

404SM - INTEGRATED PETROPHYSICS

Teaching objectives

The students will gain knowledge in the field of petrophysics useful for the study of underground reservoir. In particular knowledge about hydrocarbons origin, conditions of deposition environment and geological history of the basin within which hydrocarbons reservoirs can be produced, and conditions of gas seeps toward the atmosphere. Basic knowledge of fundamentals concepts in petrophysics, know-how about geophysical well logging acquisition analysis and interpretation Understanding the importance of seismic attributes during seismic data interpretation and petrophysical characterization of reservoirs.

Teaching methods

Frontal lessons on the different themes and labs on well logs.

Examination

The oral examination will coincide with contents of lessons. Interpretation of logs obtained in subsurface conditions illustrated by the course (e.g. hydrocarbon or water reservoirs) will be requested.

Course Program (preliminar)

Introduction to Petroleum geology: basic hydrocarbon chemistry, depositional environment of biogenic material, source rocks, kerogene formation, van Krevelen diagram, biomarkers, maturity measurements; hydrocarbon migration and accumulation in traps, seal rocks; porosity and permeability of sedimentary rocks; physic properties of hydrocarbon: density, viscosity, solubility, PVT analysis and phase behaviour; interfacial tension, capillary pressure, wettability, oil-water contact; Ohm laws and formation resistivity; water saturation and Archie formulas. Fundamentals of geophysical well-logging: historical overview, objectives, field conditions and operations, classification (open well logs, While Drilling and Wire Line, in shielded boreholes, Production logs, lithological logs, resistivity and porosity logs). Petrophysical applications of well logs, fundamental petrophysical parameters. Principles of main open well instruments, recent lithological and petrophysical interpretation techniques of logs in clastic and carbonate reservoirs with lab. Geological and geophysical applications (stratigraphic, sedimentological and structural) of open well logs.

UD1: Introduction of the seismic attributes Chronological analysis of the "seismic attribute" concept and main classification criteria. Use of the seismic attributes and examples of application.

UD2: "Instantaneous" attributes Instantaneous attributes. Continuous and discrete Fourier transform. Application on real data. Instantaneous Amplitude, Phase and Frequency. Their characteristics and sensitivity to the amplitude variation, to the bandwidth and to the phases on synthetic data. Examples of application on real seismic data.

UD3: Spectral decomposition Spectral decomposition: meaning and calculation strategies.: STFT and Wavelet analysis. Critical comparison between the two methods. Qualitative and quantitative examples of applications. Description of the methods for the thickness estimation based on the tuning thickness. Shadow zones meaning and identification of low frequency zones.

UD4: Coherency attributes Coherency attributes: basic principles and application on seismic sections, timeslices or horizons. Methods to estimate the dip and the azimuth and their utility as additional attributes. Examples of application in different geological contexts. Calculation strategies and classification of the coherency attributes. Strengths and limitations of the different approaches. Examples of applications on synthetic and real data and effects on the calculus parameters variations.

UD5: AVO/AVA and Seismic Inversion AVO: basic principles. Linearization of the Zoeppriz equations (Aki and Richards, and Shuey). Concepts of "intercept" and "gradient". Crossplot diagram and sands classification for

different fluid contents. Examples of application. Other AVO analysis methods. Seismic data inversion: description of the two different approaches based on the acoustic impedance and on λ/μ . Applications on real data. Correlations between seismic data and borehole logs. Mention of the AVA analysis. Synthesis of the strengths and weaknesses of the described methodologies.

Personal skills

The students will gain knowledge in the field of petrophysics useful for the study of underground reservoir. In particular knowledge about hydrocarbons origin, conditions of deposition environment and geological history of the basin within which hydrocarbons reservoirs can be produced, and conditions of gas seeps toward the atmosphere. Basic knowledge of fundamentals concepts in petrophysics, know-how about geophysical well logging acquisition analysis and interpretation Understanding the importance of seismic attributes during seismic data interpretation and petrophysical characterization of reservoirs. D1 - Knowledge and understanding: the Student shall know the fundamentals of petroleum geology, well-logging, advanced geophysical data analysis for reservoir studies. D2 - Applying knowledge and understanding: the Student shall be able to evaluate the characteristics of reservoir in sedimentary basins through the integrated analysis of geological, geophysical and well-logging data. D3 - Making judgements: the Student shall be able to evaluate different information and to select optimum analytical methods to achieve the survey's objectives. D4 - Communication skills: the Student shall be able to illustrate fundamentals of the methods and experimental work with correct technical language. D5 – Learning skills: The Student will gain competences that will enable his autonomous scientific and professional progress to maintain an adequate know-how, through continuing education, in a rapidly evolving technological sector.

----- O -----

Obiettivi formativi

Lo studente acquisirà conoscenze nel settore petrolifero utili per lo studio dei reservoir. In particolare, conoscenze sull'origine degli idrocarburi, sulle condizioni legate all'ambiente deposizionale ed alla storia geologica del bacino entro cui si possono formare giacimenti o concentrazioni di idrocarburi e sulle condizioni che determinano fuoriuscite di gas in atmosfera.

Acquisizione fondamentali di petrolifisica, competenze di esecuzione analisi ed interpretazione log geofisici attraverso esercitazioni su dati reali. Comprendere l'importanza dell'uso degli attributi sismici nei processi di interpretazione dei dati sismici e caratterizzazione petrolifisica dei reservoir.

Metodi didattici

Lezioni frontali ed esercitazioni su dati di pozzo.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Il programma d'esame è orale e coincide con i contenuti delle lezioni e prevede l'interpretazione di log relativi a situazioni particolari presentate nel corso (e.g. reservoir idrocarburi, acquiferi).

Contenuti del corso (Programma di massima)

Introduzione alla geologia del petrolio: basi di chimica degli idrocarburi, ambienti di deposizione della materia organica, rocce madri, trasformazione in kerogene, Diagramma di van Krevelen, fossili geochimici, misure di maturità; migrazione e accumulo in trappole degli idrocarburi, rocce di copertura; porosità e permeabilità delle rocce sedimentarie; proprietà fisiche degli idrocarburi: densità, viscosità, solubilità, analisi PVT e comportamenti di fase; tensione interfacciale, pressione capillare, bagnabilità,

superficie di contatto olio-acqua; Leggi di Ohm e resistività della formazione; saturazione d'acqua e Formule di Archie.

Generalità sui log geofisici di pozzo: cenni storici, scopi, ambiente di lavoro, modalità operative e classificazione (log in foro aperto, WhileDrilling e Wire Line, in foro tubato e log di Produzione, log litologici, di resistività e di porosità). Applicazioni petrofisiche dei log di pozzo e richiami ai principali parametri petrofisici. Cenni ai principi di funzionamento dei principali attrezzi log in foro aperto e alle tecniche più attuali di interpretazione litologica e petrofisica dei log in serbatoi clastici e carbonatici con esercitazioni pratiche. Cenni alle diverse applicazioni geologiche (stratigrafiche, sedimentologiche, strutturali, ecc.) e geofisiche dei log in foro aperto.

UD1: Introduzione agli attributi sismici

Analisi cronologica dello sviluppo del concetto di "attributo sismico" e principali criteri di classificazione. Utilità degli attributi e ambiti di applicazione.

UD2: Attributi "istantanei" Attributi istantanei. Trasformata di Fourier nel continuo e nel discreto.

Aspetti applicativi. Ampiezza, fase e frequenza istantanee. Caratteristiche e sensibilità alle variazioni di ampiezza, larghezza di banda e fase su dati sintetici. Esempi di applicazione a dati reali.

UD3: Spectral decomposition Decomposizione spettrale. Significato e sistemi per il calcolo: STFT e Wavelet analysis. Confronto critico delle due metodologie. Esempi di applicazione qualitativi e quantitativi. Metodi di stima degli spessori basati sulla tuning thickness. Identificazione di zone anomale a bassa frequenza (shadow zones).

UD4: Attributi di coerenza Attributi di coerenza: concetti fondamentali e significato su sezioni sismiche, su timeslice, su orizzonti. Importanza di dip e azimuth. Metodi di calcolo di dip e azimuth e utilità come attributi. Esempi di applicazione in diversi contesti geologici. Metodi di calcolo e tipologie di attributi di coerenza. Pregi e difetti dei diversi approcci. Esempi di applicazione su dati sintetici e reali e risposta ai diversi parametri di calcolo.

UD5: AVO/AVA e INVERSIONE SISMICA

AVO: concetti fondamentali. Linearizzazione delle equazioni di Zoeppriz (Aki e Richards, e Shuey). Concetti di "Intercetta" e "gradiente". Crossplot e classificazione delle sabbie in base al contenuto in fluidi. Esempi di applicazione. Altre metodologie di analisi AVO. Inversione di dati sismici: descrizione dei due diversi approcci basati su: impedenza acustica; λ/μ . Applicazione a dati reali. Correlazione dei dati sismici con i log di pozzo. Cenni alle analisi AVA. Sintesi delle potenzialità e dei limiti delle metodologie descritte.

Conoscenze e abilità

Lo studente acquisirà conoscenze nel settore petrofisico utili per lo studio dei reservoir. In particolare, conoscenze sull'origine degli idrocarburi, sulle condizioni legate all'ambiente deposizionale ed alla storia geologica del bacino entro cui si possono formare giacimenti o concentrazioni di idrocarburi e sulle condizioni che determinano fuoriuscite di gas in atmosfera. Acquisizione fondamentali di petrofisica, competenze di esecuzione analisi ed interpretazione log geofisici attraverso esercitazioni su dati reali. Comprendere l'importanza dell'uso degli attributi sismici nei processi di interpretazione dei dati sismici e caratterizzazione petrofisica dei reservoir.

D1 - Conoscenza e capacità di comprensione: Lo studente, al termine del corso, dovrà conoscere i fondamentali della geologia del petrolio, del welllogging, dell'analisi avanzata di dati geofisici per studi di reservoir.

D2 - Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente dovrà essere in grado di valutare le caratteristiche di reservoir in bacini sedimentary attraverso l'analisi integrata di dati geologici, geofisici e di well-logging.

D3 - Autonomia di giudizio Lo studente dovrà essere in grado di valutare le diverse informazioni e selezionare i metodi di analisi ottimali per il conseguimento degli obiettivi dell'indagine.

D4 - Abilità comunicative Lo studente dovrà essere in grado di descrivere i principi fondamentali dei metodi ed il lavoro svolto con linguaggio tecnico appropriato.

D5 - Lo studente acquisirà competenze che lo metteranno in grado di perfezionare in modo autonomo la sua formazione scientifica e professionale ai fini di mantenere un adeguato livello di competenze con modalità di formazione permanente (continuing education) in un ambito disciplinare in rapida evoluzione tecnologica.