

6 – SONDAGGI

La Regione Lombardia ha provveduto, per una migliore comprensione dei dati di sottosuolo e per una taratura locale dei dati, alla realizzazione di quattro sondaggi a carotaggio continuo. Ciascun sondaggio, della profondità di circa 200 m e ubicato in località opportunamente selezionate, è stato poi studiato in dettaglio da vari specialisti.

I sondaggi realizzati sono:

<i>Ghedi RL 1</i> (BS)	coord.: 1599830 - 5033719	pc: 109 m
<i>Pianengo RL 2</i> (CR)	coord.: 1554996 - 5027329	pc: 83 m
<i>Cilavegna RL 3</i> (PV)	coord.: 1479211 - 5018136	pc: 115 m
<i>Agrate RL 4</i> (MI)	coord.: 1527893 - 5045219	pc: 155 m

Il nome del sondaggio è costituito dal toponimo del centro più vicino, dalla sigla RL (Regione Lombardia) e da un numero progressivo. La posizione è espressa in coordinate chilometriche nel sistema di riferimento Gauss-Boaga.

6.1 – STRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA

I sondaggi sono stati eseguiti a carotaggio continuo con il metodo "wireline". La metodologia utilizzata ha dato risultati eccellenti nelle litologie sabbiose, fangose (limi e argille) e ad alternanze sabbia-fango, con carote sostanzialmente indisturbate e percentuali di recupero molto elevate, spesso pari al 100%, e mediamente superiori al 85 - 90%. Il metodo di perforazione si è invece rivelato meno adatto alle ghiaie. In queste litologie le carote risultano più frequentemente disturbate, con percentuali di recupero in alcuni intervalli inferiori al 50%.

Nei quattro sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati (con carotiere Osterberg, in avanzamento) per la caratterizzazione geotecnica dei principali orizzonti di ritenuta; inoltre sono state eseguite prove geofisiche in foro (log della radioattività naturale gamma-ray, log sismico "down-hole", sonic log).

I quattro sondaggi sono stati descritti strato a strato, in scala 1:20 su bollettini di descrizione sedimentologica Eni Divisione Agip.

La descrizione sedimentologica ha interessato tutti i caratteri macroscopici delle carote:

- *litologia e tessitura* (composizione mineralogica, colore, granulometria, arrotondamento, selezione, analisi della eventuale matrice, presenza di materia organica, alterazioni diagenetiche, cementazioni, ecc.);
- *stratificazione* (spessore, caratteri delle superfici di stratificazione, ecc.);
- *strutture sedimentarie all'interno o alla base degli strati* (gradazioni, laminazioni, superfici erosive, strutture da carico, ecc.);
- *strutture organiche* (fossili, bioturbazioni, ecc.);
- *presenza di tendenze evolutive verticali*, per quanto concerne litologia, granulometria, spessori degli strati, facies sedimentarie, ecc.

Mediante il riconoscimento dei processi sedimentari, l'analisi sedimentologica dei carotaggi ha permesso di determinare gli ambienti sedimentari e i sistemi deposizionali.

Le indicazioni ambientali di natura sedimentologica sono state integrate con quelle paleoecologiche fornite dalle analisi paleontologiche.

In questa sezione sono sinteticamente descritti sotto il profilo sedimentologico i quattro sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'ambito dello studio: *Ghedi RL 1*, *Pianengo RL 2*, *Cilavegna RL 3*, , sottoambienti riconosciuti, ecc.).

Per ciascun sondaggio è stato compilato un log sedimentologico di sintesi, in cui sono indicati gli intervalli descritti. Tutte le quote riportate nei log e nella descrizione dei sondaggi sono riferite al pieno campagna (p.c.) Nella descrizione sedimentologica si è fatto riferimento per le granulometrie alle classi di Wentworth. I depositi grossolani con

abbondante presenza di ciottoli (64-256 mm) sono indicati con il termine di ghiaia grossolana.

Per lo spessore degli strati è stata utilizzata la classificazione di Campbell (1967): 0 - 3 cm strati molto sottili; 3 - 10 cm sottili; 10 - 30 cm medi; 30 - 100 cm spessi; >100 cm molto spessi.

Il colore dei sedimenti nella gamma granulometrica tra la sabbia grossolana e l'argilla è stato codificato secondo le Munsell® Soil Color Charts, direttamente in cantiere per comparazione visiva sulle carote appena estratte.

I valori della curva di radioattività naturale (gamma-ray log) sono espressi in gradi API. Quest'unità di misura convenzionale, stabilita nei pozzi di prova API all'Università di Houston - Texas, è definita come 1/200 dell'escursione della curva al passaggio da zone di emissione "bassa" ad "elevata". I valori estremi, anch'essi convenzionali, sono calibrati in modo che la tipica argillite di ambiente continentale presenti un'emissione prossima ai 100° API.

Tra i parametri geotecnici determinati sui campioni indisturbati, analizzati in laboratorio, sono stati riportati quelli più utili ai fini del presente studio, vale a dire l'indice di plasticità (I_p , definito come la differenza aritmetica fra i limiti di liquidità e plasticità secondo Atterberg), la porosità (n), il grado di saturazione (S_r) e la permeabilità (k), quest'ultima ricavata per via indiretta da prove edometriche.

Per gli aspetti composizionali e per il contenuto paleontologico dei sedimenti si rimanda integralmente ai specifici capitoli delle analisi petrografiche (7.2) e paleontologiche (7.3 e 7.4).

Sono invece riportati, dove disponibili, cenni sulle caratteristiche delle falde acquifere e sulla composizione di alcuni intervalli ghiaiosi, oltre agli elementi acquisiti ai fini della datazione radiometrica (*Ghedi RL 1*, intervallo 4) e biostratigrafica (*Pianengo RL 2*, intervalli 9 e 13-14) della successione descritta.

Il dettaglio della descrizione sedimentologica è strettamente dipendente dalla qualità delle carote descritte. Per le litologie prevalenti, rappresentate da sabbie, sabbie ciottolose, fango e alternanze sabbia-fango, è stato possibile eseguire una descrizione sedimentologica molto accurata. Il dettaglio della descrizione, comunque buono, non è altrettanto elevato negli intervalli a ghiaia e ghiaia grossolana a matrice sabbiosa caratterizzati da inferiore qualità complessiva del carotaggio.

6.1.1 - STRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA DEI SONDAGGI

6.1.1.1- Sondaggio *Ghedi RL 1*

Ghedi RL 1 (BS) coord.: 1599830 - 5033719 pc: 109 m

La qualità del sondaggio, mediamente buona, risulta eccellente nella sua parte centrale e inferiore (da 60/70 m fino a fondo pozzo). Le percentuali di recupero sono invece mediocri nei primi 20/30 m del sondaggio.

Da 1 a 95 m è stata eseguita una prova sismica "down-hole"; da 70 a 176 m è stato eseguito un sonic log. I risultati sono espressi in termini di velocità delle onde longitudinali (Vp) e trasversali (Vs), dalle quali è possibile calcolare per via indiretta una serie di parametri geomeccanici (Modulo di Young, coefficiente di Poisson, modulo di taglio dinamico, "bulk modulus"). È immediato osservare come il sonic log abbia sistematicamente comportato una sovrastima relativa, nell'ordine del 5-6%, di entrambe le velocità rispetto alla sismica "down-hole".

1) 0 - 0.5 m: *Suolo e terreno di riporto.*

Gamma-ray: non misurato.
Codici Munsell®: 10YR 3/3.
Vp, Vs: non rilevate.

2) 0.5 - 2.6 m: *Sabbia ciottolosa grigia media, grossolana e molto grossolana.*

Sabbia ciottolosa grigia media, grossolana e molto grossolana in strati spessi e molto spessi. insatura (zona vadosa). La composizione dei ciottoli è prevalentemente carbonatica.

Gamma-ray: fondo ~ 25° API, picchi tra 35 e 40° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Vp = 550, Vs = 280 m/s (strato superficiale "areato").

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

3) 2.6 - 11.8 m: *Ghiaia poligenica grigia talora grossolana.*

Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica grigia a clasti prevalentemente carbonatici e matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati medi, spessi o molto spessi, talvolta gradati (gradazione normale e inversa). Locali alterazioni violacee o verdastre. Come il soprastante, questo intervallo si colloca per lo più nell'insaturo (zona vadosa).

Gamma-ray: fondo da < 15 a > 30° API, picchi solo eccezionalmente oltre i 35° API, con minimi di emissione tra 6.8 e 8.2 m.

Codici Munsell®: 5Y 7/6, 2.5Y 5/4, 2.5Y 6/3 nella matrice siltosa.

Vp = 1510, Vs = 480 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

4) 11.8 - 12.4 m: *Argilla siltosa nera.*

Argilla siltosa nera, massiva, ricca in materia organica. Come il soprastante, questo intervallo si colloca per lo più nell'insaturo (zona vadosa).

Gamma-ray: fondo da < 15 a > 30° API, picchi solo eccezionalmente oltre i 35° API, con minimi di emissione tra 6.8 e 8.2 m.

Codici Munsell®: 5Y 7/6, 2.5Y 5/4, 2.5Y 6/3 nella matrice siltosa.

Vp = 1510, Vs = 480 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (palustre).

5) 12.4 – 37 m: *Ghiaia poligenica talora grossolana grigia e grigio-giallastra.*

Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica grigia e grigio-giallastra a matrice sabbiosa (sabbia da fine a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati medi, spessi o molto spessi, talvolta gradati. Locali alterazioni violacee, verdastre o marrone.

Subordinate intercalazioni decimetriche di sabbia ciottolosa da media a molto grossolana.

La ghiaia ha composizione prevalentemente carbonatica, con ciottoli calcarei però assenti fino a 13.4 m per pedogenesi; i ciottoli cristallini si fanno apparentemente più abbondanti sotto 26.5 m.

Sempre saturo nella parte inferiore, questo intervallo passa da saturo a vadoso nella parte alta ("zona di oscillazione della falda").

Gamma-ray: fondo fra 15 e 35° API, picchi spesso < 35° API, con qualche "spike" eccezionalmente a 40÷45° API.

Codici Munsell®: prevalente gamma 5YR 4-6/3-6 talora con screziature 10YR 6/3; subordinati 7.5YR 4/3, 2.5Y 3/3, 2.5Y 7/3 con screziature 10YR 6/4.

Vp = 1750÷1920, Vs = 650÷740 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

6) 37 - 48.7 m: *Ghiaia poligenica grigia e grigio-giallastra con intercalazioni di sabbia e sabbia ciottolosa grigia da media a molto grossolana.*

Ghiaia poligenica grigia e grigio-giallastra a matrice sabbiosa (sabbia da fine a grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati spessi, talvolta gradati (gradazione normale e inversa).

Subordinate intercalazioni decimetriche di sabbia e sabbia ciottolosa grigia da media a molto grossolana; e di silt e silt argilloso giallastro massivo.

Gamma-ray: fondo da < 15 a 30° API, picchi spesso compresi tra 20° API e 30° API, e in ogni caso < 35° API.

Codici Munsell®: prevalente gamma 10YR 5/4-8 talora con screziature 10YR 4/6; subordinato 10YR 5-6/2.

Vp = 1880, Vs = 850 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

7) 48.7 - 69.3 m: *Alternanze di sabbia grigio-giallastra da finissima a medio-grossolana, ghiaia poligenica anche grossolana grigio-giallastra, e argilla siltosa.*

Alternanze di sabbia grigio-giallastra da finissima a medio-grossolana, ghiaia poligenica grigio-giallastra, anche grossolana, e argilla siltosa.

Sabbia grigio-giallastra e grigio-brunastra da finissima a medio-grossolana, talvolta ciottolosa, in strati da molto sottili a spessi spesso gradati, massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple e duna).

Ghiaia poligenica grigio-giallastra, anche grossolana, a matrice sabbiosa o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati da decimetrici a metrici, talvolta gradata (gradazione normale e inversa).

Argilla siltosa grigia, verde, giallastra o bruna, massiva o raramente laminata (laminazione parallela piana), in livelli da decimetrici a metrici.

Gamma-ray: fondo con forti oscillazioni, da < 15° API a > 50° API, con due picchi marcati a 55.0 m (65° API) e 64.5 m (40° API) in corrispondenza di livelli argillosi.

Codici Munsell®: prevalente 10YR 5/4.

Vp = 1820÷2020, Vs = 750÷980 m/s

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 54.5-55.0 m (silt argilloso con Ip = 11.9): n = 0.456, Sr = 0.84, k = 2.04 x 10⁻⁸ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

8) 69.3 - 73.4 m: *Sabbia grigio-giallastra da finissima a medio-grossolana.*

Sabbia grigio-giallastra da finissima a medio-grossolana, talvolta ciottolosa, in strati spesso gradati da sottili a spessi, massiva o laminata, con clasti argillosi.

Gamma-ray: fondo ~ 15° API, picchi tra 25 e 30° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Vp = 2110 (2151 da *sonic log*), Vs = 1030 (1041 da *sonic log*) m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

9) 73.4 - 88.4 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media alternata ad argilla siltosa verde e silt.*

Sabbia grigia finissima, fine e media alternata ad argilla siltosa verde e silt. Sabbia grigia finissima, fine e media, in strati gradati da molto sottili a spessi (sottili e medi prevalenti), massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple) o talvolta bioturbata.

Argilla siltosa verde con locali alterazioni ocracee e silt, massivi, laminati (laminazione parallela piana e ondulata) o bioturbati, in livelli da decimetrici a metrici. Livelli palustri decimetrici di argilla siltosa nerastra e torba.

Presenza di frustoli vegetali, frammenti legnosi, concrezioni carbonatiche nodulari e impronte di radici.

Gamma-ray: fondo con forti oscillazioni, da 25° API a oltre 35° API; picchi compresi generalmente fra 40 e 55° API, con due "spikes" ~ 65° API in corrispondenza di argille torbose.

Codici Munsell®: prevalenti 5Y 5/1, 5B 5/1.

Vp = 1815÷2020 (1869÷2149 da *sonic log*), Vs = 720÷900 (749÷978 da *sonic log*) m/s

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 75.5-76.1 m (silt argilloso con passate di materia organica e lp = 13.4): n = 0.454, Sr = 0.83, k = 1.34 x 10⁻⁸ cm/s

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 87.5-88.1 m (silt argilloso con frammenti di torba e lp = 33.5): n = 0.464, Sr = 0.87, k = 2.88 x 10⁻⁹ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

10) 88.4 - 94.4 m: *Sabbia grigia finissima e fine con intercalazioni di argilla siltosa grigia e grigio-verdastra.*

Sabbia grigia finissima e fine, in strati da molto sottili a spessi, massiva o bioturbata o più frequentemente laminata (laminazione parallela piana e ondulata, incrociata da ripple e ripple rampicante), con macrofossili (lamellibranchi) anche in frammenti, frustoli vegetali e frammenti legnosi, impronte di radici.

Intercalazioni da decimetriche fino a metriche di argilla molto siltosa grigia e grigio-verdastra, laminata (laminazione parallela piana) o più frequentemente bioturbata, con frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Gamma-ray: fondo con marcate oscillazioni, da 25° API a 40° API; picchi compresi per lo più fra 40 e 50° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5BG 5/1, 5GY 5/1 nella parte alta; 3-5/N nella parte mediana; 10Y 4-5/1 nella parte bassa.

Vp = 2120 (2310 da *sonic log*), Vs = 1060 (1166 da *sonic log*) m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO.

11) 94.4 - 99.4 m: *Argilla grigia massiva fossilifera.*

Argilla grigia poco siltosa, massiva o bioturbata, con macrofossili (lamellibranchi e gasteropodi).

Gamma-ray: fondo con marcate oscillazioni, da 20° API a circa 35° API, e picchi fra 35 e 45° API.

Codici Munsell®: prevalente 10Y 5/1 nella parte alta; 5GY 5/1 nella parte medio-bassa; 5/N alla base.

Vp = 2412, Vs = 1249 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE (o MARINO).

Sistema Deposizionale: LAGUNA APERTA (o PIATTAFORMA).

12) 99.4 - 101.7 m: *Argilla siltosa, silt argilloso e sabbia fine grigi.*

Argilla siltosa grigia bioturbata con macrofossili (lamellibranchi), silt argilloso grigio bioturbato, e sabbia grigia fine bioturbata in livelli da decimetrici a metrici. Un livello decimetrico di argilla siltosa nerastra ricca in materia organica con frustoli vegetali.

Gamma-ray: fondo ~ 35° API, picchi fra 50 e 65° API.

Codici Munsell®: prevalenti 4-5/N, 5GY 5/1.

Vp = 2436, Vs = 1205 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: LITORALE.

13) 101.7 – 111 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media.*

Sabbia grigia finissima, fine e media, in strati (o livelli) da medi a molto spessi gradati, massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna, ripple e ripple rampicante).

Gamma-ray: fondo in discesa verso il basso, con relativa gradualità, da ~ 40° API a 20° API; picchi anch'essi in discesa, da ~ 50° API a ~ 35° API.

Codici Munsell®: prevalenti 10Y 5/1, 7.5YR 4-5/6 nella parte alta; 5Y 5/2, 5Y 6/1-2, 2.5Y 5/2-4 nella parte mediana e inferiore.

Vp = 2358, Vs = 1140 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (canale fluviale).

14) 111 - 120.6 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media.*

Sabbia grigia da finissima a media (fine prevalente), in strati spesso gradati da sottili a spessi. Sabbia laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna e ripple), meno frequentemente massiva o bioturbata. Presenza di frustoli vegetali, frammenti legnosi, macrofossili anche in frammenti (lamellibranchi e gasteropodi).

Nell'intervallo 111-112.8 m: Argilla siltosa grigia e grigio-nerastra bioturbata con macrofossili, frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Gamma-ray: fondo in discesa verso il basso, con relativa gradualità, da ~ 40 a 20° API; picchi anch'essi in discesa, da ~ 50 a ~ 35° API.

Codici Munsell®: prevalenti 10Y 5/1, 7.5YR 4-5/6 nella parte alta; 5Y 5/2, 5Y 6/1-2, 2.5Y 5/2-4 nella parte mediana e inferiore.

Vp = 2358, Vs = 1140 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (fronte e piana deltizia).

15) 120.6 – 128 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa o sabbiosa grigia.*

Sabbia grigia finissima, fine (prevalente) e media in strati gradati da molto sottili a spessi, massiva o più frequentemente laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple e duna), con clasti argillosi e abbondanti frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Subordinate intercalazioni centimetriche di argilla siltosa, argilla sabbiosa e talvolta silt grigi, massivi o bioturbati, con frustoli vegetali.

Gamma-ray: fondo con marcate oscillazioni, da 20 a 35° API, con picchi compresi fra 30 e 40° API, ed un unico "spike" fin quasi a 50° API.

Codici Munsell®: prevalente 5/N, subordinato 4/N.

Vp = 2296, Vs = 1104 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (prodelta).

16) 128 - 131.1 m: *Sabbia grigia finissima e fine alternata ad argilla siltosa o sabbiosa grigia.*

Sabbia grigia finissima e fine in strati gradati da molto sottili a medi, massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple), con abbondanti frustoli vegetali e frammenti legnosi; alternata a livelli decimetrici di argilla siltosa o siltoso-sabbiosa grigia, massiva o bioturbata, con frustoli vegetali.

Gamma-ray: fondo compreso fra 30° API e oltre 35° API, picchi fra 45 e 50° API.

Codici Munsell®: da 5/N prevalente a 4/N verso il basso.

Vp = 2315, Vs = 1101 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (prodelta).

17) 131.1 - 139.6 m: *Argilla, silt e sabbia finissima grigie fossilifere.*

Argilla grigia poco siltosa, silt argilloso grigio e sabbia argillosa finissima grigia, massive o bioturbate, con macrofossili (lamellibranchi e gasteropodi), frustoli vegetali e frammenti legnosi. Locali alterazioni brunastre.

Gamma-ray: fondo compreso generalmente fra 30 e 40° API, picchi per lo più fra 45 e 55° API.

Codici Munsell®: 5/N prevalente su 3-4/N.

Vp = 1941, Vs = 868 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: MARINO.

Sistema Deposizionale: PIATTAFORMA.

LOG SEDIMENTOLOGICI DEI SONDAGGI

Legenda

Intervali Stratigrafici

1, 2, 3, ... INTERVALLI STRATIGRAFICI DI DESCRIZIONE
DEL SONDAGGIO (VEDI TESTO)

Ambiente

C CONTINENTALE

T TRANSIZIONALE

M MARINO

Litologia

GHIAIA E GHIAIA GROSSA

SABBIA CIOTTOLOSA

SABBIA

SILT

ARGILLA SILTOSA CONTINENTALE

ARGILLA SILTOSA TRANSIZIONALE DI AMBIENTE SALMASTRO

**ARGILLA O ARGILLA SILTOSA MARINA O
TRANSIZIONALE DI PRO DELTA O LITORALE**

ARGILLA O ARGILLA SILTOSA NERA STRA DI AMBIENTE PALUSTRE

SUOLO E TERRENO DI RIPOSTO

MANCATO RECUPERO DELLE CAROTE

Classe granulometrica (in mm)

< 0,0039	Argilla	
0,0039 - 0,062	Silte	
0,062 - 0,125	mf (molto fine)	Sabbia
0,125 - 0,25	f (fine)	
0,25 - 0,5	m (media)	
0,5 - 1	g (grossolana)	
1 - 2	mg (molto grossolana)	
2 - 4	Ganuli	
4 - 64	Ciottoletti	
64 - 256	Ciottoli	

N.B. - profondità in metri da p.c.

Figura 6.1 Legenda della simbologia utilizzata nella descrizione dei sondaggi

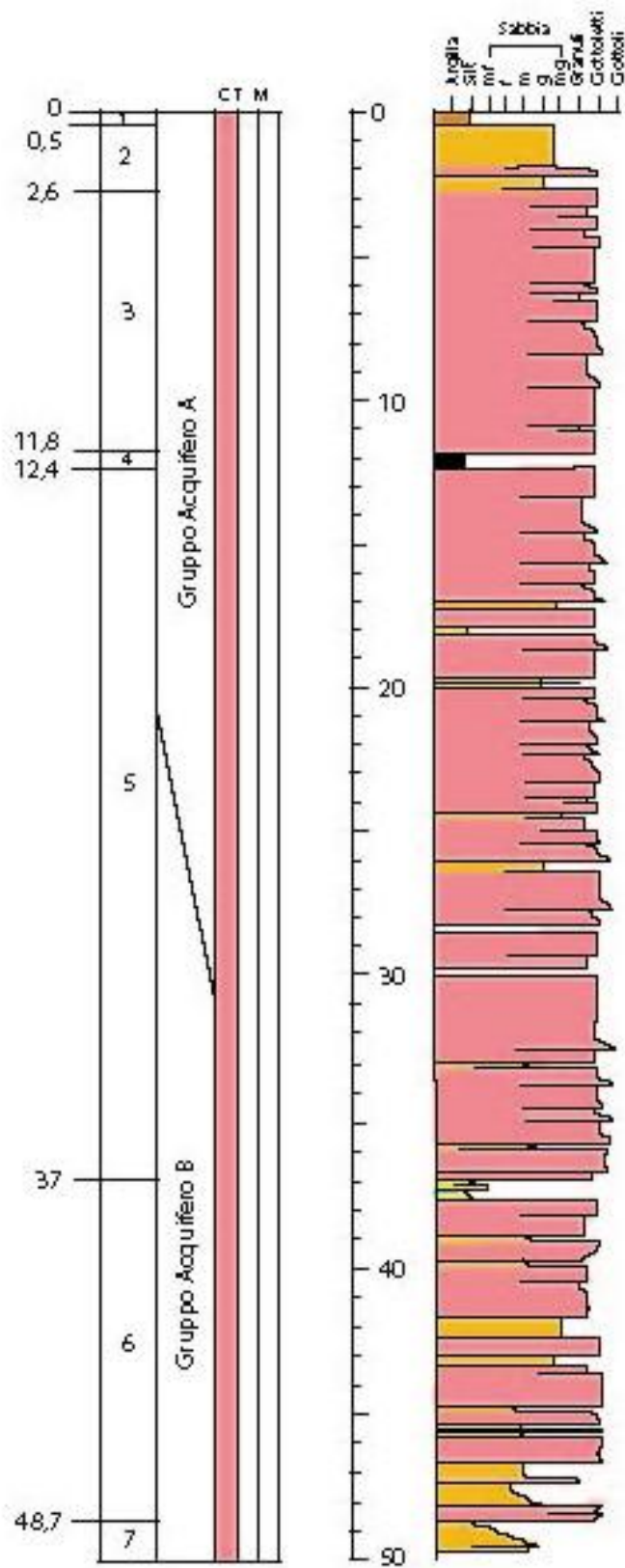


Figura 6.2 Sondaggio Ghedi RL 1 colonna stratigrafica

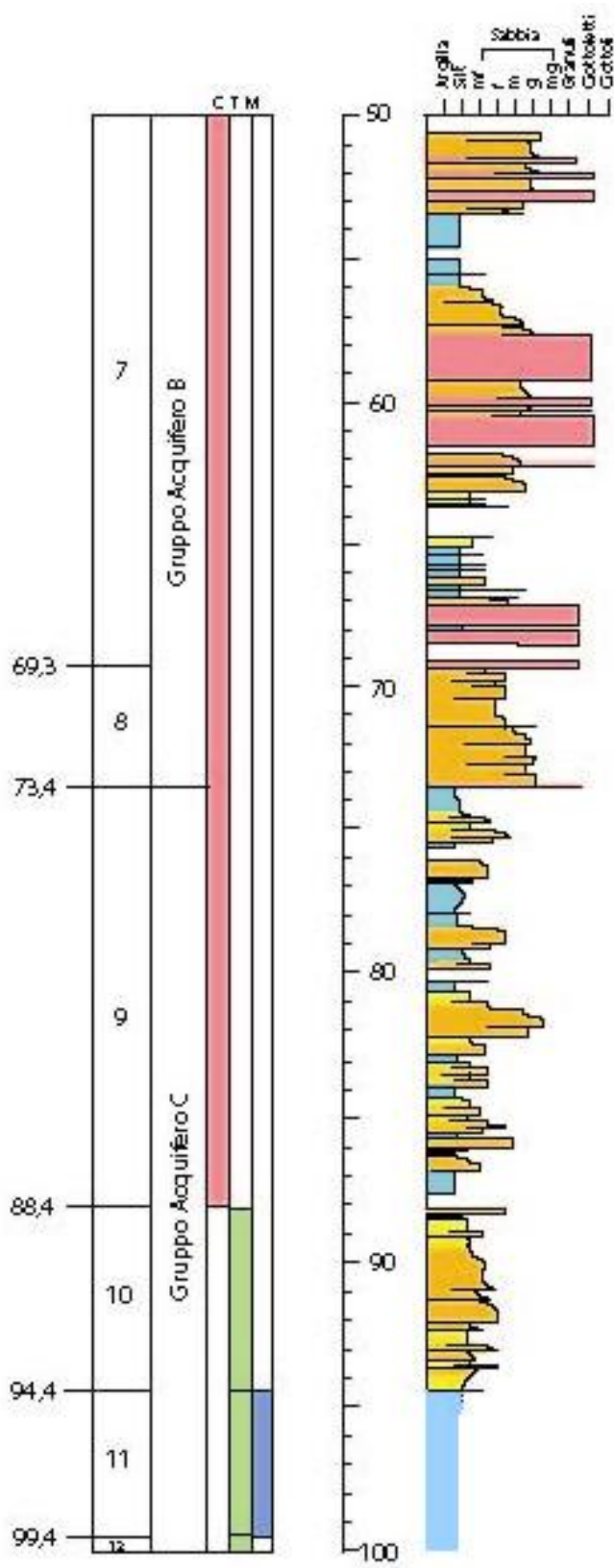


Figura 6.3 Sondaggio Ghedi RL 1 colonna stratigrafica

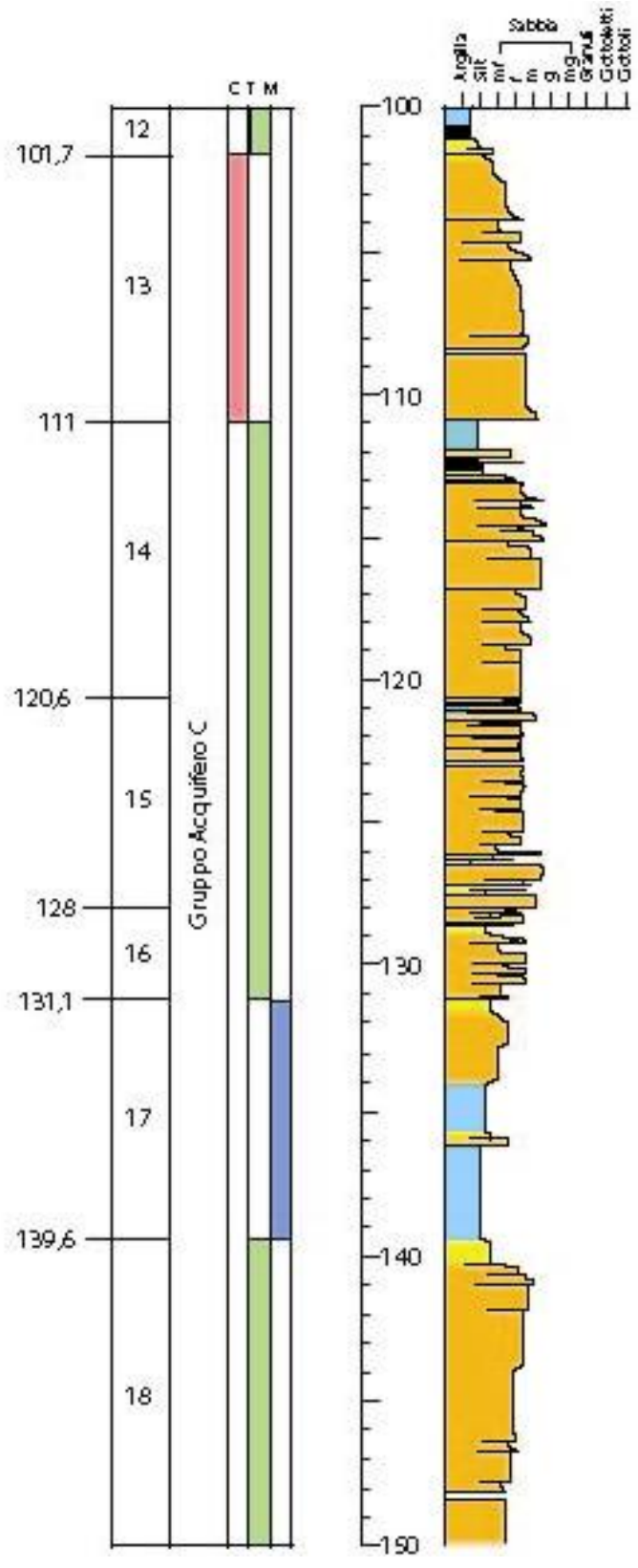


Figura 6.4 Sondaggio Ghedi RL 1 colonnina stratigrafica

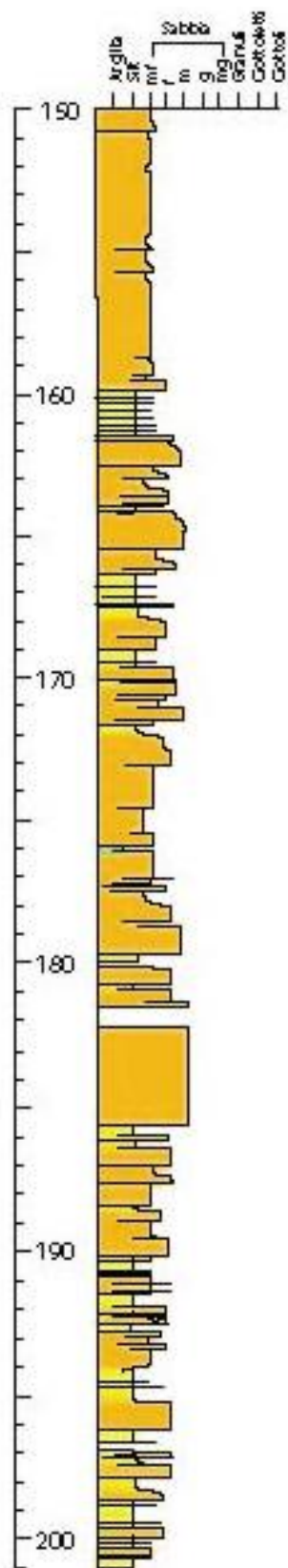
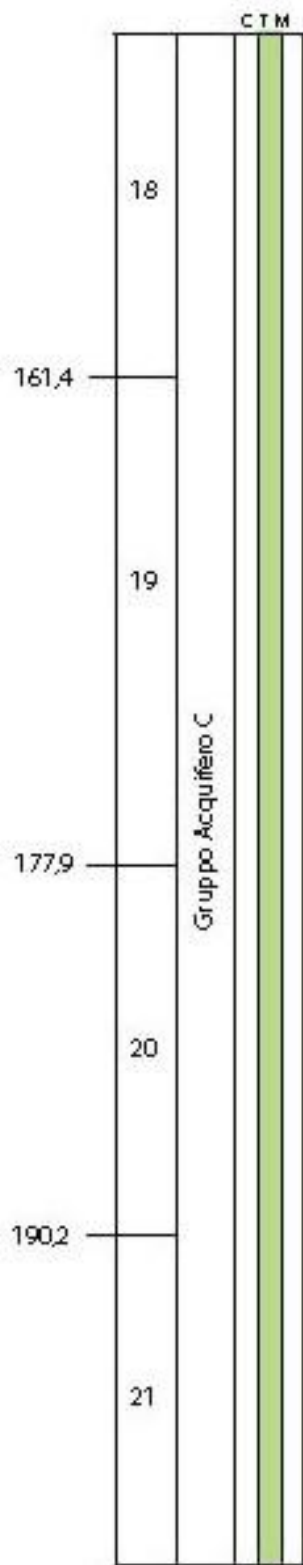


Figura 6.5 Sondaggio *Ghedi RL 1* colonnina stratigrafica

18) 139.6 - 161.4 m: *Sabbia grigia finissima e fine.*

Sabbia grigia finissima e fine, in strati e livelli da molto sottili a molto spesse, bioturbata, localmente massiva o laminata (laminazione incrociata da ripple e da ripple da onda, parallela piana e ondulata, piana a basso angolo), con macrofossili anche in frammenti (lamellibranchi), frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Intervallo 139.6 - 140.3 m: silt argilloso grigio massivo.

Gamma-ray: fondo compreso per lo più fra 28 e 40° API, picchi ~ 50° API con un unico "spike" ~ 55° API.

Codici Munsell®: 10Y 5/1, 2.5Y 5/1 alternati a 5/N nella parte alta, 5/N prevalente su 4/N nelle parti mediana e inferiore.

Vp = 2442, Vs = 1121 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: LITORALE.

19) 161.4 - 177.9 m: *Sabbia grigia finissima, fine e fine-media con intercalazioni di argilla siltoso-sabbiosa grigia.*

Sabbia grigia finissima, fine e fine-media, in strati gradati da molto sottili a spessi, laminata (laminazione parallela piana e ondulata, incrociata da ripple, ripple rampicanti e duna), localmente bioturbata, con frustoli vegetali.

Subordinate intercalazioni decimetriche di argilla siltosa e silt sabbiosi grigi, massivi o bioturbati.

Gamma-ray: fondo compreso per lo più fra 28° API e 40° API, picchi da 35° API a 55° API con tendenza all'aumento verso il basso.

Codici Munsell®: 10Y 5/1, 5Y 5/1 alternati a 5/N prevalente su 4/N.

Vp = 2051÷2394, Vs = 881÷1216 m/s (da *sonic log*).

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO.

20) 177.9 - 190.2 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media.*

Sabbia grigia finissima, fine e media, in strati spesso gradati (o livelli) da molto sottili a molto spessi, laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple) o più raramente massiva, con frustoli vegetali e frammenti di legno.

Intercalazioni molto subordinate di argilla molto siltosa e silt grigi in livelli fino a decimetrici.

Gamma-ray: non misurato.

Codici Munsell®: non valutati.

Vp, Vs: non rilevate.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (fronte deltizia).

21) 190.2 - 201 m: *Sabbia grigia finissima e fine alternata a argilla siltosa grigia.*

Sabbia grigia e grigio-giallastra finissima e fine in strati gradati da molto sottili a spessi, alternata a argilla grigia molto siltosa, massiva, in strati molto sottili e sottili.

Sabbia massiva o più frequentemente laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple e ripple rampicante), con frustoli vegetali e frammenti legnosi, rare strutture da carico e da espulsione d'acqua.

Gamma-ray: non misurato.

Codici Munsell®: non valutati.

Vp, Vs: non rilevate.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (prodelta).

6.1.1.2 - Sondaggio *Pianengo RL 2*

Pianengo RL 2 (CR) coord.: 1554996 - 5027329 pc: 83 m

Il sondaggio presenta un'eccellente qualità, con percentuali di recupero molto elevate, lungo quasi tutto il suo sviluppo. Il carotaggio presenta un'inferiore qualità solo nell'intervallo più grossolano, compreso tra 5 e 20 m.

Da 1 a 191 m è stata eseguita una prova sismica "down-hole"; i risultati sono espressi in termini di velocità delle onde longitudinali (V_p) e trasversali (V_s), dalle quali è possibile calcolare per via indiretta una serie di parametri geomeccanici (Modulo di Young, coefficiente di Poisson, modulo di taglio dinamico, "bulk modulus").

1) 0 - 3.6 m: *Suolo e terreno di riporto, insaturo (zona vadosa).*

Gamma-ray: fondo fra 10 e 15° API, picchi fra 20 e 30° API.

Codici Munsell®: 2.5Y 3-4/3.

$V_p = 850$ m/s, $V_s = 310$ m/s (strato superficiale "areato").

2) 3.6 - 20.5 m: *Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica grigia e grigio-giallastra.*

Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica grigia e grigio-giallastra (locale alterazione), con matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in strati spessi e molto spessi.

Subordinate intercalazioni decimetriche di sabbia medio - grossolana ciottolosa o di silt argilloso.

L'intervallo si presenta sempre saturo (zona freatica) salvo il metro sommitale ("zona di oscillazione della falda").

Da 3.6 a 5.8 m la ghiaia presenta composizione prevalentemente carbonatica, con frequenti ciottoli di arenarie permiane. Da 5.8 a 20.5 m si fanno invece più abbondanti i ciottoli cristallini, tra i quali le "pietre verdi" delle sequenze ofiolitiche alpine.

Gamma-ray: fondo per lo più fra 15 e 25° API, picchi fino a 50° API.

Codici Munsell®: prevalente 5Y 5/3 nelle intercalazioni siltoso-sabbiose.

$V_p = 1320\div 1980$, $V_s = 625\div 920$ m/s Da 13.2 a 16.0 m, dove non si è avuto recupero, la microsismica down-hole ha permesso di interpretare la presenza di silt prevalente ($V_p = 1780$, $V_s = 640$ m/s).

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

3) 20.5 - 38.6 m: *Ghiaia poligenica giallastra anche grossolana alternata a sabbia e sabbia ciottolosa giallastra.*

Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica giallastra a matrice sabbiosa (sabbia da media a grossolana) o argilloso-sabbiosa in strati medi o spessi, alternata a sabbia e sabbia ciottolosa giallastra da finissima a grossolana (sabbia media prevalente) in strati gradati da medi a molto spessi (strati spessi prevalenti), presenti laminazioni parallele piane.

Subordinate intercalazioni decimetriche di silt argilloso giallastro o grigio.

Gamma-ray: fondo con forti oscillazioni fra 10 e 35° API, picchi anch'essi variabili da 30 a 60° API.

Codici Munsell®: molto variabili, da 2.5Y 7/4-8 a 5/N nella parte superiore e mediana; prevalente 5Y 5/4 nella parte bassa.

$V_p = 1750\div 1980$, $V_s = 740\div 980$ m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

4) 38.6 - 58.5 m: *Sabbia e sabbia ciottolosa grigia fine, media e grossolana.*

Sabbia e sabbia ciottolosa grigia, fine, media e grossolana (media e grossolana prevalente) in strati da medi a molto spessi (strati spessi e molto spessi prevalenti), gradati con a base strato sabbia ciottolosa.

Sabbia laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple) o massiva, con clasti argillosi.

Rare intercalazioni decimetriche di argilla siltosa o siltoso-sabbiosa verde con frammenti legnosi.

Gamma-ray: fondo per lo più fra 15 e 25° API, eccezionalmente fino a 40 in corrispondenza dell'intercalazione siltosa da 45.0 a 46.0 m; picchi spesso compresi fra 30 e 45° API, oltre 50° API solo in corrispondenza della medesima intercalazione siltosa.

Codici Munsell®: 3-4/N e 5Y 5/1 nettamente prevalenti su 10YR 5-6/2.

Vp = 1780÷2110, Vs = 760÷1080 m/s

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 38.9-39.5 m (silt argilloso debolmente sabbioso, con poca torba e Ip = 10.3): n = 0.487, Sr = 0.95, k = 3.36 x 10⁻⁸ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided)

5) 58.5 - 80.8 m: *Sabbia grigia fine, media e grossolana talvolta ciottolosa.*

Sabbia grigia fine, media e grossolana (media prevalente), talvolta ciottolosa in strati gradati da medi a molto spessi (strati spessi prevalenti), talvolta con sabbia ciottolosa a base strato. Sabbia laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple) o massiva, con clasti argillosi.

Rare intercalazioni decimetriche di argilla siltosa o siltoso-sabbiosa grigia scura (materia organica) o verde con frammenti legnosi e concrezioni carbonatiche nodulari.

Gamma-ray: fondo per lo più fra 10 e 20° API; picchi fra 30 e 50° API nei 3 m sommitali, poi in netta discesa fino a 20÷25° API verso il basso, indi in graduale risalita sin ad oltre 40° API.

Codici Munsell®: prevalente 5/N alternato a 5Y 5/1.

Vp = 1950÷2110, Vs = 930÷1080 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

6) 80.8 - 118.4 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media alternata a argilla siltosa verde.*

Sabbia grigia finissima, fine e media in strati spesso gradati da molto sottili a molto spessi (medi e spessi prevalenti), alternata a livelli da decimetrici a metrici di argilla siltosa verde.

Sabbia massiva o più frequentemente laminata con laminazione parallela piana o incrociata da ripple (meno frequente la laminazione incrociata da duna). I livelli di argilla siltosa sono massivi, bioturbati, con impronte di radici. Frustoli vegetali e frammenti di legno abbondanti nelle sabbie e in particolare nelle argille. Frequenti livelli decimetrici palustri di colore bruno-nerastro con abbondante materia organica vegetale e torba.

Gamma-ray: forti fluttuazioni sia del fondo, che passa da poco meno di 20 a 40° API, sia dei picchi, che vanno da 30° API a poco più di 70° API, in buon accordo con i passaggi da sabbia a silt con torba, fino a 107.2 m; verso il basso, dove è minore il contenuto in materia organica, oscillazioni più contenute con fondo fra 25 e 30° API e picchi fra 40 e 65° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5G 4-6/1, 5BG 4-6/1, 5B 4-6/1, 2.5-5/N; subordinati 10YR 3/1, 5GY 4-6/1, 5/5 BG, 2.5Y 3/2.

Vp = 1810÷2150, Vs = 790÷1060 m/s

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 84.4-84.9 m (silt argilloso con frustoli e Ip = 7.8): n = 0.496, Sr = 0.98, k = 7.26 x 10⁻⁹ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

7) 118.4 – 130 m: *Sabbia grigia media.*

Sabbia grigia media in strati medi, spessi e molto spessi, talvolta gradati con granuli e piccoli ciottoli a base strato. Sabbia massiva o laminata (laminazione parallela piana o incrociata), con frustoli vegetali e tronchi.

Alcune intercalazioni di silt argilloso grigio in livelli molto sottili e sottili.

Gamma-ray: emissione relativamente uniforme, con fondo fra 15 e 25° API e picchi mai oltre 50° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5B 4/1, 4/N; subordinati 10YR 2/2 e 5G 4/2 (clasti fangosi intraformazionali), 5GY 4/1 (silt argilloso), 2.5Y 2.5/1 (torba), 2.5Y 4/4 (croste calcificate).

Vp = 2200, Vs = 1110 m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (fronte e piana deltizia).

8) 130 - 143.1 m: *Argilla siltosa grigia con intercalazioni di sabbia e silt grigi.*

Argilla siltosa grigia con intercalazioni di sabbia e silt grigi.

Argilla siltosa finemente laminata o bioturbata, fossilifera.

Sabbia fine o finissima e silt in strati molto sottili, sottili o medi talvolta gradati, massivi o laminati (laminazione parallela piana o incrociata).

Gamma-ray: fondo da poco meno di 20° API a poco più di 30° API, con picchi generalmente compresi fra 30 e 45° API, solo in un caso fino a 55° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5B 4-5/1, 5BG 5/1, 4/N; subordinati 5BG 4/1, 5G 4/1, 5GY 4-5/1, 3/N.

Vp = 1885, Vs = 911 m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (prodelta).

9) 143.1 – 149 m: *Argilla grigia massiva fossilifera.*

Argilla grigia poco siltosa, massiva o occasionalmente laminata, con macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi ed echinodermi).

La presenza di medium-size *Gephyrocapsa* a 147.1 m indica un'età pleistocenica, presumibilmente da 1 Ma a più recente.

Gamma-ray: emissione uniforme, con fondo compreso fra 20 e 25° API e picchi per lo più tra 40 e 45° API.

Codici Munsell®: 5BG 4/1, 5GY 4/1, 4/N.

Vp = 1887, Vs = 913 m/s

Ambiente: MARINO.

Sistema Deposizionale: PIATTAFORMA.

10) 149 - 153.1 m: *Sabbia grigia fine e finissima alternata a argilla siltosa e silt argilloso grigi.*

Bancate metriche di sabbia grigia fine e finissima, bioturbata o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple, piana a basso angolo).

Argilla siltosa bruno-nerastra ricca in materia organica. Silt argilloso grigio bioturbato.

Gamma-ray: fondo crescente da 20÷30° API a 30÷35° API verso il basso, picchi stabili ~ 45° API.

Codici Munsell®: 5BG 4/1, 4/N (sabbia); 5GY 4/1 (silt); 3/N (torba).

Vp = 2105, Vs = 965 m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: LITORALE.

11) 153.1 - 168.2 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media alternata a argilla siltosa verde.*

Sabbia grigia finissima, fine e media in strati da molto sottili a spessi (strati medi prevalenti), alternata a livelli da decimetrici a metrici di argilla siltosa verde.

Sabbia massiva o più frequentemente laminata con laminazione parallela piana o incrociata da ripple.

I livelli di argilla siltosa sono massivi o bioturbati, con impronte di radici, con frustoli vegetali e frammenti di legno. Frequenti livelli decimetrici palustri di colore bruno-nerastro con abbondante materia organica vegetale e torba.

Gamma-ray: forti oscillazioni sia del fondo, che va da meno di 20 a 40° API, sia dei picchi, che passano da meno di 40° API ad oltre 60° API, in buon accordo con le alternanze di sabbia e silt torboso.

Codici Munsell®: prevalenti 5B 4-5/1, 4/N e subordinati 2.5Y 5/6, 6/N nelle sabbie; 10YR 4/1, 5BG 5-6/1, 5G 4-6/1, 5GY 4-5/1, 5Y 3-4/1 nel silt; 2.5-3/N nella torba; 2.5Y 8/4 nelle patine calcificate.

Vp = 2115, Vs = 965 m/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

12) 168.2 - 180.4 m: *Sabbia grigia media.*

Sabbia grigia media in strati gradati medi o spessi, massiva o più comunemente laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple), con frustoli vegetali e frammenti di legno.

Un livello metrico di torba intercalato.

Questo intervallo ospita una falda artesianica con quota di equilibrio di poco superiore al piano campagna.

Gamma-ray: fondo in rapido decremento, da oltre 40 a meno di 20, nei primi 2 m; poi graduale risalita verso il basso, fino a ~ 30° API. Analoga tendenza seguono i picchi, che da ~ 60° API alla sommità scendono a valori compresi fra 30 e 40° API, per poi risalire oltre 50° API verso il basso.

Codici Munsell®: 5B 4-5/1, 5G 4/1, 5BG 5/1, 4/N nelle sabbie; 5Y3/1, 5Y 4/2 nel silt; 5Y 2.5/2, 2.5-3/N nella torba.

Vp = 2350, Vs = 1110 m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO.

13) 180.4 - 197.1 m: *Sabbia grigia fine e finissima.*

Sabbia grigia fine e finissima, in strati o livelli da medi a molto spessi. Sabbia bioturbata o laminata (laminazione parallela piana o ondulata, laminazione incrociata da ripple da onda e da duna), talvolta massiva, fossilifera.

Negli intervalli 184.9 – 188 m e 191.8 – 195 m: subordinata sabbia grigia finissima in strati gradati da molto sottili a medi, intercalati a silt argilloso bioturbato o sabbia finissima argillosa bioturbata.

La presenza di medium-size e small *Gephyrocapsa* a 188.0 m indica un'età pleistocenica, presumibilmente da 1 Ma a più recente.

Gamma-ray: fondo compreso per lo più fra 20 e 30° API, un unico "spike" oltre 65° API attorno a 181.0 m e per il resto picchi ~ 50° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5GY 4-5/1, 3-5/N; subordinati 10YR 3/2, 5B 4/1.

Vp = 2100÷2350, Vs = 1020÷1100 m/s

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: LITORALE.

14) 197.1 – 200 m: *Argilla siltosa grigia fossilifera.*

Argilla grigia siltosa e siltoso-sabbiosa, massiva, con macrofossili (gasteropodi, lamelibranchi).

Come per l'intervallo soprastante, la presenza di medium-size *Gephyrocapsa* a 200.0 m indica un'età pleistocenica, presumibilmente da 1 Ma a più recente.

Gamma-ray: non misurato.

Codici Munsell®: prevalenti 5BG 4-1, 4/N.

Vp, Vs: non rilevate.

Ambiente: MARINO.

Sistema Deposizionale: PIATTAFORMA.

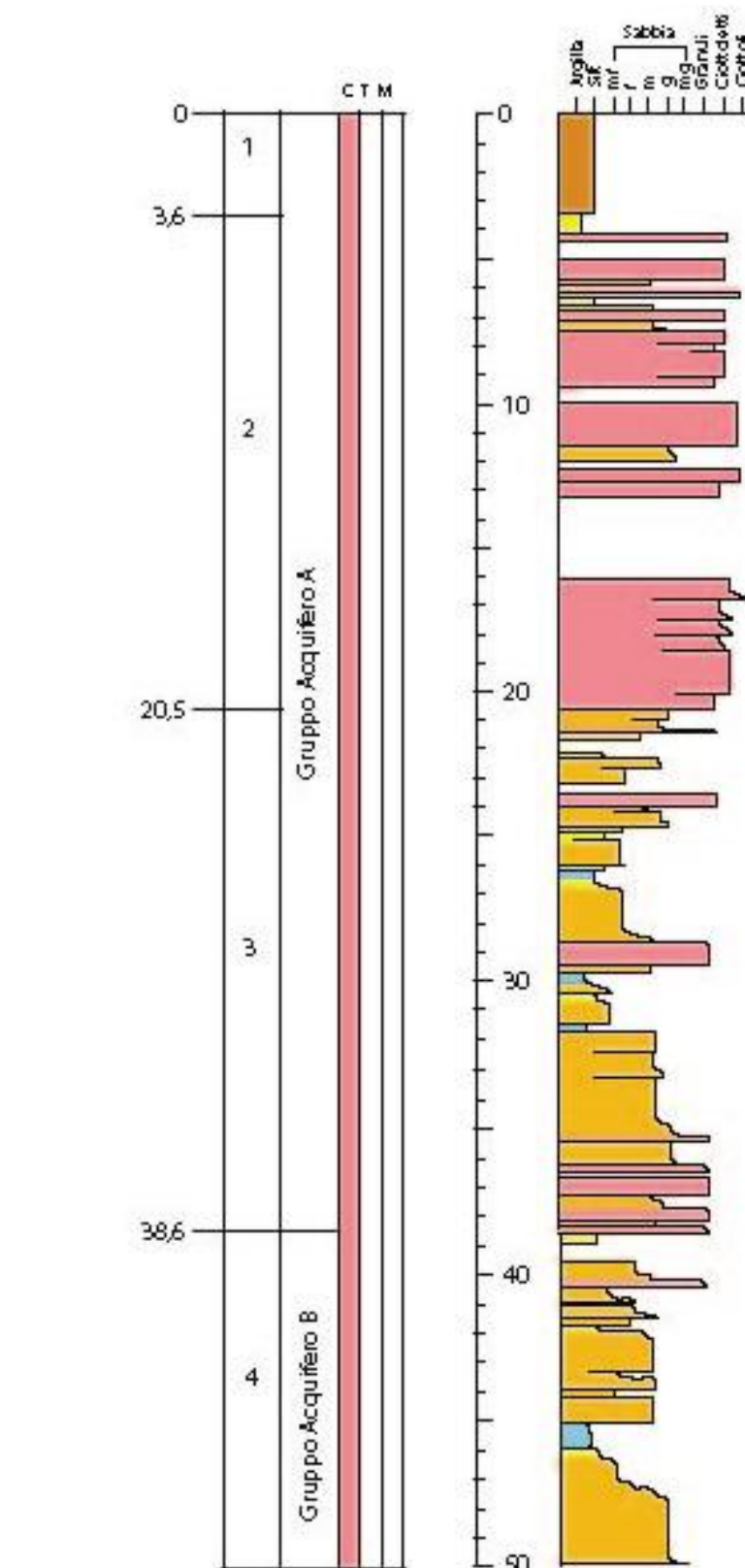


Figura 6.6 Sondaggio *Pianengo RL 2* colonnina stratigrafica

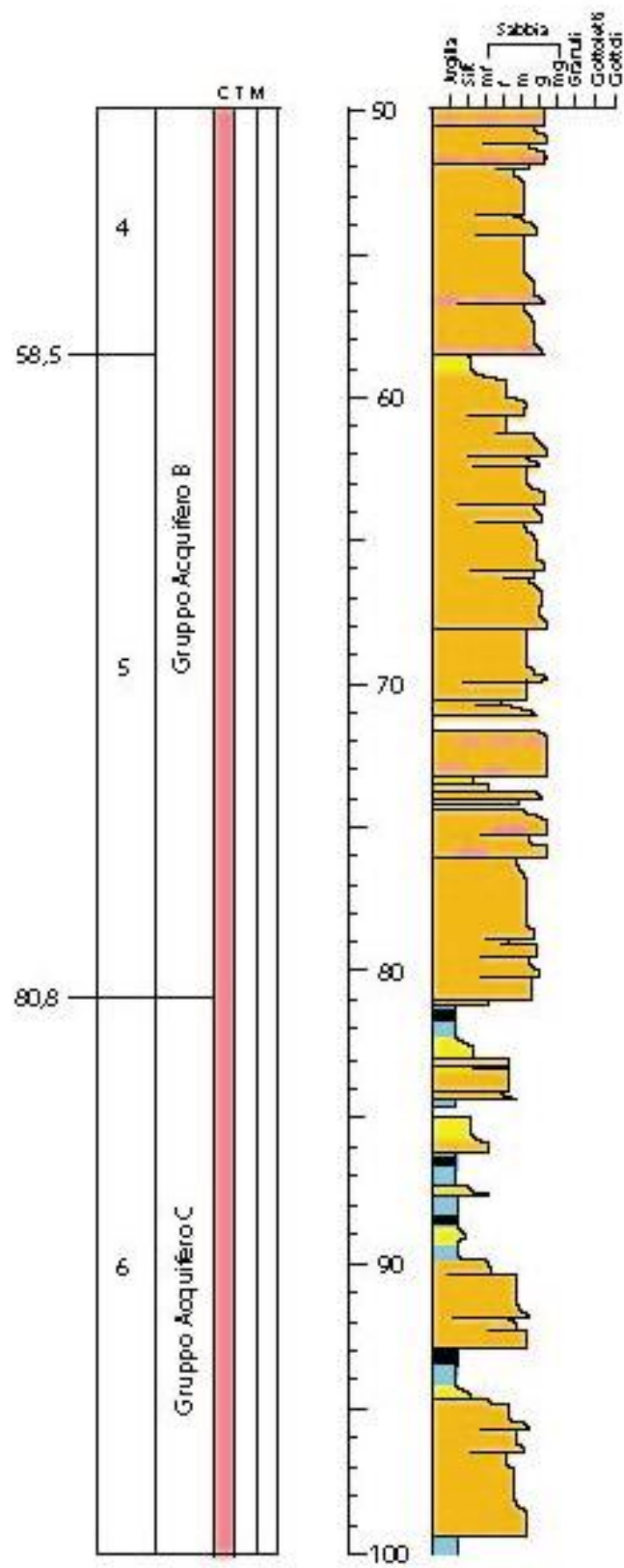


Figura 6.7 Sondaggio *Pianengo RL 2* colonnina stratigrafica

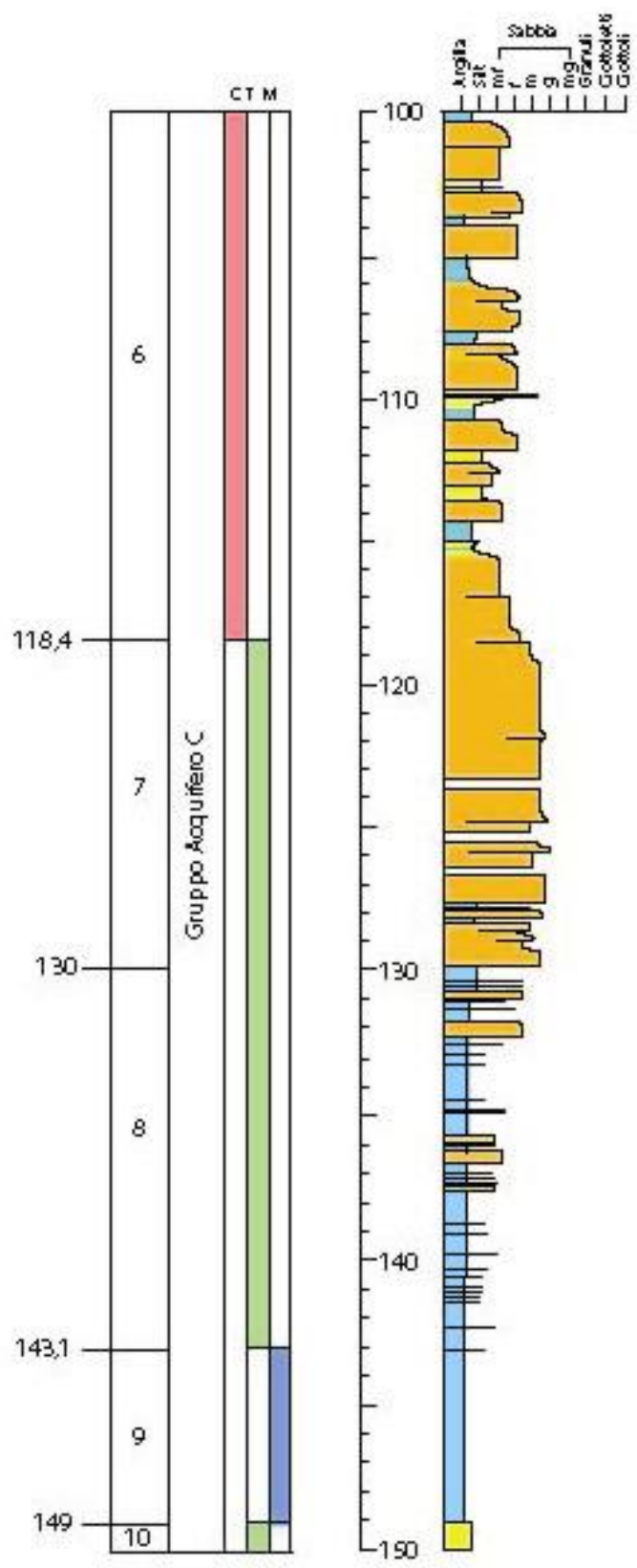


Figura 6.8 Sondaggio *Pianengo* RL 2 colonnina stratigrafica

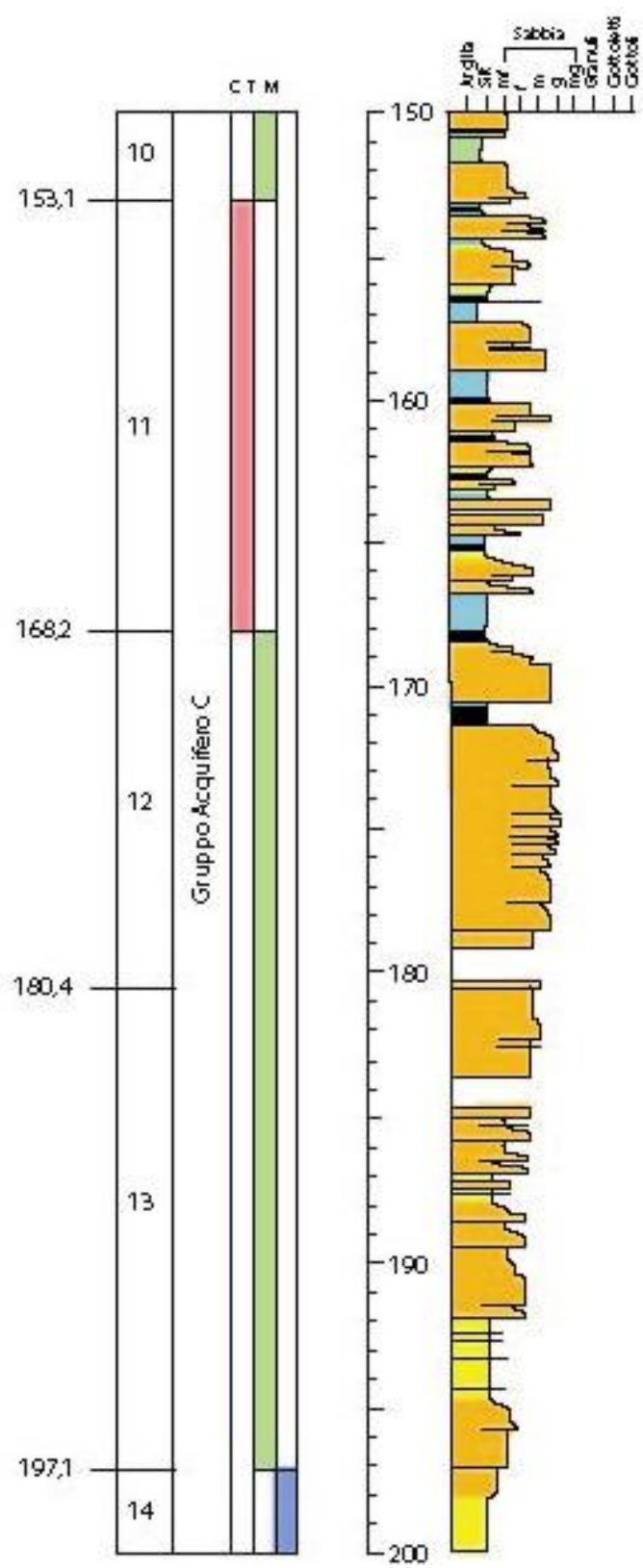


Figura 6.9 Sondaggio *Pianengo* RL 2 colonnina stratigrafica

6.1.1.3 - Sondaggio *Cilavegna RL 3*

Cilavegna RL 3 (PV) coord.: 1479211 - 5018136 pc: 115 m

Il sondaggio presenta percentuali di recupero elevate e carote poco o nulla disturbate lungo quasi tutto il suo sviluppo. Percentuali di recupero più basse sono riscontrate solo nei due intervalli più grossolani: 5-15 m e 35-50 m.

1) 0 - 1.5 m: *Suolo e terreno di riporto.*

Gamma-ray: fondo fra 15 e 20° API, picchi ~ 30° API.

Codici Munsell®: non valutati.

2) 1.5 – 14 m: *Alternanze di sabbia ciottolosa e sabbia media e grossolana grigio-giallastre, e ghiaia poligenica grigio-giallastra.*

Sabbia grigio-giallastra media e grossolana mal classata, spesso ciottolosa, massiva in strati (o livelli) da medi a molto spessi (spessi prevalenti). Gli strati sono gradati con a base strato livelli decimetrici di ghiaia grigio-giallastra a matrice sabbiosa.

Alla base dell'intervallo ghiaia poligenica grigio-giallastra con matrice sabbiosa.

Gamma-ray: fondo in progressivo aumento verso il basso, da 10÷15° API a 20÷25° API; picchi compresi per lo più fra 30 e 40° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

3) 14 - 31.8 m: *Sabbia grigia media, grossolana e molto grossolana talvolta ciottolosa.*

Sabbia grigia media, grossolana e molto grossolana in strati da medi a molto spessi gradati talvolta caratterizzati dalla presenza a base strato di livelli di sabbia ciottolosa. Sabbia massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple).

Gamma-ray: emissione relativamente uniforme, con fondo compreso fra 15 e 25° API e picchi ~ 40° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

4) 31.8 - 48.2 m: *Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica grigia e grigio-giallastra.*

Ghiaia poligenica talora grossolana grigia e grigio-giallastra, con matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in strati gradati spessi e molto spessi.

Subordinate intercalazioni decimetriche di sabbia e sabbia ciottolosa grigia o grigio-giallastra media o grossolana, spesso con matrice argillosa.

Gamma-ray: emissione relativamente uniforme, con fondo compreso per lo più fra 20 e 30° API, picchi quasi sempre contenuti fra 35 e 45° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

5) 48.2 – 57 m: *Sabbia ciottolosa e sabbia grigia media e grossolana con intercalazioni di ghiaia poligenica grigia.*

Sabbia ciottolosa e sabbia grigia media e grossolana in strati gradati (o livelli) spessi e molto spessi, con a base livelli da medi a spessi di ghiaia poligenica grigia a matrice sabbiosa.

Sabbia massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna).

Gamma-ray: oscillazioni piuttosto marcate, con fondo da meno di 20° API ad oltre 30° API e picchi sino a 50° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

6) 57 - 66.5: *Sabbia grigio-verde fine, media e medio-grossolana con rare intercalazioni di ghiaia poligenica grigia.*

Sabbia grigio-verde fine, media e medio-grossolana, massiva o laminata (laminazione parallela piana, incrociata da ripple o duna), in strati (o livelli) da medi a molto spessi spesso gradati. Presenti a base strato rari livelli decimetrici di ghiaia poligenica grigia a matrice sabbiosa.

Presenti tronchi e frammenti di legno.

Gamma-ray: oscillazioni piuttosto forti, con fondo da 20 a 40° API ed un picco oltre 60° API.

Codici Munsell®: prevalente 5/N.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

7) 66.5 - 73.6 m: *Ghiaia poligenica anche grossolana grigio-verde alternata a sabbia grigio-verde media e grossolana.*

Ghiaia poligenica anche grossolana grigio-verde, a matrice sabbiosa o argilloso-sabbiosa. Ghiaia in strati (o livelli) gradati da medi a molto spessi con nella parte alta sabbia e sabbia ciottolosa grigio-verde media, grossolana e molto grossolana, massiva o laminata (laminazioni parallela piana).

Gamma-ray: emissione decrescente con gradualità verso il basso, con fondo che passa da 20÷25° API a 15÷20° API e picchi da 40 a 30÷35° API.

Codici Munsell®: 5/N alternato a 5G 4/1.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided)

8) 73.6 - 89.8 m: *Sabbia grigio-verde media e grossolana.*

Sabbia grigio-verde media e grossolana, in strati gradati (o livelli) da medi a molto spessi (spessi prevalenti), massiva o laminata (laminazione parallela piana o incrociata da duna).

A base strato presenti talvolta livelli di sabbia con piccoli ciottoli.

Gamma-ray: emissione relativamente uniforme, con fondo compreso per lo più fra 15 e 20° API e picchi contenuti entro i 40° API, ma spesso inferiori a 30° API.

Codici Munsell®: prevalente 5G 4/1.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided)

9) 89.8 - 115.8 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa e silt verdi.*

Sabbia grigia finissima, fine e media (media prevalente) in strati da molto sottili a molto spessi spesso gradati, massiva o laminata (laminazione parallela piana o incrociata da duna), raramente bioturbata, con presenza di frammenti di legno.

Subordinate intercalazioni decimetriche fino a metriche di argilla siltosa verde e silt. L'argilla siltosa è massiva o bioturbata, e presenta impronte di radici, frustoli vegetali e frammenti di legno, concrezioni carbonatiche nodulari.

Gamma-ray: marcate oscillazioni del fondo, in sensibile aumento rispetto all'intervallo soprastante, con valori fra 15 e 35° API; picchi anch'essi variabili fra 30 e 50° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5G 3-5/1, subordinati 4-5/N nelle sabbie; prevalente 5GY 4/1, subordinati 5B 4/1 e 5BG 4/1, nel silt.

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 93.5-94.1 m (silt con argilla, torboso, con $I_p = 2.0$): $n = 0.470$, $S_r = 0.89$, $k = 2.83 \times 10^{-9}$ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

10) 115.8 - 124.6 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa e siltoso-sabbiosa verde.*

Sabbia grigia finissima, fine, media e medio-grossolana, massiva o laminata (laminazione parallela piana e ondulata, incrociata da ripple e ripple rampicante), in strati gradati da molto sottili a spessi, con clasti argillosi, frustoli vegetali e frammenti di legno.

Intercalazioni di livelli da decimetrici a metrici di argilla siltosa e siltoso-sabbiosa verde, massiva, con abbondanti frustoli vegetali e concrezioni carbonatiche nodulari. Alcuni livelli decimetrici di argilla palustre bruno-nerastra con abbondante materia organica.

Gamma-ray: emissione relativamente più uniforme rispetto all'intervallo soprastante, con fondo per lo più fra 20 e 25° API (solo eccezionalmente < 20° API) e picchi generalmente ~ 40° API.

Codici Munsell®: 5B 4/1, 4/N prevalenti su 5BG 4/1, 5G 4/1, 5Y 4/1.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE

11) 124.6 - 141.5 m: *Sabbia grigia finissima e fine alternata ad argilla siltosa e silt verdi.*

Sabbia grigia finissima, fine e fine-media in strati spesso gradati da molto sottili a spessi alternata a livelli da decimetrici a metrici di argilla siltosa e silt verdi.

Sabbia massiva o bioturbata o più frequentemente laminata (laminazioni parallela piana e ondulata, incrociata da ripple e duna, convoluta), con abbondanti frustoli vegetali e frammenti di legno.

Argilla siltosa e silt massivi o bioturbati, con abbondanti frustoli vegetali e frammenti di legno, impronte di radici, frequenti livelli di concrezioni carbonatiche nodulari. Frequenti livelli decimetrici di argilla palustre bruno-nerastra con abbondante materia organica

Gamma-ray: oscillazioni piuttosto marcate, in buon accordo con le frequenti alternanze di sabbia e silt, con fondo compreso per lo più fra 20 e 40° API e picchi da 30° API ad oltre 60° API.

Codici Munsell®: 4/N prevalente su 5BG 4/1, 5G 4/1, 2.5Y 3/1, 2.5Y 5/2.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

12) 141.5 - 174.8 m: *Sabbia grigia fine, media e medio-grossolana con intercalazioni di argilla siltosa e silt grigi o verdi.*

Sabbia grigia fine, media e medio-grossolana in strati (o livelli) da sottili a molto spessi, spesso gradati, massiva o più comunemente laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna e ripple), con clasti argillosi e abbondanti frustoli vegetali e frammenti legnosi (anche tronchi).

Intercalazioni da decimetriche fino a metriche di argilla siltosa e silt (subordinato) grigi o verdi, massivi o laminati, con impronte di radici, concrezioni carbonatiche nodulari, frustoli vegetali e frammenti legnosi. Alcuni livelli decimetrici di argilla palustre grigio-bruna e nerastra con materia organica e torba.

Gamma-ray: fluttuazioni piuttosto forti – benché gradualmente – nell'emissione, con fondo che passa da 15 a 30° API e picchi fra 25 e 50° API.

Codici Munsell®: 4/N, 5GY 4/1 prevalenti su 5BG 4/1.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

13) 174.8 – 220 m: *Sabbia grigia finissima, fine, media e grossolana alternata ad argilla siltosa e silt verdi.*

Sabbia grigia finissima, fine, media e grossolana alternata ad argilla siltosa e silt verdi.

Sabbia in strati da molto sottili a molto spessi (medi prevalenti), spesso gradati, massiva o più comunemente laminata (laminazione parallela piana e ondulata, incrociata da ripple, ripple rampicanti e duna), con clasti argillosi.

Silt e silt argilloso grigio e grigio-giallastro in strati sottili e medi, massivo o bioturbato, raramente laminato (laminazioni parallele piane o ondulate).

Argilla siltosa verde in livelli decimetrici fino a metrici, massiva o bioturbata, talvolta con laminazione parallela piana. Alcuni livelli decimetrici di argilla palustre grigio-bruna e nerastra con materia organica e torba.

Frequente presenza in tutte le litologie di: concrezioni carbonatiche nodulari, impronte di radici, frustoli vegetali, frammenti legnosi, e nelle facies fini di locali alterazioni ocracee.

Gamma-ray: fondo in generale aumento rispetto all'intervallo soprastante e compreso per lo più fra 20 e 35° API, picchi fra 35 e 55° API.

Codici Munsell®: 5GY 4-5/1, 4/N prevalenti su 5B 4/1, 5BG 5/1, 5G 4-5/1, 2.5Y 2.5/1, 3/N.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

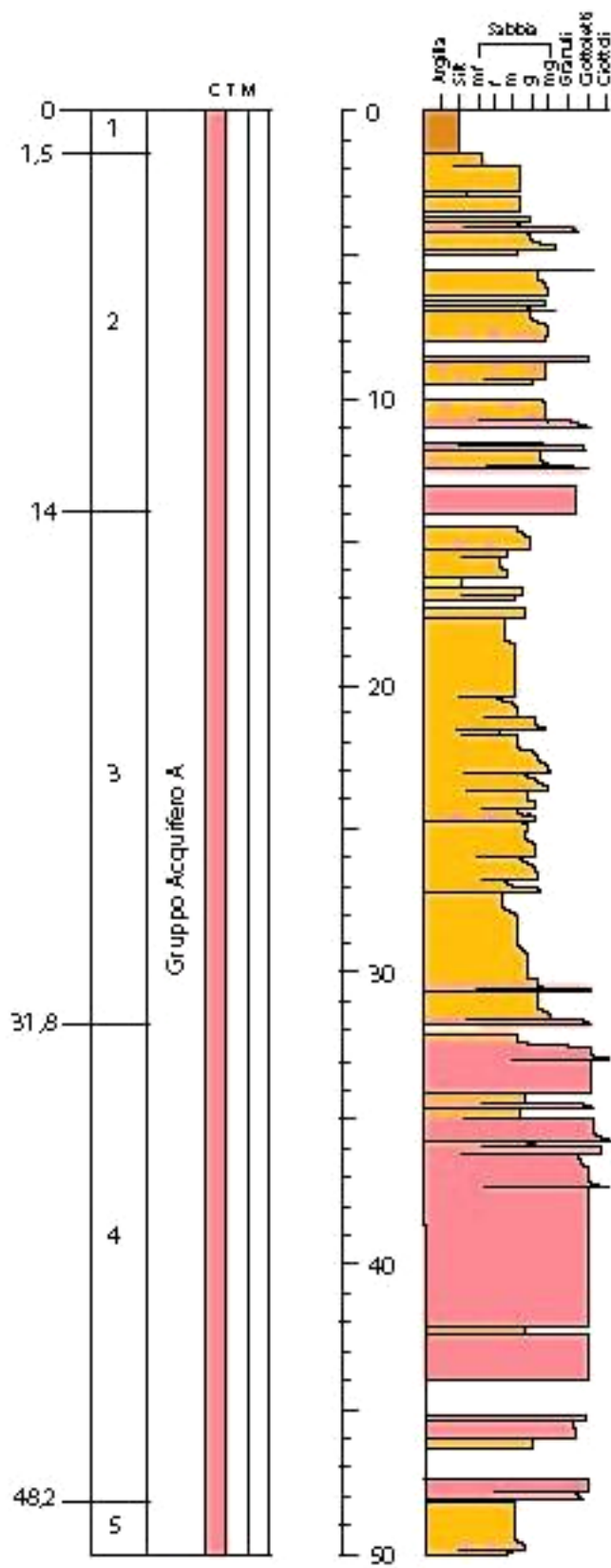


Figura 6.10 Sondaggio *Cilavegna* RL 3 colonna stratigrafica

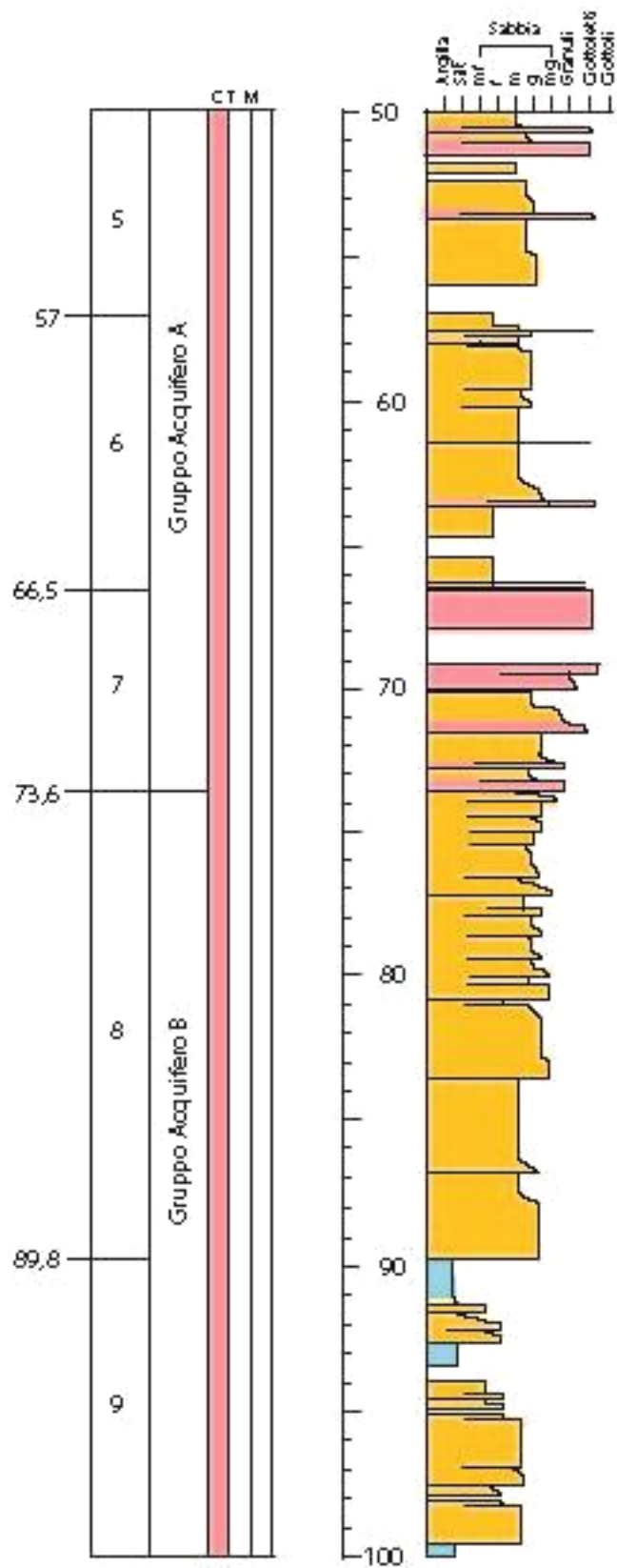


Figura 6.11 Sondaggio *Cilavegna* RL 3 colonnina stratigrafica

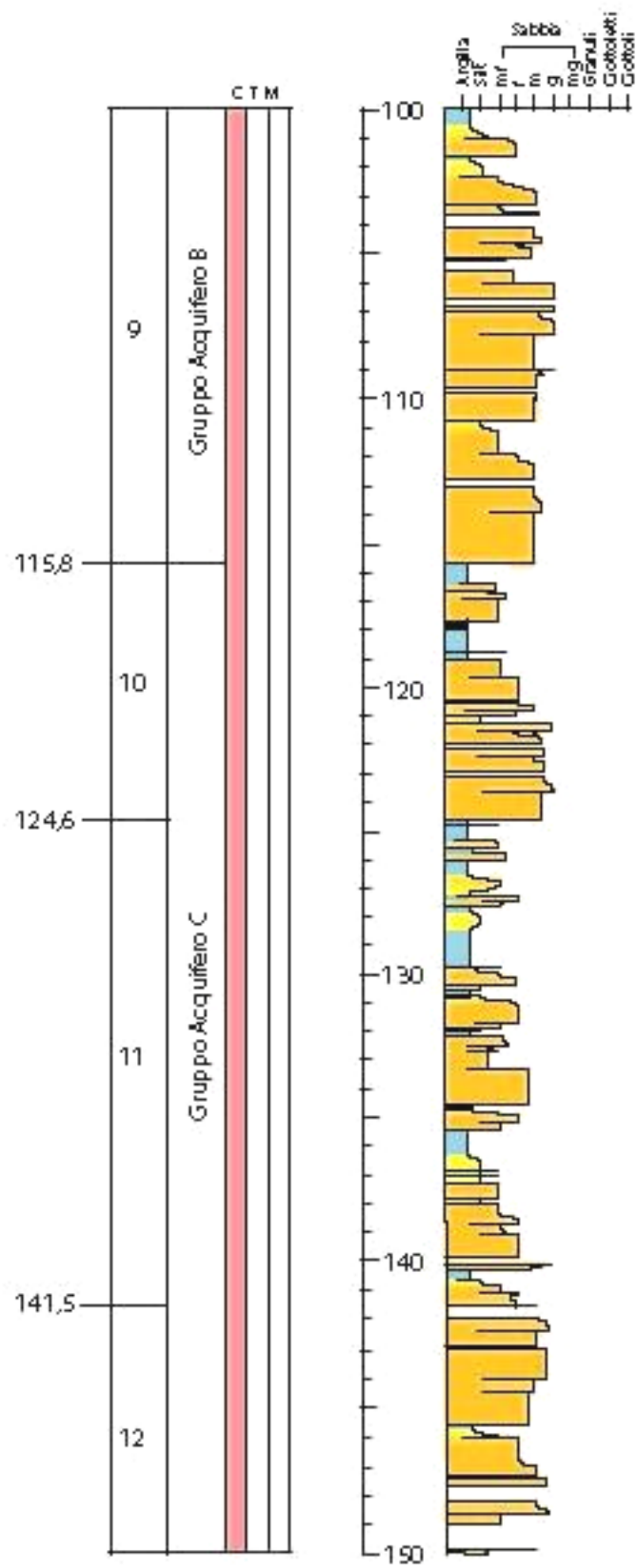


Figura 6.12 Sondaggio *Cilavegna* RL 3 colonna stratigrafica

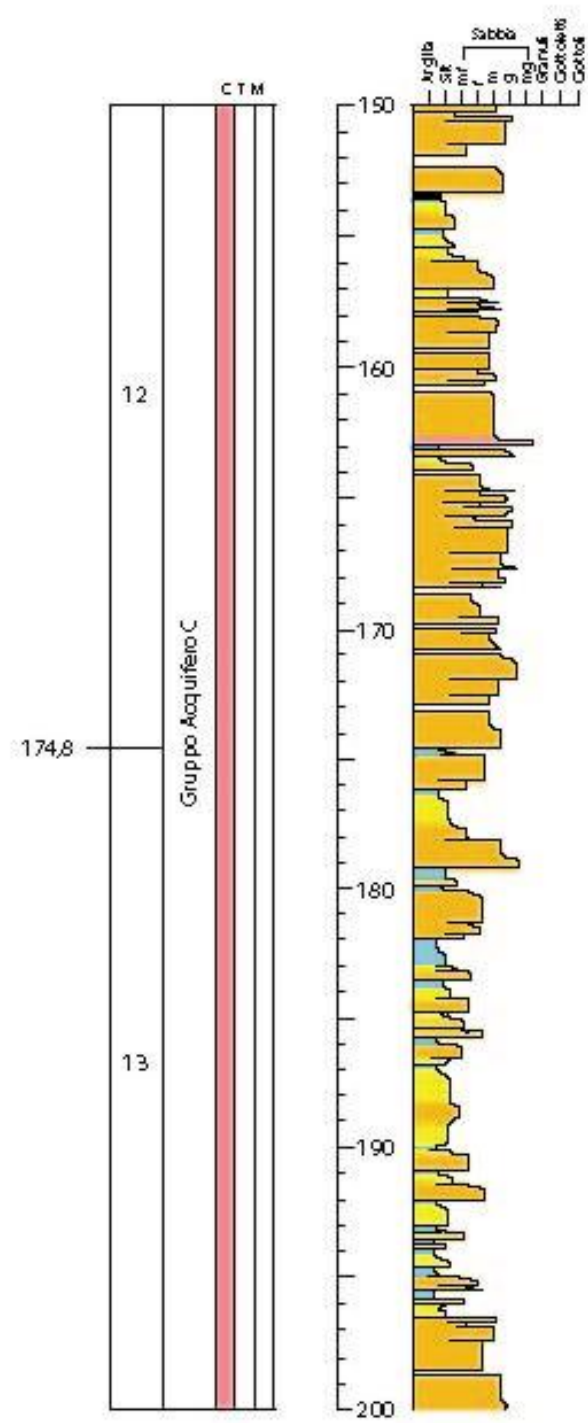


Figura 6.13 Sondaggio *Cilavegna RL 3* colonnina stratigrafica

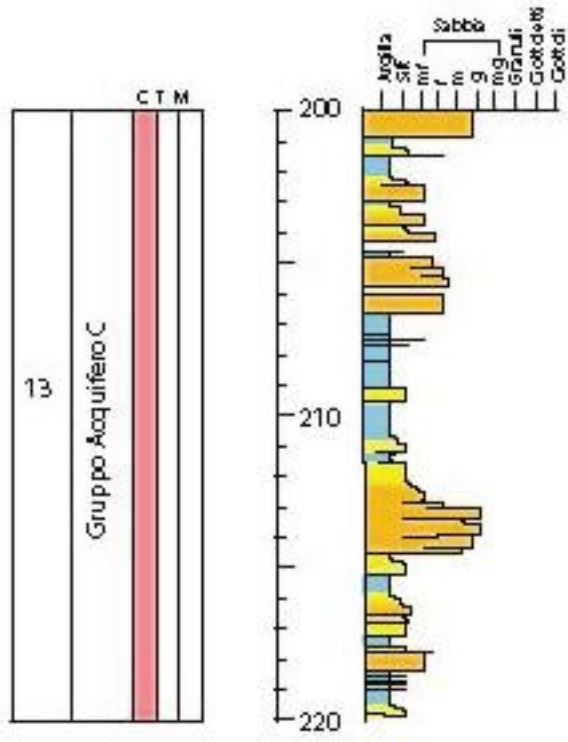


Figura 6.14 Sondaggio *Cilavegna RL 3* colonnina stratigrafica

6.1.1.4 - Sondaggio Agrate RL 4

Agrate RL 4 (MI)

coord.: 1527893 - 5045219

pc: 155 m

Il sondaggio presenta una buona qualità in tutta la successione sabbioso-argillosa. Percentuali di recupero inferiori caratterizzano invece i due intervalli grossolani tra p.c. e 40 m e a 130-150 m (in questo secondo intervallo i limiti sono stati definiti mediante l'analisi dei log gamma-ray).

1) 0 - 1.5 m: *Suolo e terreno di riporto.*

Gamma-ray: emissione per lo più compresa fra 20 e 30° API.

Codici Munsell®: 10YR 3-4/4, 7.5 YR 3/3-4.

2) 1.5 – 10 m: *Ghiaia poligenica grossolana e ghiaia poligenica grigio-giallastra e grigio-rossastra.*

Ghiaia grossolana e ghiaia poligenica grigio-giallastra e grigio-rossastra (locale alterazione), con matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati medi, spessi e molto spessi talvolta gradati.

Presenti ciottoli alterati o con patine di alterazione rossastra.

Gamma-ray: fondo in tendenziale aumento verso il basso, da poco più di 10 a 20° API, picchi per lo più fra 25 e 35° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

3) 10 - 20.8 m: *Ghiaia poligenica talora grossolana grigio-giallastra o bruno-giallastra con rare intercalazioni di sabbia media o grossolana anche con ciottoli.*

Ghiaia e ghiaia grossolana poligenica da grigio-giallastra a bruno-giallastra a matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati medi, spessi o molto spessi.

Rare intercalazioni decimetriche di sabbia grigio-giallastra, media o grossolana spesso ciottolosa, massiva o con gradazioni normali.

Gamma-ray: fluttuazioni piuttosto marcate del fondo, da 10° API ad oltre 25° API; picchi per lo più fra 25 e 35° API, eccezionalmente fino a 40° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

4) 20.8 – 36 m: *Ghiaia poligenica grigio-giallastra o bruno-giallastra con intercalazioni di sabbia da media a molto grossolana anche ciottolosa.*

Ghiaia poligenica raramente grossolana da grigio-giallastra a bruno-giallastra a matrice sabbiosa (sabbia da media a molto grossolana) o argilloso-sabbiosa, in livelli o strati medi, spessi o molto spessi.

Intercalazioni decimetriche di sabbia grigio-giallastra, media, grossolana o molto grossolana, spesso ciottolosa, massiva o con gradazioni normali.

Gamma-ray: emissione sensibilmente maggiore rispetto all'intervallo soprastante, poi in graduale decremento verso il basso, con fondo ~ 25° API e picchi a 35-40° API nella parte alta, fondo da 5 a 20° API e picchi < 30° API nella parte bassa.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

5) 36 - 39.8 m: *Arenaria grigia chiara media e grossolana ciottolosa.*

Arenaria grigia chiara media, grossolana e molto grossolana ciottolosa in strati da medi a spessi ("facies di Ceppo"). Strati talvolta gradati con livelli più ricchi in ciottoli alla base.

Gamma-ray: emissione in ulteriore decremento rispetto all'intervallo soprastante, con fondo fra 5 e 15° API e picchi che passano verso il basso da poco più di 20° API a poco più di 10° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

6) 39.8 - 52.6 m: *Sabbia grigia-giallastra fine e media.*

Sabbia grigia-giallastra fine e media (sabbia media prevalente) in strati o livelli medi, spessi e molto spessi (spessi prevalenti) talvolta gradati.

Sabbia classata massiva o più frequentemente laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple).

Un livello metrico di silt e argilla siltosa grigio-giallastra.

Gamma-ray: emissione in marcato aumento, con sensibili oscillazioni del fondo fra 15 e 35° API e picchi spesso fra 30 e 40° API, eccezionalmente fino a 50 in corrispondenza dell'intercalazione siltosa tra 40.0 e 41.0 m.

Codici Munsell®: 2.5Y 5/2-6 prevalenti su 10Y 6/1, 10YR 4-5/6.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (fluviale braided).

7) 52.6 - 58.6 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa verde.*

Sabbia grigia finissima, fine e media in strati gradati da molto sottili a spessi, laminata (laminazione incrociata da duna o ripple, laminazione parallela piana) o bioturbata. Frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Subordinate intercalazioni decimetriche di silt e argilla siltosa verde.

Gamma-ray: emissione con marcate oscillazioni del fondo, da poco più di 20 a 40° API, e picchi da 45° API fin quasi a 70° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5G 4-5/1, 5GY 4-5/1, 5Y 4-6/2; subordinati 10GY 4/1, 7.5YR 6/8.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

8) 58.6 - 84.7 m: *Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa verde o grigia.*

Sabbia grigia finissima, fine e media in strati da molto sottili a spessi (strati medi prevalenti) spesso gradati, massiva, bioturbata o più frequentemente laminata (laminazione parallela piana, o incrociata da ripple, da duna o convoluta), con frustoli vegetali, frammenti di legno e impronte di radici.

Subordinate intercalazioni decimetriche di argilla siltosa verde o grigia, massiva o bioturbata (raramente laminata), con frustoli vegetali, frammenti di legno e impronte di radici. Frequenti intercalazioni decimetriche di argilla palustre bruno-nerastra con abbondante materia organica vegetale e torba.

Gamma-ray: oscillazioni marcate nell'emissione, in buon accordo con le alternanze sabbia-silt; il fondo varia da poco più di 15° API ad oltre 50° API, i picchi da 20÷25° API a oltre 65° API.

Codici Munsell®: prevalenti 5G 3-4/1, 5GY 4-5/1, 10BG 4/1; subordinati 10G 3/1, 10GY 3-5/1, 10Y 2.5-4/1, 4/N.

Parametri geotecnici su campione indisturbato a 65.0-65.6 m (da silt con sabbia a silt debolmente sabbioso e debolmente argilloso, con rari elementi millimetrici di torba bruna e $l_p = 3.6$): $n = 0.434$, $S_r = 0.77$, $k = 1.06 \times 10^{-8}$ cm/s

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

9) *84.7 - 105.8 m: Argilla siltosa verde o grigio-nerastra con intercalazioni di sabbia grigia finissima e fine o silt.*

Argilla da poco a molto siltosa verde, massiva o bioturbata, talvolta laminata (laminazione parallela piana), con frustoli vegetali, frammenti di legno e impronte di radici. Frequenti intercalazioni decimetriche di argilla palustre bruno-nerastra con abbondante materia organica vegetale e torba.

Intercalazioni di sabbia grigia fine e finissima, o di silt in strati da molto sottili a medi (talvolta spessi) spesso gradati. Sabbia massiva, bioturbata o più frequentemente laminata con laminazione parallela piana o incrociata da ripple, con frammenti di legno e vegetali.

Gamma-ray: ancora fluttuazioni marcate, con fondo che va da 15 a 45° API e picchi da 25° API a poco più di 60° API.

Codici Munsell®: prevalenti 10GY 4-5/1, 10Y 2.5-6/1, 5G 4-5/1, 5GY 5/1; subordinati 10BG 4/1, 10YR 5/1, 7.5YR 2.5/1.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE.

10) *105.8 - 109.7 m: Sabbia grigia fine e fine-media.*

Sabbia grigia fine e fine-media in strati (o livelli) spessi talvolta gradati, laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple), con abbondanti frustoli vegetali e frammenti di legno.

Gamma-ray: emissione dapprima in netta diminuzione rispetto all'intervallo soprastante, poi in graduale aumento verso il basso, con fondo che passa da 15÷20° API ad oltre 25° API e picchi che vanno da meno di 30° API ad oltre 40° API.

Codici Munsell®: da 7.5YR 2.5/1 a 4/N verso il basso.

Ambiente: CONTINENTALE.

Sistema Deposizionale: PIANA ALLUVIONALE (canali fluviali).

11) *109.7 - 116.8 m: Sabbia grigia fine.*

Sabbia grigia fine in strati (o livelli) gradati da medi a molto spessi, laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple), talvolta bioturbata. Frustoli vegetali e frequenti frammenti fossili.

Gamma-ray: emissione tendenzialmente contenuta ed in lieve decremento verso il basso, con fondo da 25÷30° API a 15÷25° API e picchi da 30÷40 a 25÷30° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO (fronte deltizia).

12) *116.8 - 132.5 m: Sabbia grigia finissima, fine e media con intercalazioni di argilla siltosa grigia e grigia scura.*

Sabbia grigia finissima, fine (prevalente) e media in strati spesso gradati (prevalente la gradazione normale) da molto sottili a spessi, laminata (laminazione parallela piana, incrociata da duna o ripple), localmente massiva o bioturbata, con abbondanti frustoli vegetali e frammenti legnosi. Intercalazioni da decimetriche fino a metriche di argilla siltosa grigia o grigio-nerastra (per materia organica) di laguna salmastra, massiva o bioturbata (localmente laminata), fossilifera (lamellibranchi e gasteropodi).

Gamma-ray: emissione in marcato aumento rispetto all'intervallo soprastante, poi con una lieve tendenza al decremento verso il basso; fondo da 25÷40° API nella parte alta a 15÷30° API nella parte bassa, picchi poco sopra 50° API nella parte alta, poco al di sotto nella parte bassa.

Codici Munsell®: da 5GY 4-6/1 prevalente su 10GY 4/1, 10Y 2.5/1, 5G 4/1.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTIZIO.

13) 132.5 – 142 m: *Ghiaia carbonatica sabbiosa grigia.*

Ghiaia carbonatica sabbiosa grigia. Matrice sabbiosa o sabbioso-ciottolosa.

L'intervallo è caratterizzato da recupero parziale e da rimaneggiamento delle carote.

Gamma-ray: oscillazioni contenute dell'emissione, in tendenziale aumento verso il basso, con fondo che passa da 15÷20° API a 25÷32° API e picchi che vanno da 25÷35° API ad oltre 40° API.

Codici Munsell®: non valutati.

Ambiente: TRANSIZIONALE (o CONTINENTALE).

Sistema Deposizionale: DELTA-CONOIDE (o PIANA ALLUVIONALE con fluviale braided).

14) 142 - 158.3 m: *Sabbia grigia fine alternata a ghiaia carbonatica grigia talvolta sabbiosa.*

Sabbia grigia fine in strati o livelli da sottili a spesse alternata a ghiaia carbonatica grigia talvolta sabbiosa in strati da sottili a spessi.

Sabbia massiva, talvolta bioturbata o laminata (laminazione incrociata da ripple e parallela piana).

Frustoli vegetali e frammenti legnosi.

Gamma-ray: emissione decisamente contenuta e uniforme, con fondo fra 15 e 25° API e picchi fra poco meno di 30 e 40° API.

Codici Munsell®: 10GY 3-4/1, 5GY 3-4/1 e 3-4/N prevalenti su 2.5/N.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTA-CONOIDE.

15) 158.3 - 167.9 m: *Sabbia grigia fine e media.*

Sabbia grigia fine e media (fine prevalente), bioturbata, raramente laminata (laminazione parallela piana), in strati o livelli da sottili a spessi.

Subordinate intercalazioni centimetriche di argilla siltosa grigia.

Gamma-ray: emissione relativamente uniforme, con fondo compreso per lo più fra 15 e 25 e picchi a 40° API o appena oltre.

Codici Munsell®: prevalente gamma 2.5-4/N; localmente silt nelle gamme 10GY 3-4/1, 5GY 3-4/1.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTA-CONOIDE.

16) 167.9 – 185 m: *Argilla siltosa e silt argilloso grigio e grigio-ocra con intercalazioni di sabbia fine e finissima grigia.*

Argilla siltosa e silt argilloso grigio e grigio-ocra con frustoli vegetali e bioturbazione.

Frequenti intercalazioni di sabbia grigia fine e finissima in strati sottili e molto sottili, gradati, laminati (laminazione parallela piana e incrociata da ripple), con frustoli vegetali e bioturbazione.

Gamma-ray: oscillazioni viepiù marcate verso il basso, con fondo relativamente stabile fra poco meno di 20 e 30, ma occasionali "spikes" isolati fino a 50° API e oltre.

Codici Munsell®: prevalente 3-4/N per le sabbie, 5G 6/1 per il silt.

Ambiente: TRANSIZIONALE.

Sistema Deposizionale: DELTA-CONOIDE.

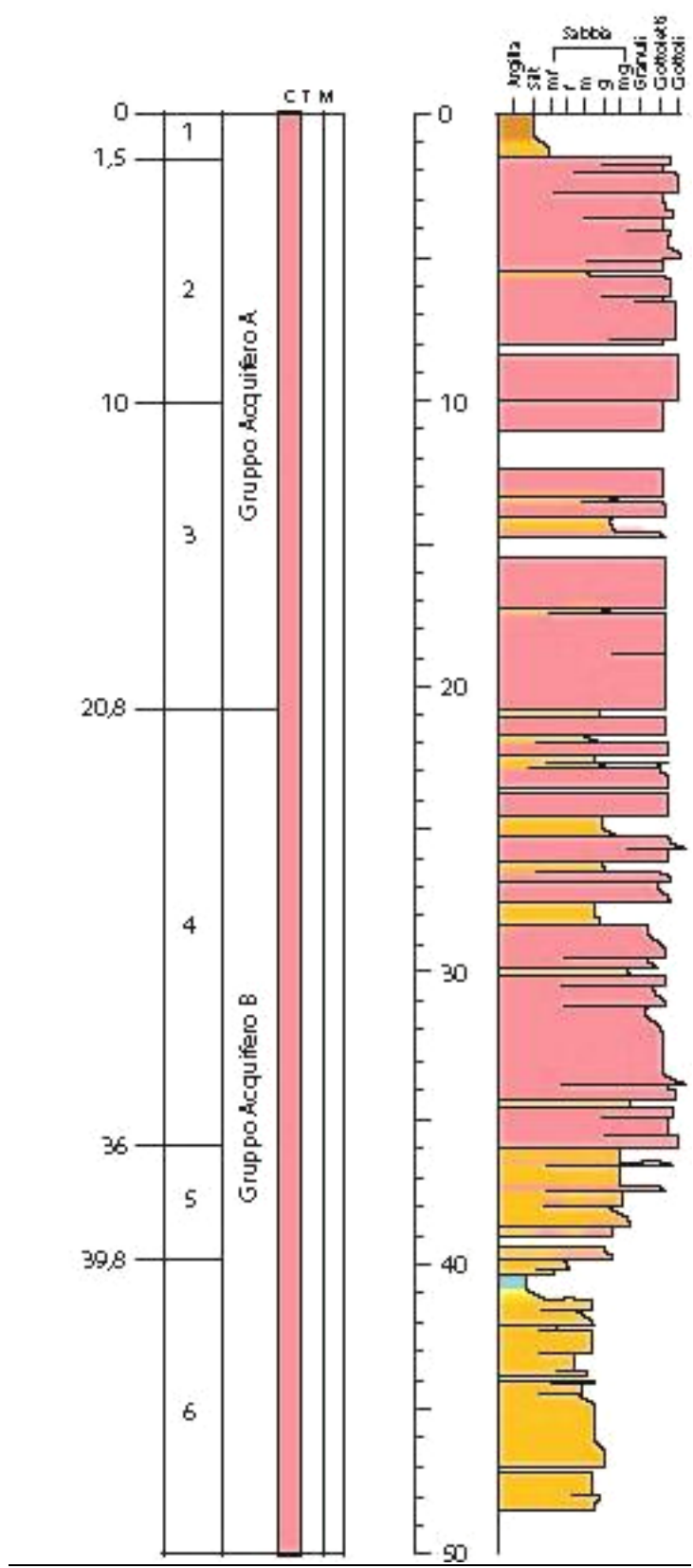


Figura 6.15 Sondaggio Agrate RL 4 colonnina stratigrafica

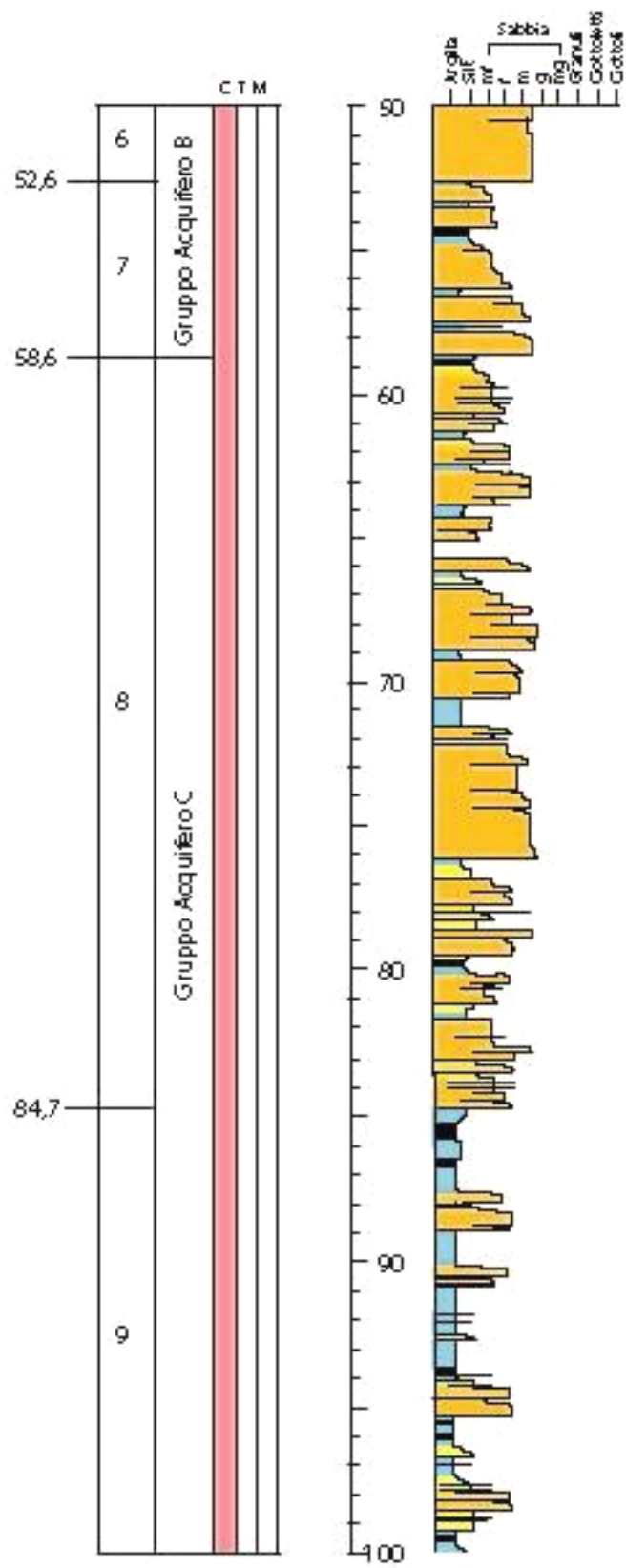


Figura 6.16 Sondaggio Agrate RL 4 colonna stratigrafica

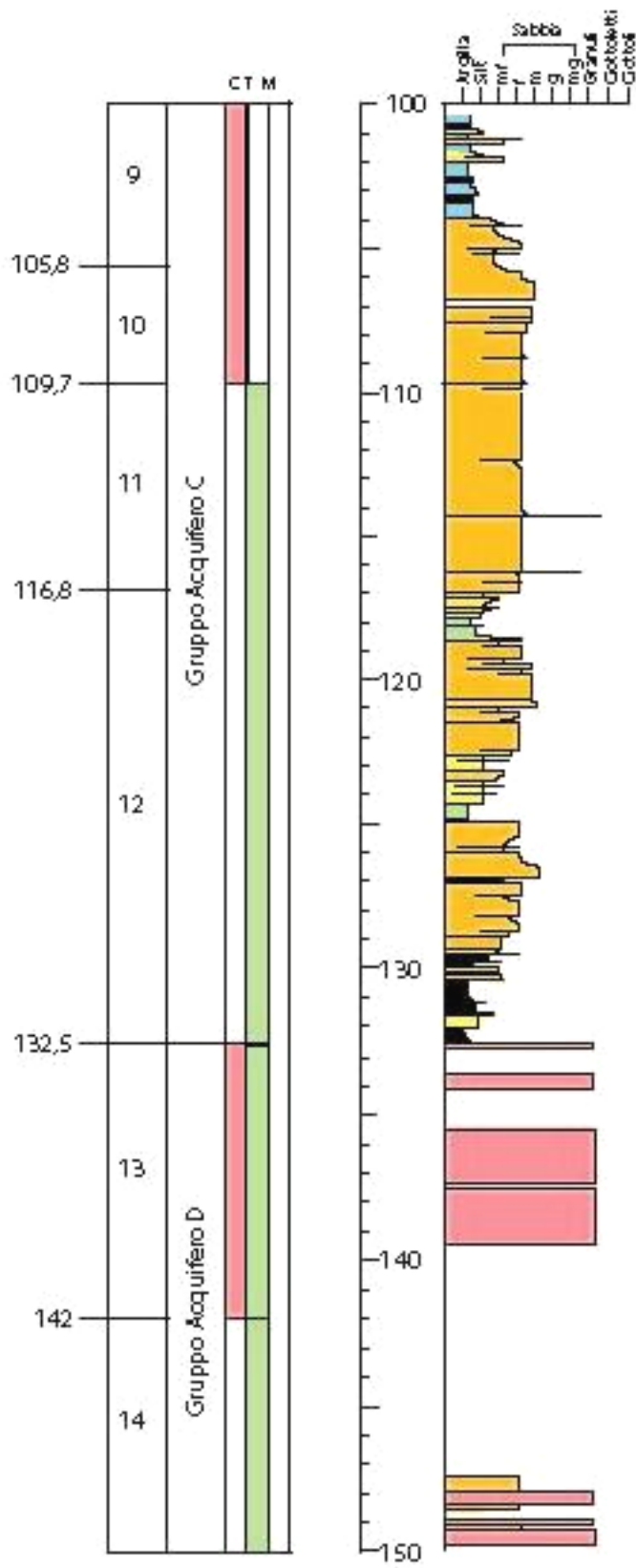


Figura 6.17 Sondaggio Agrate RL 4 colonna stratigrafica

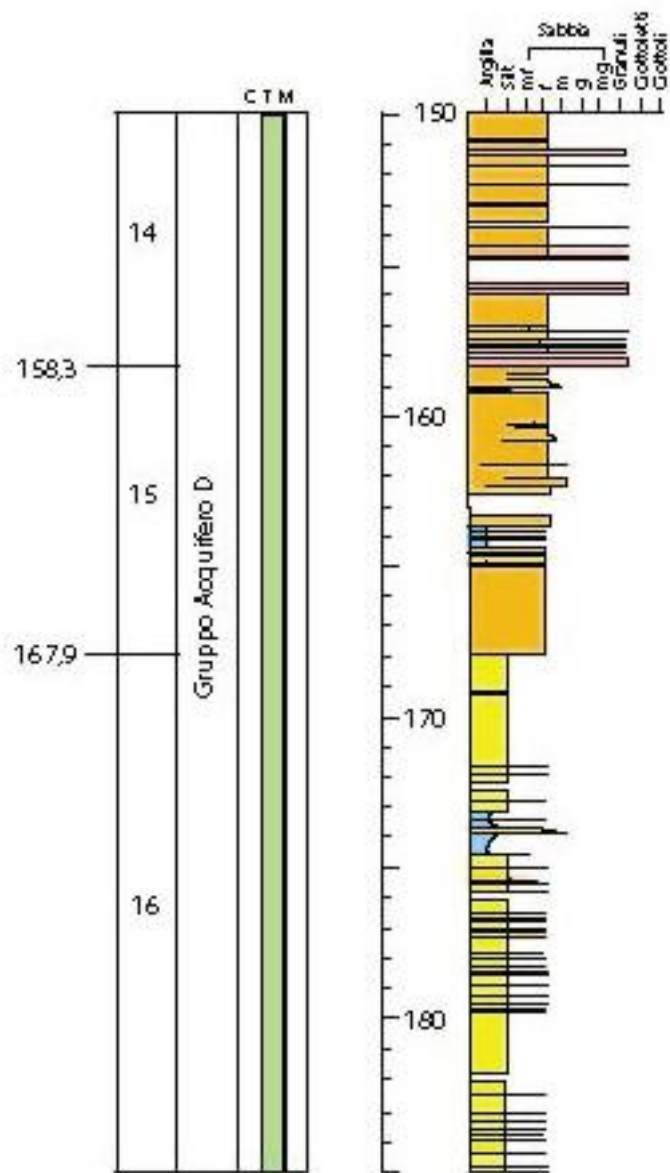


Figura 6.18 Sondaggio Agrate RL 4 colonna stratigrafica

