

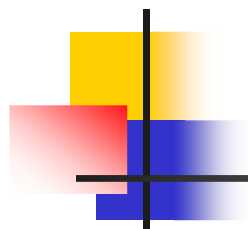


Università degli Studi di Trieste
Dipartimento di Ingegneria ed Architettura

Introduzione al corso Energia: risorse, trasformazioni ed usi finali

R. Taccani

**Corso di Impiego industriale dell'energia
BOZZA AA 2020-2021**



Informazioni sul corso

■ **Docente**

Rodolfo Taccani

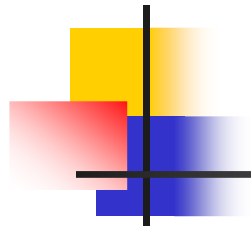
Ufficio Ed. C7 2° P, tel. 040 5583806

Ricevimento martedì 12-14 (mandare in ogni caso una mail) e su appuntamento
taccani@units.it

■ **Appelli**

Appelli regolari + 1 appello straordinario mensile per fuoricorso e ripetenti (tranne agosto). Tutti gli appelli sono pubblicati su esse3. Gli appelli straordinari vanno richiesti via e-mail e vengono pubblicati su esse 3 circa 2 settimane prima dell'esame.

Non vengono fatti più di 4 esami al giorno. Pertanto, per liste lunghe, prevedere che l'esame potrà essere fatto anche diversi giorni dopo la data dell'appello.



Informazioni sul corso

- **Orario lezioni**

- Martedì 10.00 12.00
- Giovedì 10.00 12.00
- Venerdì 10.00 12.00

- **Modalità d'esame**

L'esame consisterà in una prova orale. Normalmente 3 domande che possono riguardare anche le esercitazioni. Per il momento l'esame si svolgerà su Mteams.

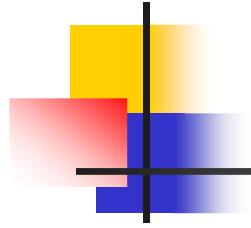
- **Materiale**

Presentazioni Power Point che sono disponibili su Moodle. Le presentazioni caricate all'inizio del corso possono essere leggermente diverse da quelle alla fine in quanto vengono di anno in anno aggiornate. Assicurarsi di studiare sulle versioni disponibili alla fine del corso.

Testo dal quale viene tratto circa il 50% del corso:

G. Lozza: Turbine a gas e cicli combinati - Progetto Leonardo, Esculapio Editore, Bologna

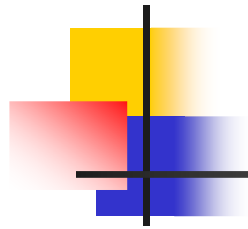
Note su alcuni specifici argomenti verranno distribuite su file pdf.



Informazioni sul corso

■ Libri consigliati

- A. Cavallini, L. Mattarolo: Termodinamica Applicata CLUEP Editore
- G. Lozza: Turbine a gas e cicli combinati - Progetto Leonardo, Esculapio Editore, Bologna
- E. Macchi, S. Consonni, S. Paolo: La microcogenerazione a gas naturale - ed. Polipress
- W.F. Stoecker, Design of Thermal System, McGraw- Hill, 1989.
- G. Cornetti, Fondamenti di macchine – ed. Il Capitello.



Programma 2019-20

1. Introduzione. Criteri generali di valutazione dei processi energetici.

Introduzione al corso. Fonti energetiche e consumi energetici.

Studio dei processi mediante il I° e il II° principio della termodinamica: bilanci generali di I° e II° principio e relativi rendimenti, analisi delle irreversibilità con esempi di applicazione ai processi reali più significativi, contenuto exergetico dei combustibili.

Analisi economica dei processi energetici: struttura dei costi di produzione dell'energia, relazioni tra l'efficienza termodinamica e l'efficienza economica, approccio generale di ottimizzazione dei costi dei componenti in relazione alle variabili energetiche a loro connessi, esempi applicativi.

2. Impianti a vapore

Richiami: ciclo termodinamico, componenti principali, rendimento. Cicli Rankine a fluido organico.

3. Motori a combustione interna

Cenni: ciclo termodinamico, componenti principali, rendimento

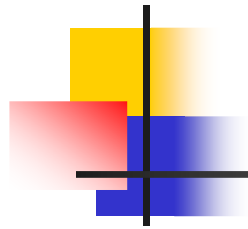
4. Turbine a gas

Ciclo termodinamico. Rendimento ideale e reale. Componenti: compressore, turbina, camera di combustione. Cenni al comportamento fuori progetto, influenza delle condizioni ambientali. Temperature massime raggiungibili e raffreddamento delle pale, tipologie, prestazioni delle macchine presenti sul mercato, regolazione.

Microturbine a gas

5. Cicli combinati

I cicli combinati gas/vapore. Aspetti termodinamici, assetto dei cicli multipressione, ottimizzazione delle caldaie a recupero, prestazioni, regolazione, cenni al repowering.



Programma 2019-20

6. Elementi fondamentali sulle emissioni dai processi di combustione

Tipi di inquinanti emessi, cenni ai meccanismi di formazione, sistemi di rimozione e loro efficienza attese, conversione tra le varie unità di misura delle emissioni per il confronto con i valori di norma.

7. Macchine frigorifere ad assorbimento

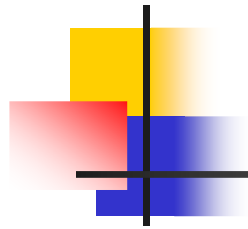
Schema di funzionamento, caratteristiche, confronto con i frigoriferi a compressione, settori di utilizzo.

8. Celle a combustibile

Principio di funzionamento, tipologie, rendimento, applicazioni.

9. Cogenerazione e trigenerazione

Fondamenti termodinamici e motivazioni della superiorità termodinamica della produzione termica in cogenerazione rispetto alla produzione indipendente. Il comportamento degli impianti in modalità cogenerativa: regolazione e soddisfacimento dei carichi elettrici e termici con macchine a vapore, turbine a gas in ciclo semplice, cicli combinati e motori alternativi.



Programma 2015-16

- **Esercitazioni**

Il corso comprende alcune esercitazioni di carattere monografico, consistenti in applicazioni numeriche e progetti riguardanti i temi di maggior rilievo trattati nel programma (dimensionamento e ottimizzazione di componenti di rilievo, analisi di processi termodinamici di produzione dell'energia, analisi tecnica ed economica di impianti di cogenerazione).

- **Laboratorio**

Il corso include due esercitazioni pratiche riguardanti il rilievo delle curve caratteristiche di una microturbina ed il rilievo delle prestazioni di un impianto solare termico a servizio di un ciclo ad adsorbimento dell'efficienza di un pannello solare termico. Dette esercitazioni potranno essere sostituite con altre equivalenti a seconda della disponibilità dell'attrezzatura sperimentale.

- **Visite Tecniche**

Sono previste le seguenti visite tecniche

Centrale termoelettrica Monfalcone

Servola S.p.A. (Ferriera)

o ad altri impianti in sostituzione a quelli citati.

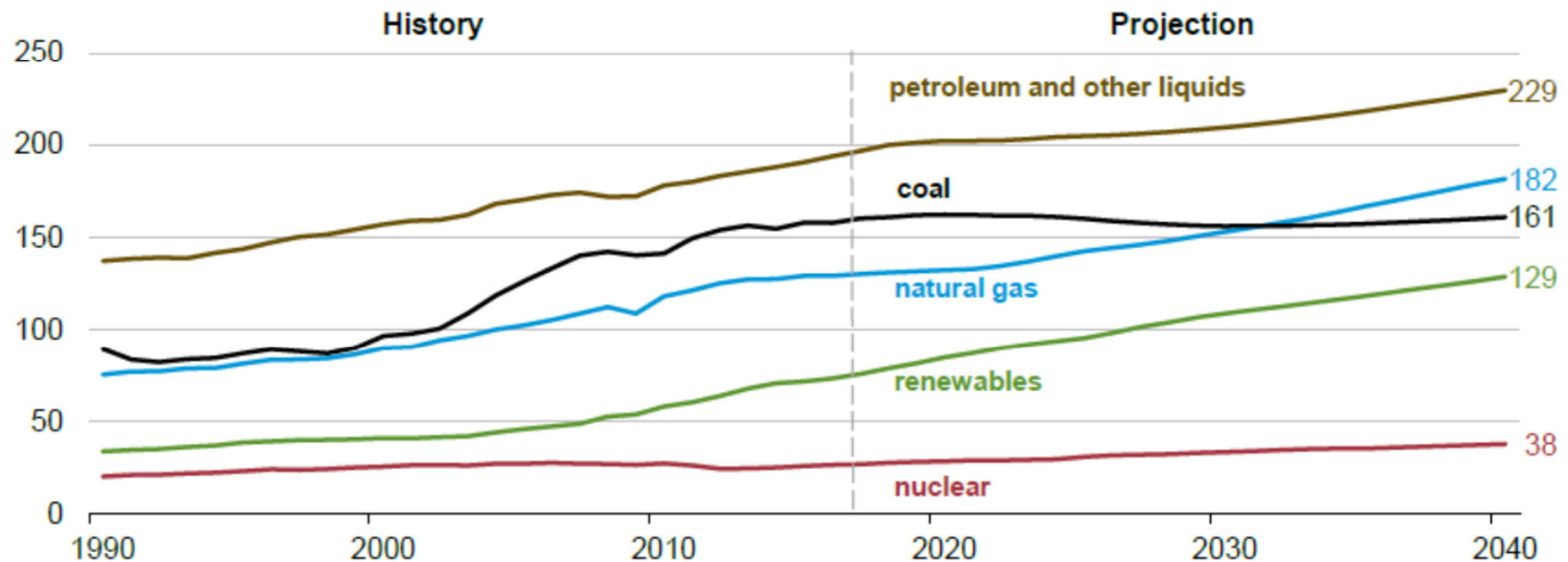
Domanda di energia mondiale

World energy consumption increases for fuels other than coal

IEO2018 Reference case

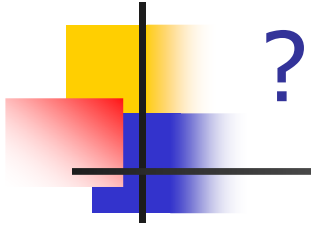
world energy consumption by energy source

quadrillion Btu



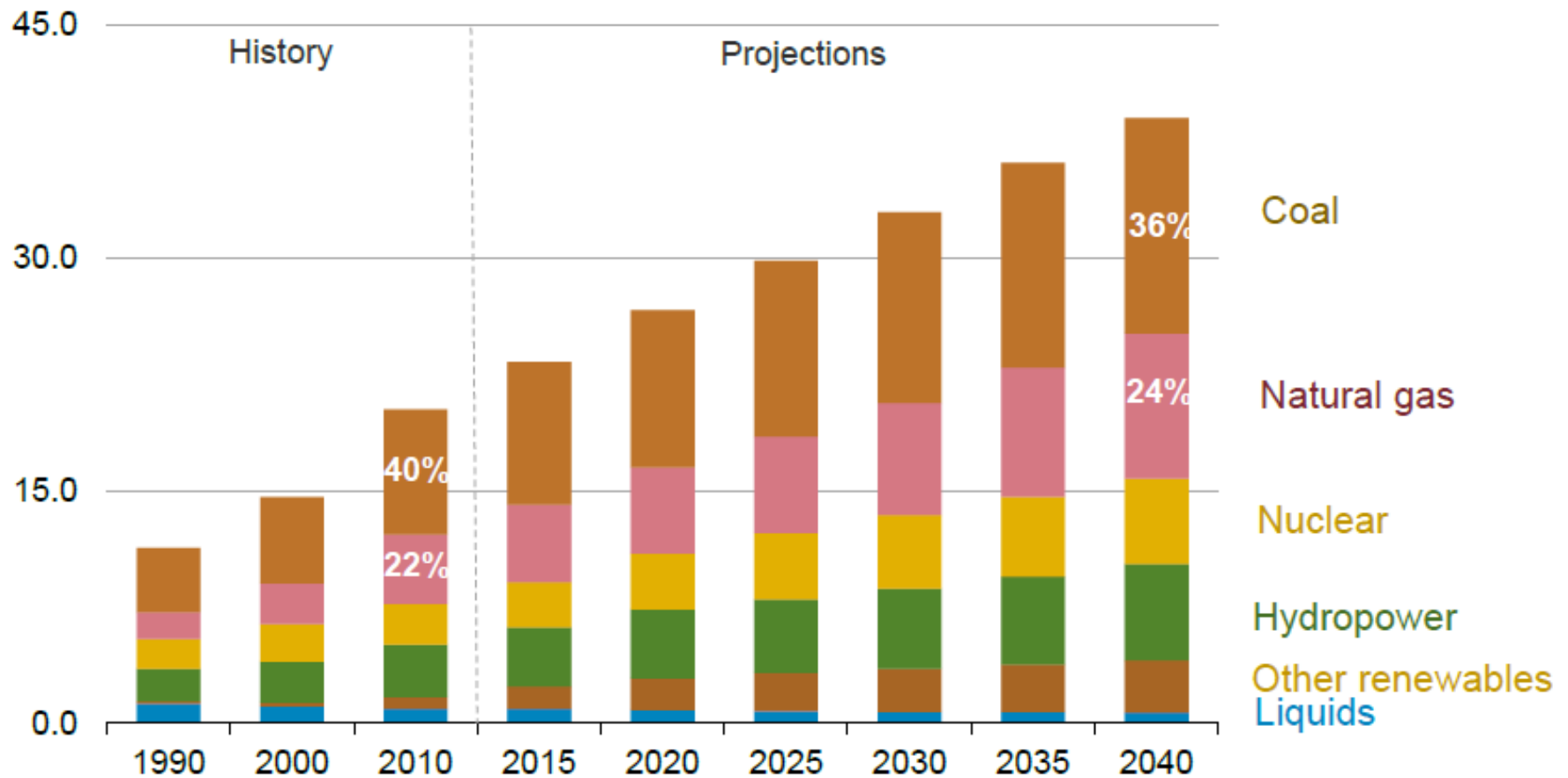
Source: EIA, International Energy Outlook 2018

<https://www.eia.gov/beta/international/>



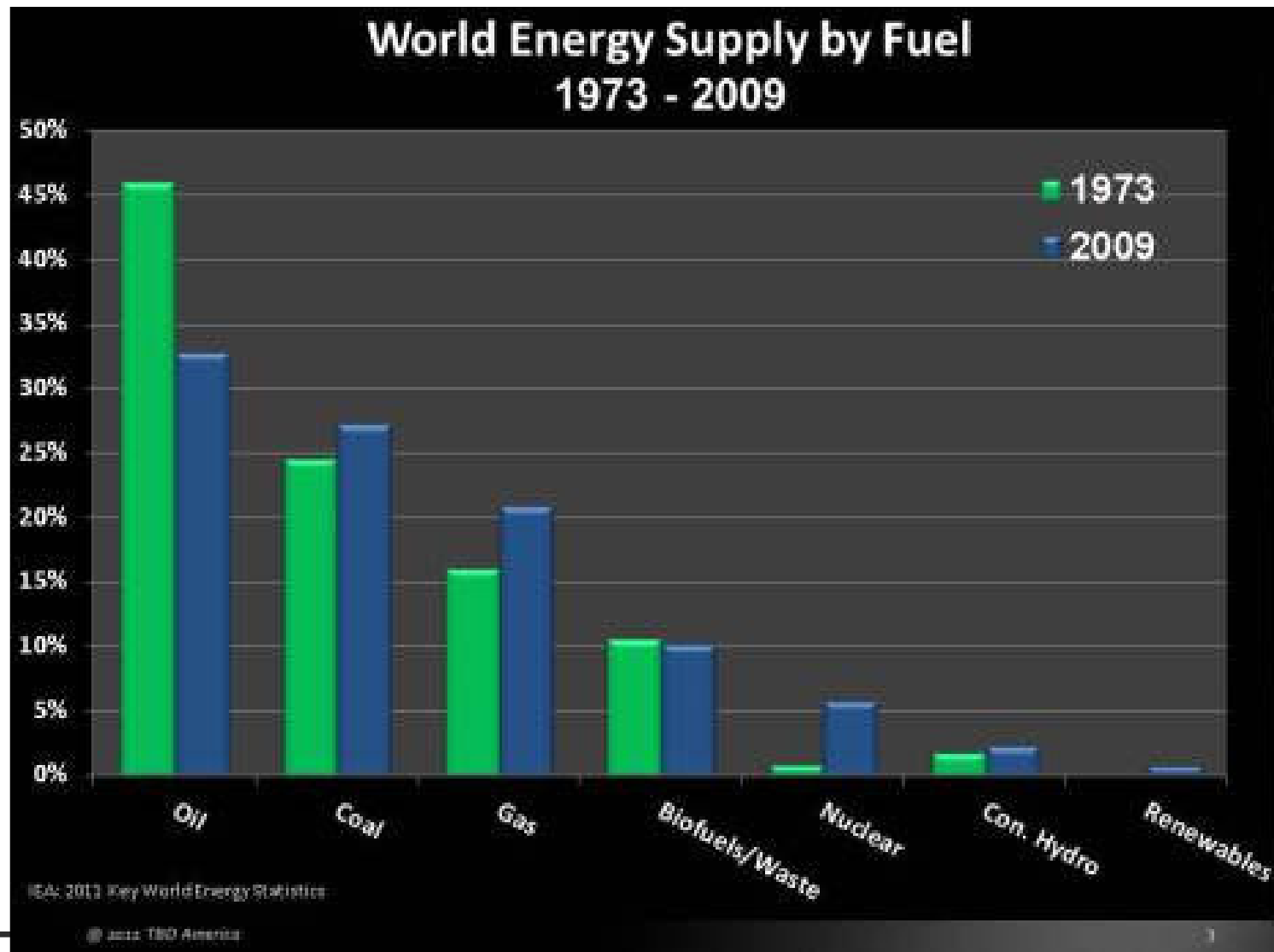
Where does electricity come from?

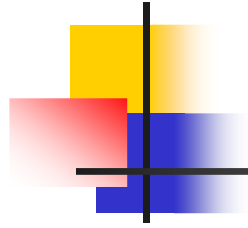
world electricity generation by fuel
billion kilowatthours



Source: EIA, International Energy Outlook 2013

Where does ENERGY come from (1973)

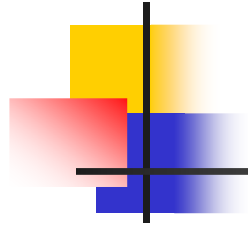




Iniziamo con un messaggio di ottimismo

*il mondo ha più risorse energetiche oggi
di quante ne abbia mai avute nel passato*

World Energy Resources
2013 Survey: Summary



Iniziamo con un messaggio di ottimismo

*il mondo ha più risorse energetiche oggi
di quante ne abbia mai avute nel passato*

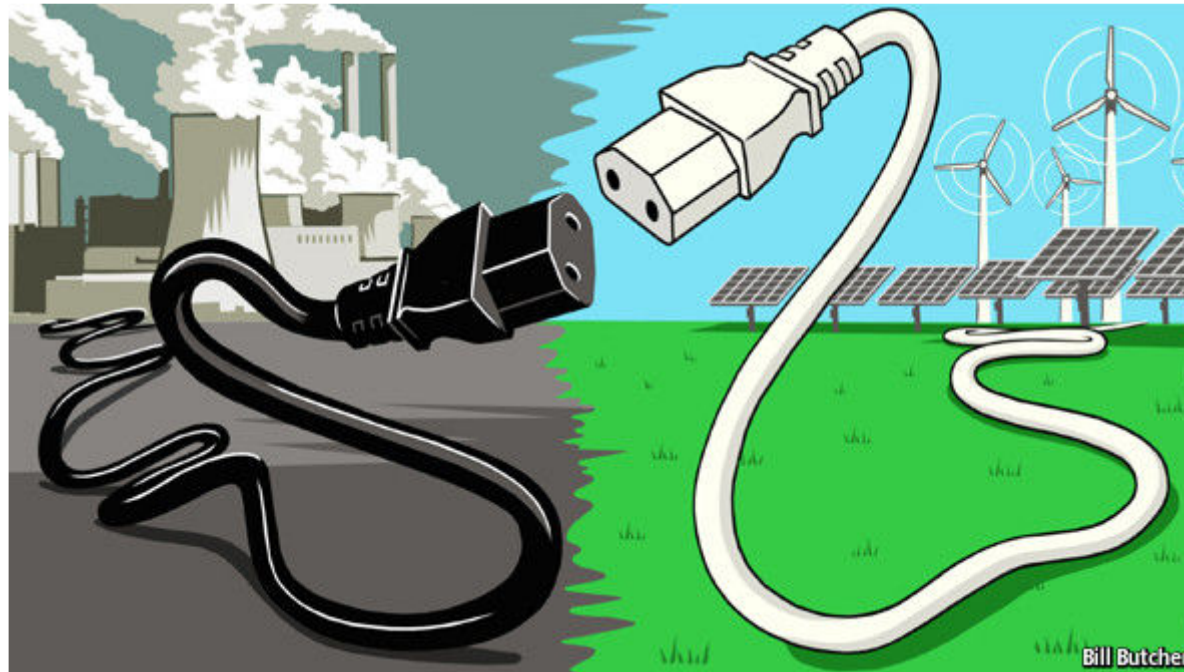
World Energy Resources 2013 Survey: Summary

Dobbiamo essere grati ai combustibili fossili: sono stati, sono e continueranno per molti decenni a essere il principale motore propulsivo dello sviluppo. I progressi tecnologici nel loro utilizzo sono stati formidabili, sia in termini energetici, sia, ancora di più, in termini ambientali.

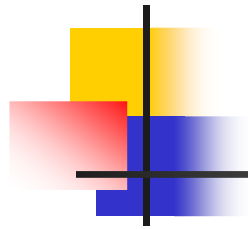
Europe's electricity providers face an existential threat

Oct 12th 2013 | [From the print edition](#)

The
Economist



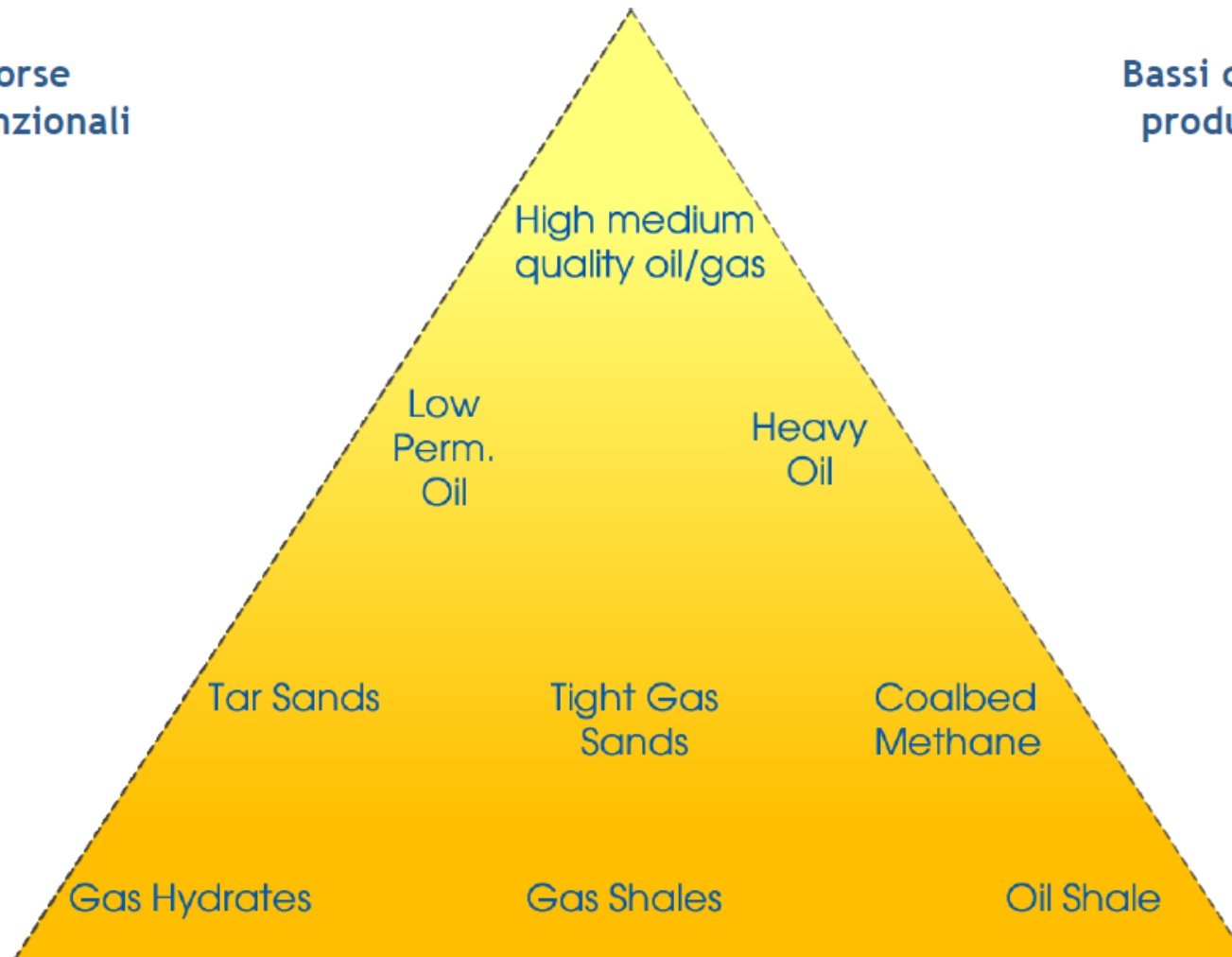
ON JUNE 16th something very peculiar happened in Germany's electricity market. The wholesale price of electricity fell to minus €100 per megawatt hour (MWh). That is, generating companies were having to pay the managers of the grid to take their electricity. It was a bright, breezy Sunday. Demand was low. Between 2pm and 3pm, solar and wind generators produced 28.9 gigawatts (GW) of power, more than half the total. The grid at that time could not cope with more than 45GW without becoming unstable. At the peak, total generation was over 51GW; so prices went negative to encourage cutbacks and protect the grid from overloading.....

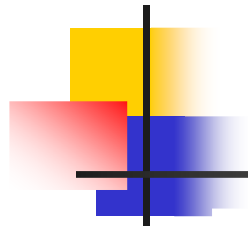


Andando verso la base del triangolo le risorse aumentano

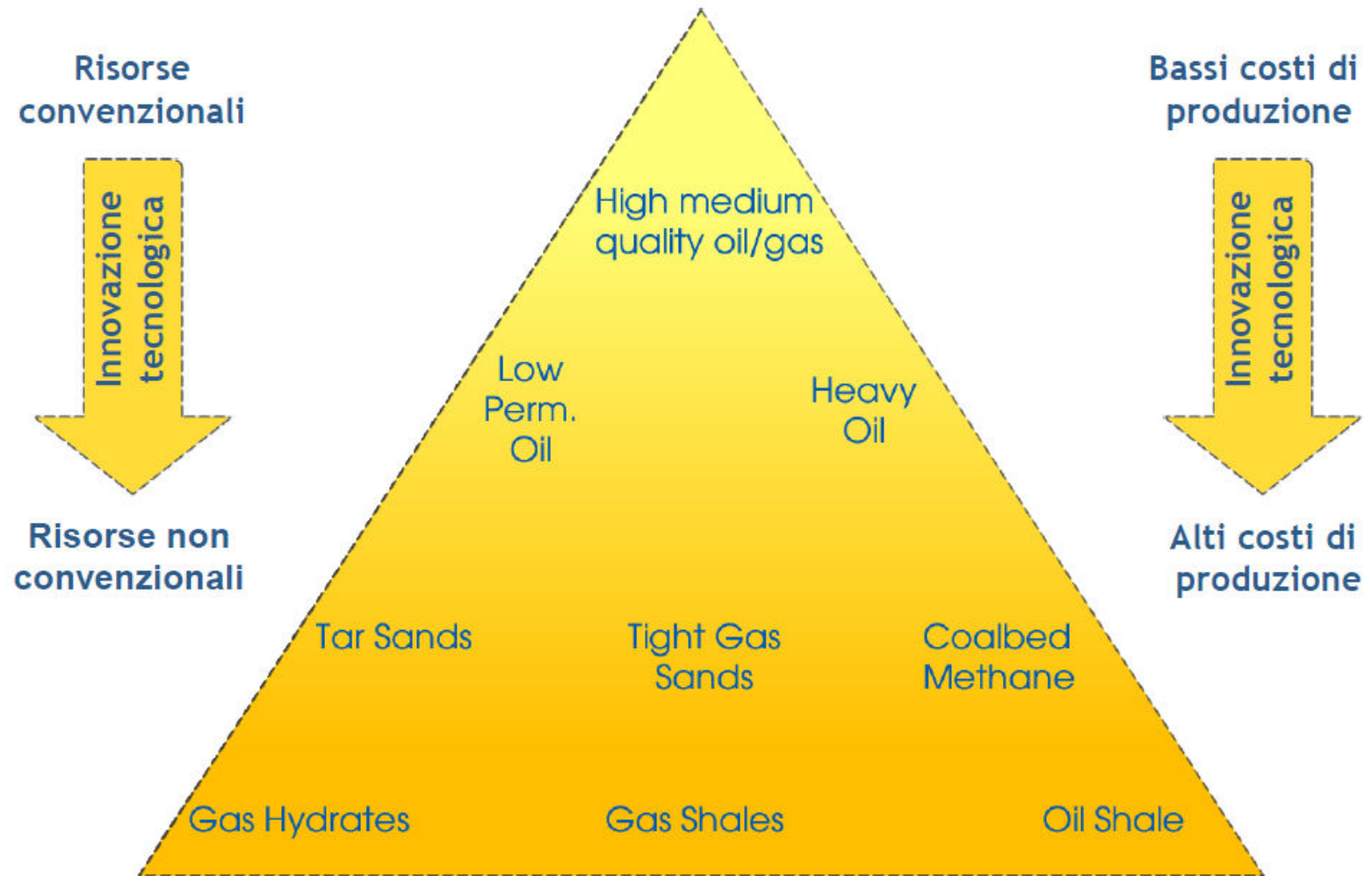
Risorse
convenzionali

Bassi costi di
produzione

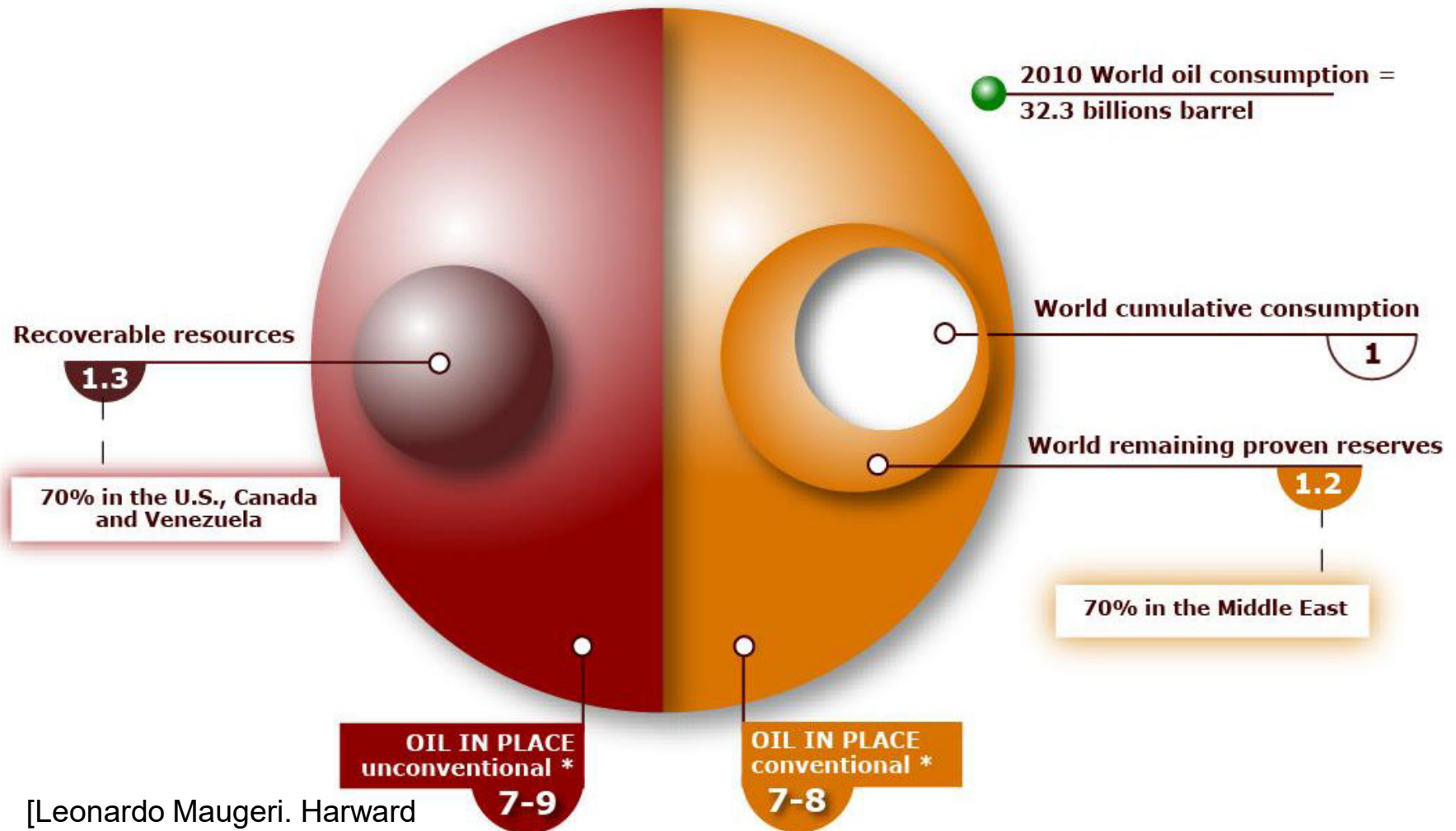




Andando verso la base del triangolo le risorse aumentano



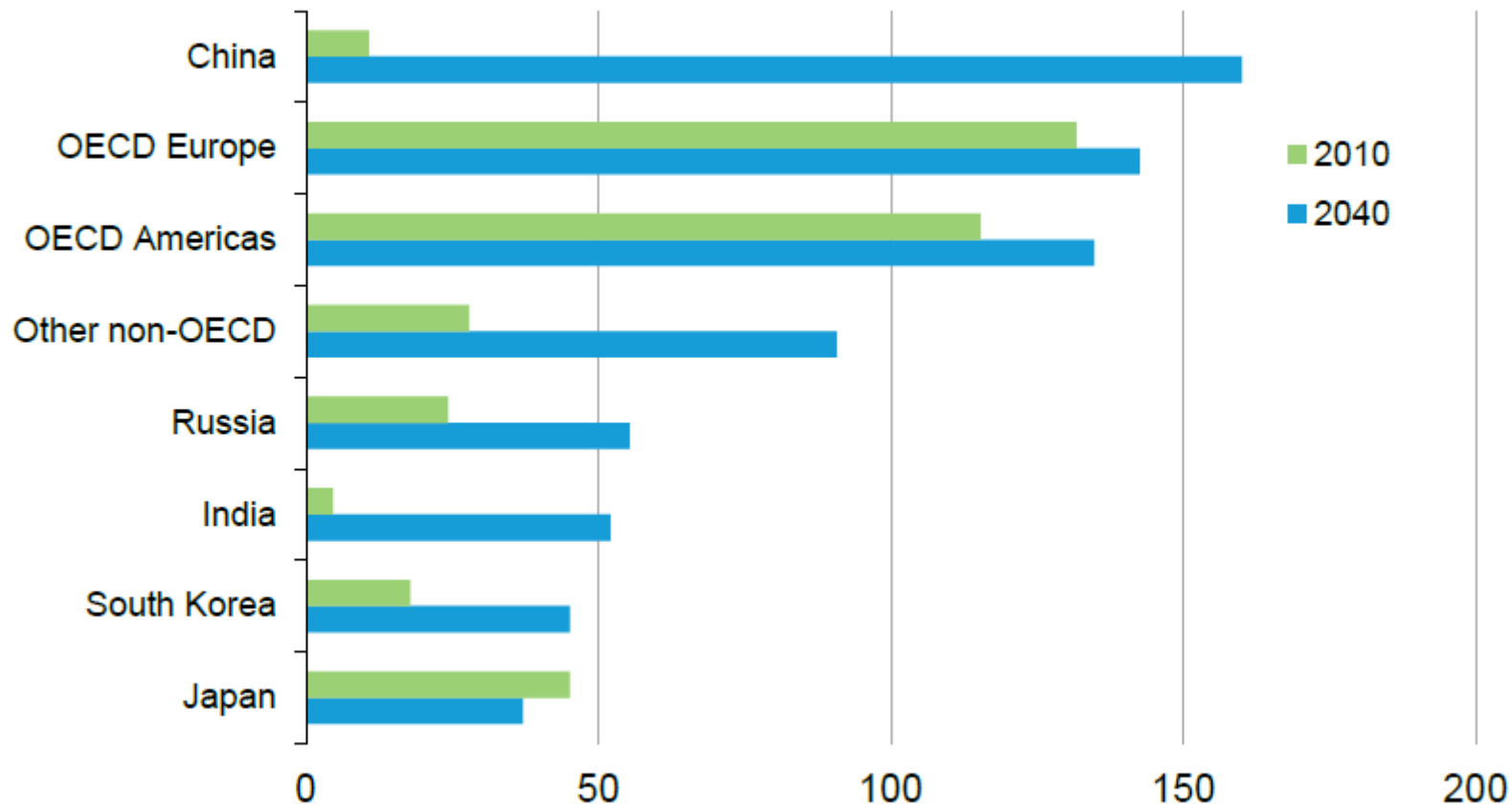
Le risorse di idrocarburi sono enormi: si inizia a non parlare più di picco del petrolio



[Leonardo Maugeri. Harvard Kennedy School]

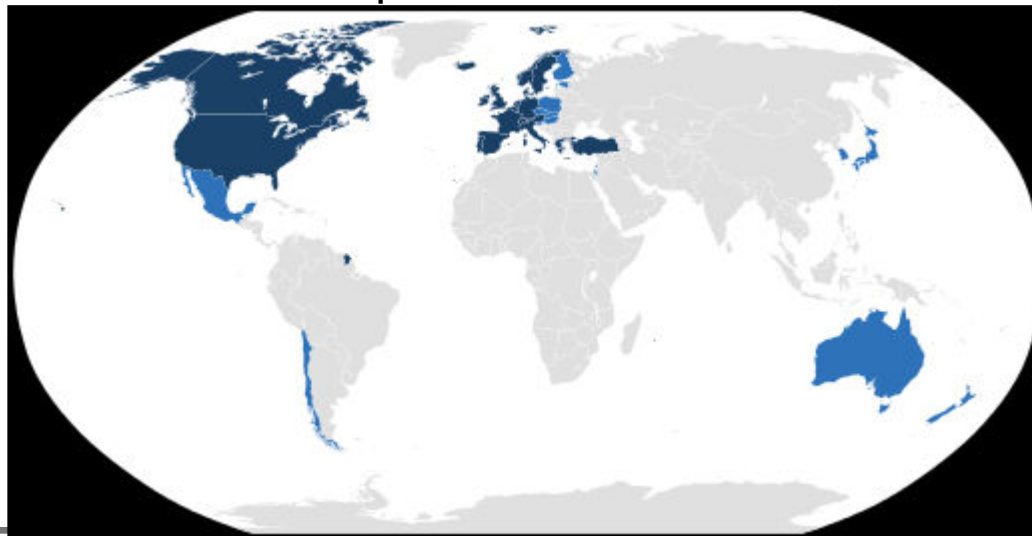
China accounts for more than 40 percent of the global net increase in nuclear capacity

world nuclear electricity generating capacity, 2010 and 2040
gigawatts

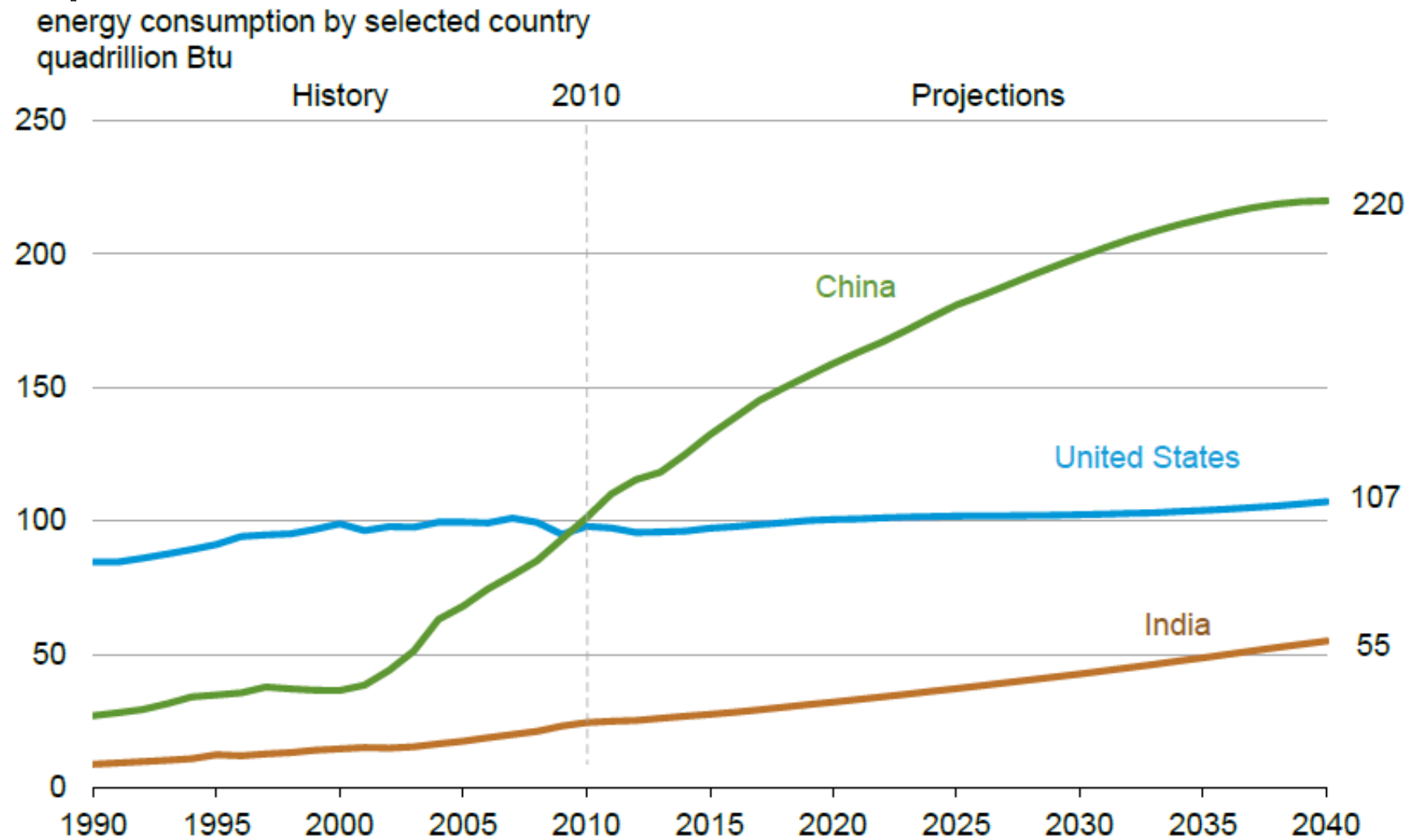


Source: EIA, International Energy Outlook 2013

L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) (in inglese Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); in francese Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)) è un'organizzazione internazionale di studi economici per i paesi membri, paesi sviluppati aventi in comune un sistema di governo di tipo democratico ed un'economia di mercato. L'organizzazione svolge prevalentemente un ruolo di assemblea consultiva che consente un'occasione di confronto delle esperienze politiche, per la risoluzione dei problemi comuni, l'identificazione di pratiche commerciali ed il coordinamento delle politiche locali ed internazionali dei paesi membri.



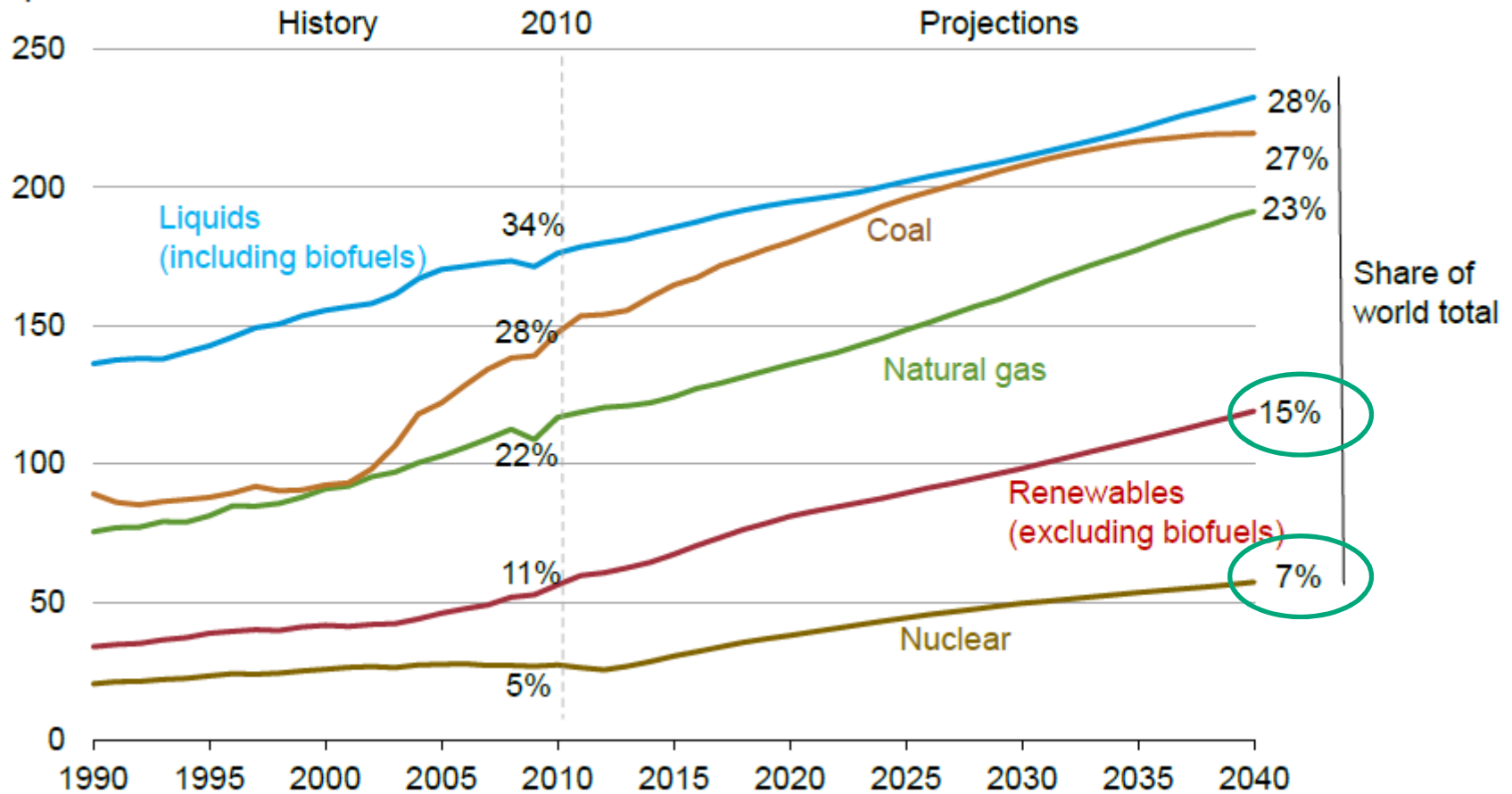
By 2040, China's energy use will be double the U.S. level; India's a little more than half despite its faster GDP growth



Source: EIA, International Energy Outlook 2013

Energy mix over time

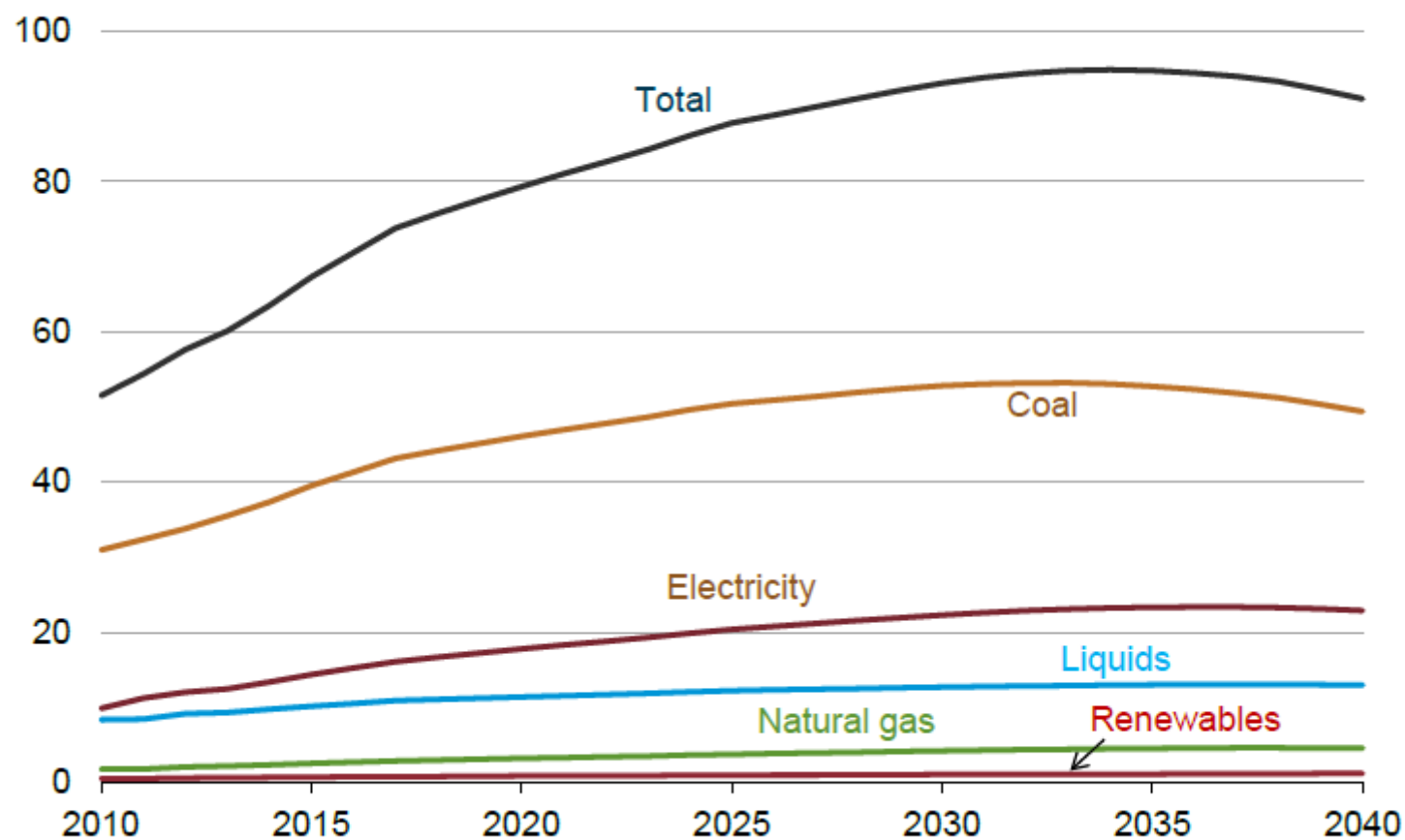
world energy consumption by fuel
quadrillion Btu



Source: EIA, International Energy Outlook 2013

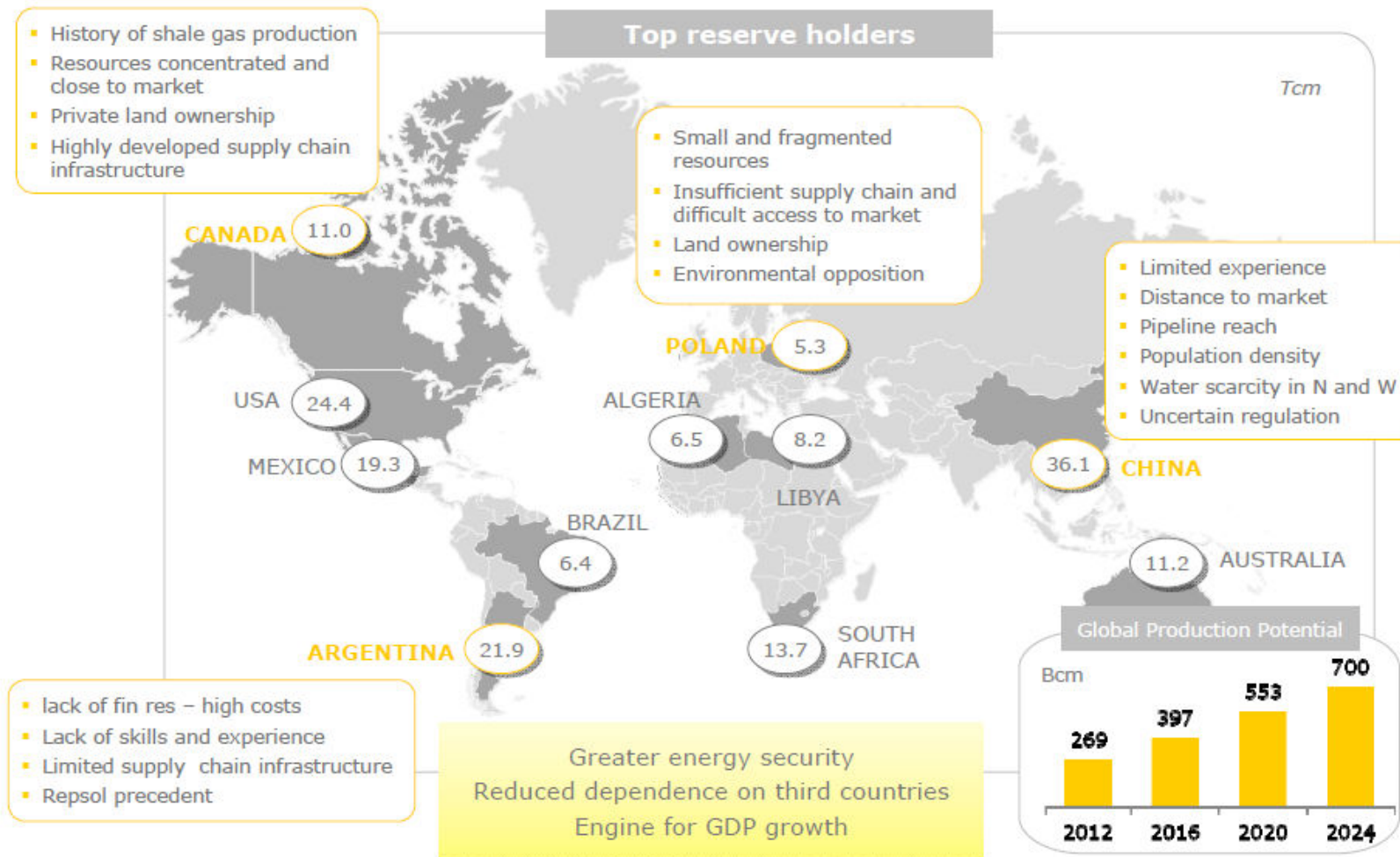
Industrial sector energy consumption in China

China industrial sector energy consumption by fuel
quadrillion Btu



Source: EIA, International Energy Outlook 2013

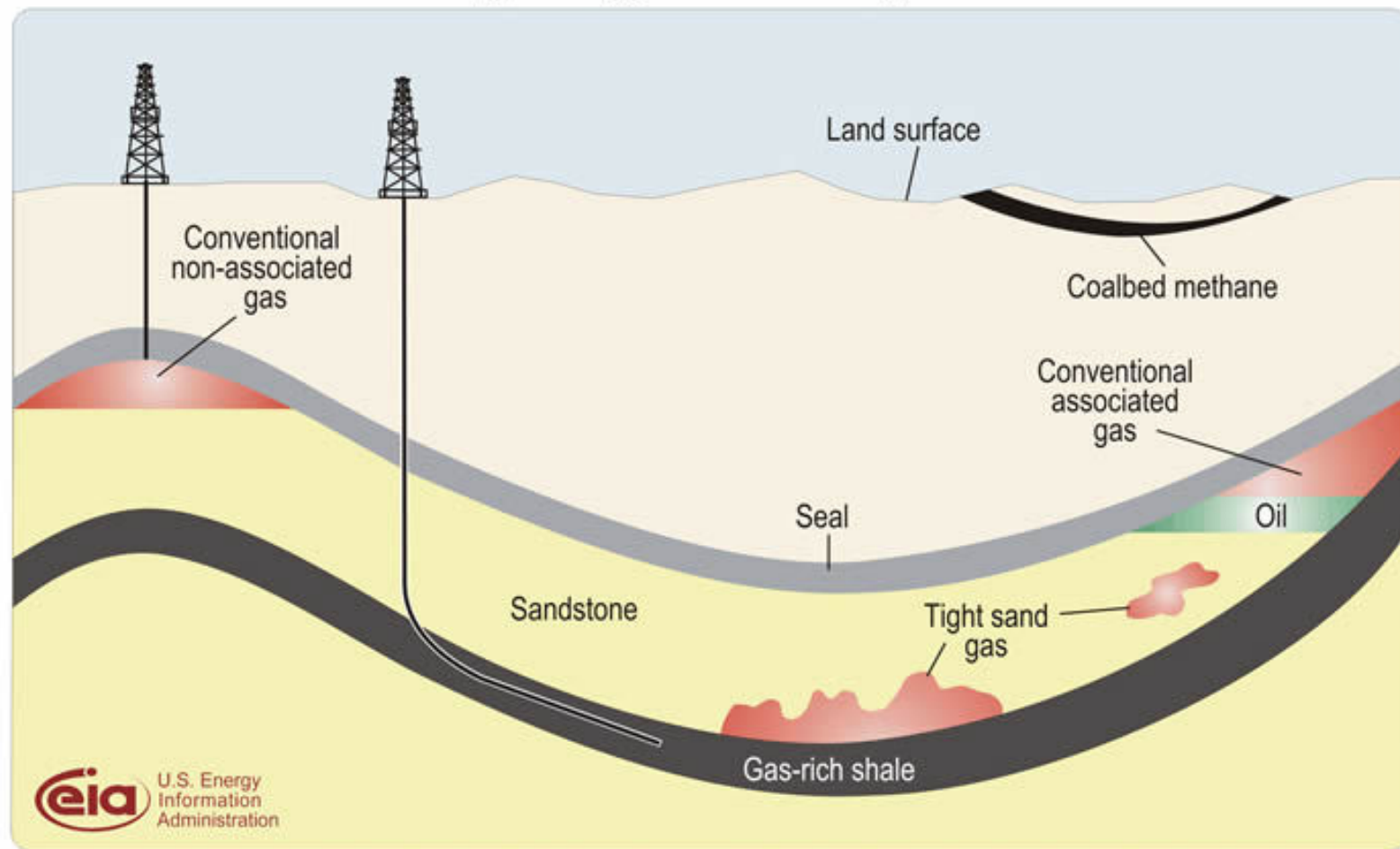
Scenario planning and Shale gas revolution

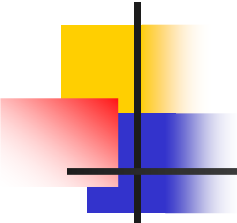


Source: Reuters, Woodmackenzie

Shale gas

Schematic geology of natural gas resources





The evolution of shale gas

1825

- First extraction in Fredonia, NY, in shallow low-pressure fractures

1920's

- First field-scale development of shale gas (Ohio Shale, Kentucky, Antrim Shale, Michigan)

1950's

- Hydraulic Fracturing becomes commercially viable (> 1 million wells)

1970's

- First patent for directional drilling
- First demonstration of massive hydraulic fracturing

1980's

- Horizontal drilling becomes commercially viable
- First large-scale hydraulic fracturing on shale well (Barnett, TX)

1992

- First horizontal shale gas well with hydraulic fracturing (Barnett TX)

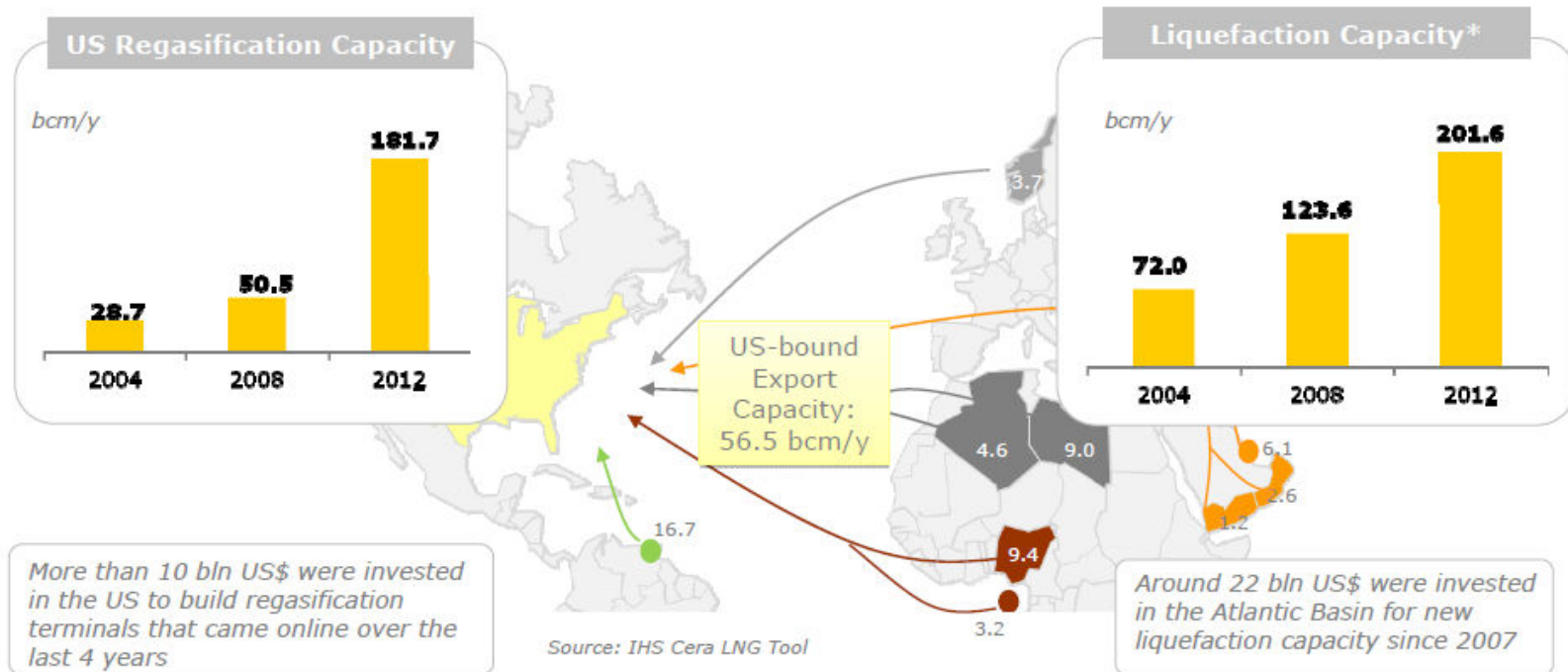
2005

- Shale gas production takes off

In 2012 US shale gas production alone ranks third globally, after US and Russia

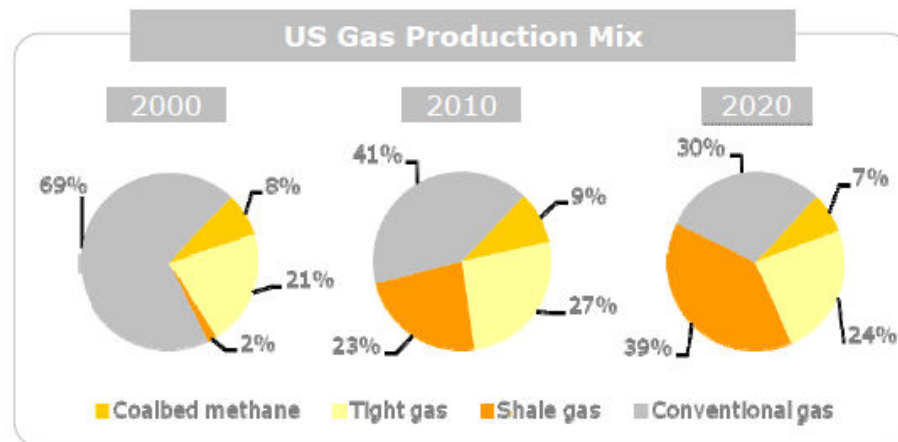
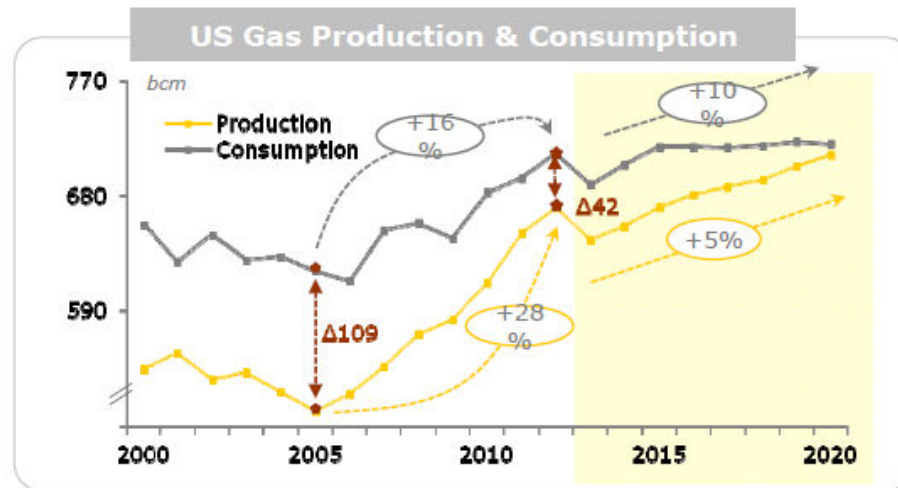
The shale gas phenomenon was unforeseen

- The US expected a sharp decline in domestic gas production and LNG imports were the only solution to cope with gas demand
- Many IOCs invested in the LNG chain as a result of increasing US gas demand forecasts



Today the US could have been the second largest LNG importing country after Japan

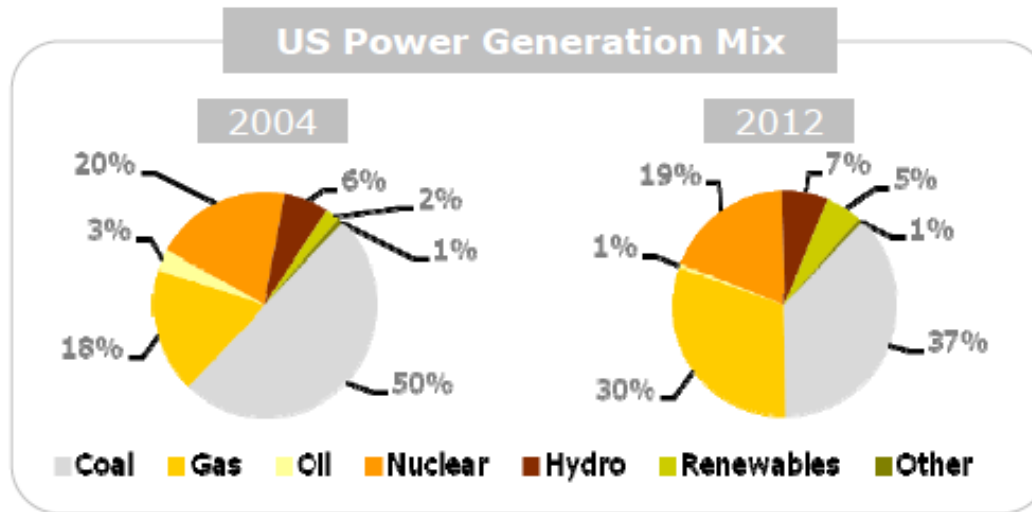
Shale gas is reshaping US gas market



Source: eia

- Shale gas encouraged recovery and then growth of gas consumption after the financial downturn
- Consumption-to-production gap will slim down to less than 10 bcm in 2020
- Production will have to satisfy domestic consumption, to allow for LNG exports
- Shale production was less than 2% of total gas production in 2000 and reached nearly 35% in 2012
- In 2020, shale gas is expected to reach around 40% of total gas production although its growth will decrease to 5% yoy

US and world power generation mix



[EIA]

