informatiche oggi è relativamente semplice e veloce acquisire ed organizzare informazioni sia descrittive (imma-

Today, information technology makes it easy to acquire and process descriptive information (images, text and figures) as

gini, testi e parametri numerici), sia geometriche e geografiche, facilitando l'elaborazione e l'analisi spazio-temporale per determinate tematiche, come pure "modellare" realtà e fenomeni naturali complessi.

Due sono le principali definizioni di GIS (Geographic Information System):

- a) strumento informatico o tecnologia per la gestione di dati geografici,
- b) sistema-disciplina, e quindi insieme di strumenti, metodi e competenze che interagiscono per creare e gestire informazioni georiferite, utili come supporto alle decisioni.

Le tecniche GIS sono strumenti basati sul concetto di sovrapposizione ed analisi di più livelli informativi, al fine di produrre nuove conoscenze o elaborati di sintesi.

Oltre che per la raccolta, l'organizzazione e l'elaborazione delle informazioni, le nuove tecnologie, con lo sviluppo di Internet e delle applicazioni associate, hanno modificato profondamente anche le modalità di diffusione: per la consultazione e visualizzazione delle elaborazioni prodotte sempre più si ricorre alle tecnologie WebGIS, che introduco-

well as geometric and geographic information, making also simpler space-time analysis and "modelling" of complex natural phenomena.

The Geographic Information System or GIS can be defined as follows:

- a) computer tool to manage geographical data;
- b) a combination of interacting tools, methods and competences to create and manage geographical information to support decisional processes.

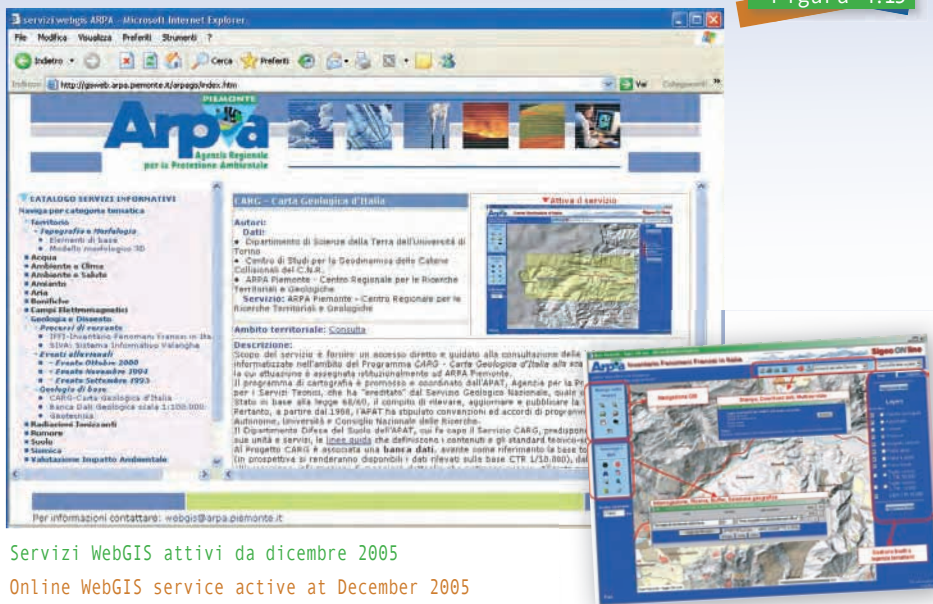
Thus, the GIS techniques allows spatial analysis based on multilevel information in order to produce new knowledge or synthesis maps.

The Internet and new IT tools have deeply changed the data dissemination process both in terms of output and channels. WebGIS services represent a new philosophy for the presentation and delivery of information (Fig. 4.13).

Through the Web users can:

- search, visualize and download the same information at the same time;
- print synthesis maps;
- access to the metadata – set of in-

Figura 4.13



Servizi WebGIS attivi da dicembre 2005

Online WebGIS service active at December 2005

no una nuova filosofia nella presentazione, e spesso anche nella consultazione e fruizione dei dati (Fig. 4.13).

formation detailing quality and proper use of available data.

Più utenti attraverso il Web possono:

- visualizzare e consultare le medesime informazioni nello stesso momento;
- stampare cartogrammi di sintesi;
- consultare la Metadocumentazione informazioni sul materiale reso disponibile per un corretto utilizzo dei dati forniti.

New themes are being added to this catalogue, such as biodiversity, radiations, acoustic pollution, nature preservation, Environmental Impact Assessment.

It is worth to mention the PermaNET project (Permafrost Long-term Monitoring Network; Alpine Space 2007-2013) with the aim to make an important contribution to the mitigation of natural hazards that result from climate change

tematiche ambientali trattate da Arpa Piemonte, come ad esempio la biodiversità, le radiazioni, l'inquinamento acustico, la conservazione della natura.

Infine si ricorda la partecipazione al Progetto PermaNet (Permafrost long-term monitoring Network; Progetto Alpine Space 2007-2013) che mira a prevenire i rischi naturali che derivano dagli impatti del cambiamento climatico sul permafrost. Ciò attraverso la creazione di una larga rete di monitoraggio su tutta la catena alpina e allo sviluppo di una strategia comune per affrontare i rischi legati al permafrost (Fig. 4.14).

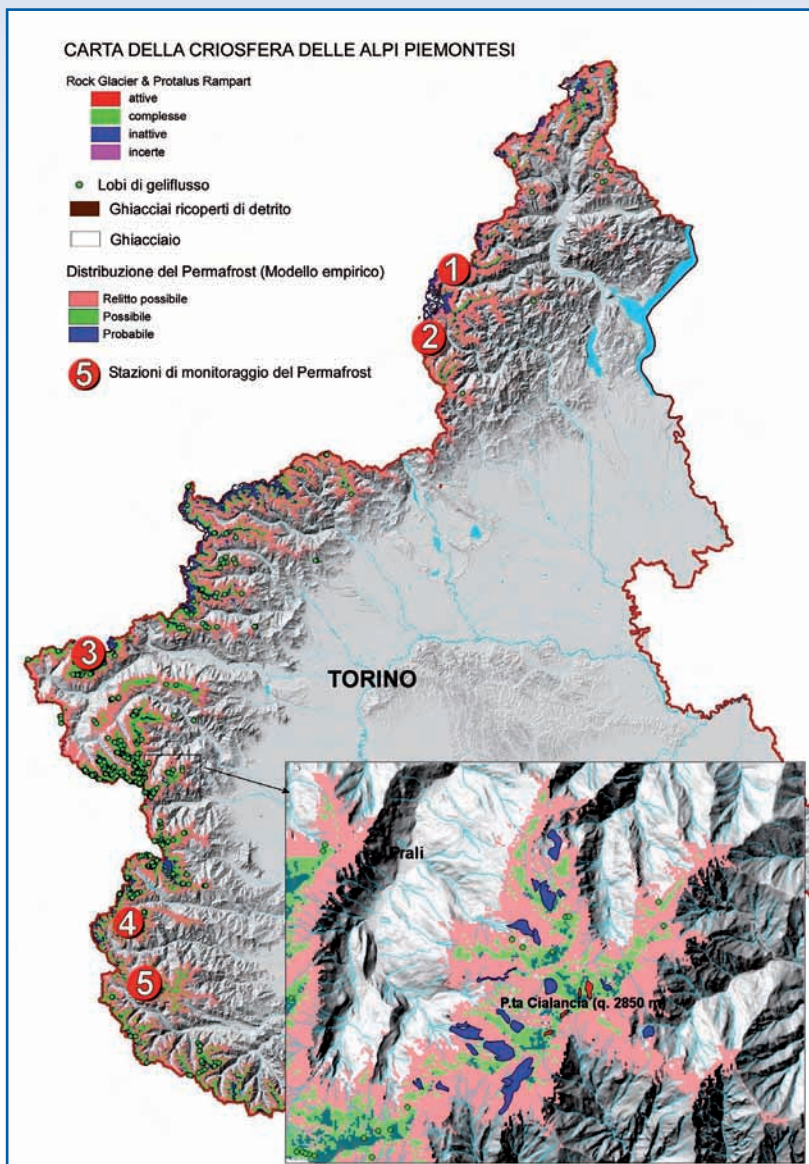
In questo ambito Arpa Piemonte ha installato, con la collaborazione dell'Università dell'Insubria, una rete di monitoraggio diretto del permafrost, le cui stazioni sono poste al:

1) Passo Monte Moro (Macugnaga, VB, quota 2.870 m, pozzo da 30 m), 2) Passo dei Salati - Corno dei Camosci (Alagna Valsesia, VC, quota 3.010 m foro da 30 m), 3) Passo dei Salati - Istituto Mosso (Alagna Valsesia, VC, quota 2.890 m foro da 5 m), 4) Colle del Sommeiller (Bardonecchia, TO, quota 2.985 m, fori da 5, 30 e 100 m), 5) La Colletta (Bellino, CN, quota 2.840 m, foro da 30 m) e 6) Passo della Gardetta (Canosio, CN, 2.490 m, foro da 30).

impacts on alpine permafrost (Fig. 4.14). Through the creation of an alpine-wide monitoring network and by developing a common strategy for dealing with permafrost related hazards.

In this respect, a monitoring network has recently been installed on Piemonte Alps by Arpa Piemonte with the contribution of Insubria University; sited on:

1) Monte Moro Pass (Macugnaga, VB, borehole of 30 m deep), 2870 m a.s.l.; 2) Mosso Institute - Salati Pass (Alagna Valsesia, VC, boreholes of 5 and 30 m deep), 3010 m a.s.l.; 3) Sommeiller Pass (Bardonecchia, TO, boreholes of 5, 10 and 100 m deep), 2985 m a.s.l.; 4) La Colletta Pass (Bellino, CN, borehole of 30 m deep), 2840 m a.s.l.; 5) Gardetta pass (Canosio, CN, borehole of 30 m deep), 2490 m a.s.l..



Il tempo geologico

La Terra è nata alle 9.00 del mattino del 26 ottobre 4004 a.C. Nel XVII secolo ne erano convinti. Tuttavia gli studi dei secoli successivi hanno dimostrato che il nostro pianeta è assai più vecchio. Infatti lo studio delle rocce fornisce per la Terra un'età minima di **4,6 miliardi di anni**. È difficile immaginare la vastità di questo intervallo di tempo, detto appunto "tempo geologico", in rapporto alla vita di un essere umano.

La nostra vita è troppo breve per osservare la nascita di una catena montuosa, la chiusura di un oceano o l'erosione di una montagna (processi che impiegano milioni o decine di milioni di anni), anche se fenomeni più rapidi, come terremoti ed eruzioni vulcaniche, ci ricordano che abitiamo un pianeta "vivo".

I primi studiosi che nel XVIII e XIX secolo elaborarono le idee sul tempo geologico, basavano le loro ipotesi osservando la successione degli strati sedimentari ed i fossili in essi contenuti. Tali studiosi utilizzarono la stratificazione per suddividere il tempo geologico in intervalli, stabilendo una cronologia relativa. Ciò significa che era possibile stabilire che un evento geologico era avvenuto prima di un altro ma non si era in grado di dire quanti anni fa era successo. Oggi, grazie agli studi sulla radioattività naturale, è possibile attribuire un'età precisa alle rocce e costruire **la scala assoluta del tempo geologico**.

Geological time

The Earth was born on October 26 th, 4004 B.C. at 9.00 am. In the XVIIth century everybody believed it. But the studies that followed in the centuries proved that our planet is much older. From rock dating we came to learn that the Earth is at least **4.6 billion years old**. It is difficult to imagine such a huge time span, called "geological time", compared to the life of a human being. Our lives are too short

to observe the birth and death of a mountain chain (a process that takes million or tens of million years). But more rapid events, such as earthquakes and volcanic eruptions, remind us that we live on a planet that is "alive". The studies carried out in

the XVIIth and XIXth centuries about geological time were based on the observation of the rocks sedimentary layers and fossils. These studies divided geological time into intervals on the basis of rocks layering, deriving from it a relative chronology. This means that it was possible to establish whether an event occurred before another but not the date of its occurrence. Today, thanks to the studies on natural radiation, it is possible to give rocks their exact age and to build the **absolute geological timescale**.



Scala dei tempi geologici/ Geological time

Era	Periodo	Epoca	Milioni di anni fa	Eventi significativi
Era	Period	Epoch	Million years ago	Main events
Quaternaria Quaternary		Olocene Holocene	0,02	Ultima fase glaciale Latest ice phase
		Pleistocene Pleistocene	2	Grandi glaciazioni, compare l'uomo Ice Age, hominids appear
Cenozoica o Terziaria Cenozoic or Tertiary	Neogene Neogene	Pliocene Pliocene	7	Il mare occupa la Pianura Padana The sea occupies the Po plain
		Miocene Miocene	26	Apertura del Mar Tirreno e formazione degli Appennini Tyrrhenian Sea and Apennines formation
	Paleogene Paleogene	Oligocene Oligocene	37	Rotazione del blocco sardo - corso Corsica - Sardinia rotation
		Eocene Eocene	53	Formazione delle Alpi Alps formation
		Paleocene Paleocene	65	Grande estinzione di massa, chiusura della Tetide Mass extinction, closure of the Tethys
Mesozoica o Secondaria Mesozoic	Cretaceo Cretacic		140	Fine espansione della Tetide Inizio del declino dei dinosauri Maximum of Tethys Sea, dinosaurs decline
	Giurassico Jurassic		200	Compaiono gli uccelli ed i primi mammiferi Birds and small mammals appear
	Triassico Triassic		240	Inizio deriva dei paleocontinenti Laurasia e Gondwana, compaiono i primi dinosauri Laurasia and Gondwana formation, first dinosaurs appear
Paleozoica o Primaria Paleozoic	Permiano Permian		280	Pangea Pangea
	Carbonifero Carbonifer		350	Primi rettili First reptiles
	Devoniano Devonian		395	Compaiono le piante terrestri e gli anfibi First land plants, first amphibians
	Siluriano Silurian		430	Compaiono i pesci First fishes
	Ordoviciano Ordovician		500	Compaiono gli squali First sharks
	Cambriano Cambrian		570	Grande diffusione degli invertebrati Invertebrate diffusion
Archeozoica Archeozoic	Proterozoico Archeano Proterozoic Archean		4.180	Compaiono le prime cellule con nucleo Oldest life forms (Algae, Bacteria)





Dipartimento Tematico di Geologia e Dissesto
Via Pio VII, 9 - 10135 Torino - Italia
Tel. +39 011 19681620 - Fax +39 011 19681621

geologia.dissesto@arpa.piemonte.it
www.arpa.piemonte.it

