

Tesi di laurea triennale
Dipartimento di Impresa e Management
Corso di laurea in Economia e Management

Cattedra: Matematica Finanziaria

Titolo:
“Mercato dell’energia e derivati finanziari: analisi e modelli di valutazione”

Relatore:
Prof. Paola Fersini

Candidato:
Michele Ranieri
Matr. 253191

*A mia nonna Maria,
a mio nonno Michele,
e a mio zio Salvatore*

“Bisogna pur correre dei rischi se vuoi cambiare il mondo”

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO I	6
DERIVATI E MERCATO DELL'ENERGIA	6
1.1 Ruolo dei derivati nel mercato dell'energia	8
1.1.1 Derivati energetici	10
1.1.2 Strategie di hedging.....	13
1.1.3 Fattori che influenzano il prezzo dei derivati energetici	15
1.1.4 Copertura e Gestione dei rischi e creazione di opportunità di investimento attraverso i derivati nel mercato dell'energia	24
1.2 Mercati energetici	28
1.2.1 Mercato del petrolio	30
1.2.2 Mercato del gas naturale.....	31
1.2.3 Mercato del carbone	33
1.2.4 Mercato dell'energia elettrica	34
1.2.5 Mercato delle fonti di energia rinnovabile.....	38
CAPITOLO II	40
ANALISI DEI FATTORI DI RISCHIO E VOLATILITÀ NEL MERCATO DELL'ENERGIA E ANALISI DI POLITICHE ENERGETICHE E SOSTENIBILI	40
2.1 Fattori di rischio nel mercato dell'energia	41
2.1.1 Analisi dei fattori di rischio d'impresa e rischi di cambio nel mercato dell'energia	44
2.1.2 Strategie utilizzate per la copertura dei rischi di prezzo nel mercato dell'energia.....	48
2.1.3 Volatilità dei prezzi dell'energia, descrizione e modelli di analisi della volatilità.....	52
2.1.4 Esempi ed evidenze sull'utilizzo dei derivati per la gestione della volatilità nel mercato elettrico.....	54
2.2 Politiche energetiche	57
2.2.1 Il ruolo dei derivati nella promozione di politiche energetiche.....	60
2.3 Impatto dei derivati sulla sostenibilità	61
2.3.1 Analisi dei derivati sostenibili e del loro effetto sulle dinamiche del mercato dell'energia sostenibile	62
CAPITOLO III	65
MODELLI DI VALUTAZIONE DEI DERIVATI ENERGETICI ED EVIDENZE EMPIRICHE	65
3.1 Modelli di valutazione dei derivati energetici	67
3.1.1 Modello di Black-Scholes-Merton	67
3.1.2 Modello Binomial Tree.....	72
3.1.3 Metodo Monte Carlo	77
3.2 Applicazione dei modelli nella valutazione dei derivati elettrici	81
3.2.1 Applicazione del modello Black-Scholes ai derivati elettrici.....	82
3.3 Evidenze empiriche sul mercato europeo dei derivati energetici	84
3.3.1 Complessità ed esposizione al rischio nel mercato europeo dei derivati energetici.....	84
3.3.2 Evidenze sui rischi connessi ai mercati dei derivati energetici	86
CONCLUSIONE	90
RINGRAZIAMENTI	92
BIBLIOGRAFIA	93
SITOGRAFIA	97

INTRODUZIONE

Lo sviluppo dell'argomento oggetto di tesi è frutto di un'esperienza di tirocinio svolta presso il Dipartimento del Tesoro del Ministero di Economia e Finanza, dove quale si è avuto modo di svolgere ricerche e approfondimenti sul tema energetico in ambito europeo e internazionale, ponendo particolare attenzione all'aspetto economico della questione, vista anche la recente invasione russa ai danni dell'Ucraina a causa della quale l'assetto energetico europeo e mondiale ha subito un rapido ed importante mutamento. La seguente trattazione ha l'obiettivo di analizzare i contratti derivati, i mercati energetici, i loro punti di contatto e di mostrare come i derivati non siano strumenti da demonizzare se utilizzati correttamente, ma piuttosto possono apportare enormi benefici alla stabilità dei mercati finanziari. In effetti i derivati sono un argomento da sempre oggetto di grande dibattito e spesso polarizzano anche le persone più esperte in materia. I contratti derivati esistono da migliaia di anni, e già dai tempi degli antichi greci si sentiva l'esigenza di utilizzarli. Aristotele, infatti, raccontò come il filosofo greco Talete creò un contratto derivato sulle olive, avendone previsto un grande raccolto nel futuro. Ciò dimostra come questi contratti che, apparentemente sembrano molto complessi, hanno alla base una serie di concetti semplici. Tutti questi strumenti, tra i quali futures, opzioni, swap e altri, sono molto popolari nel settore energetico, dal momento che consentono la gestione dei rischi connessi a questi mercati. Nel contesto odierno, nel quale il mondo sta virando sempre più verso un'ottica di sostenibilità, e assume sempre più valore l'energia rinnovabile, è importantissimo indagare come tali strumenti possano essere utilizzati nel modo più efficiente e soprattutto efficace, al fine di supportare al meglio questa transizione. I mercati dei prodotti energetici, molto più di altri mercati, sono caratterizzati da una volatilità altissima e le fluttuazioni dei prezzi risultano spesso repentine e imprevedibili. I motivi di questa volatilità vanno ricercati in molti fattori che esulano dalla semplice legge della domanda e dell'offerta e pongono le radici in questioni ben più profonde, quali eventi geopolitici, politiche governative, ecc. È proprio in questo contesto di alta incertezza che i derivati svolgono un ruolo centrale, permettendo a coloro che operano in questi mercati di gestire e mitigare il rischio. Il ruolo dei derivati però non è limitato solo alla mitigazione del rischio, ma essi possono essere utilizzati per moltissimi altri scopi, quali ad esempio la promozione di politiche energetiche sostenibili o speculazione.

Talvolta essi sono paragonati a delle vere e proprie scommesse e per questo sono visti solamente come strumenti eccessivamente rischiosi e opachi, data anche la difficoltà nel valutare tutti i rischi connessi. Possono addirittura essere visti come la principale causa di gravi crisi finanziarie (si veda la crisi dei mutui subprime del 2007/2008), omettendo però che le radici delle suddette crisi non siano da ricercarsi negli strumenti in sé, ma nell'utilizzo che se ne è fatto. È pur vero che si riscontrano diverse criticità e problematicità legate all'utilizzo di tali strumenti ma esse non minano in alcuno modo l'utilità degli stessi e i benefici potenziali che ne potrebbero derivare. Mediante l'analisi di autorevoli articoli scientifici, libri, e articoli web sarà quindi evidenziato come i derivati vengano utilizzati nel mercato dei prodotti energetici, ponendo enfasi anche sul loro ruolo nella promozione di politiche energetiche sostenibili, sulle modalità di valutazione di tali strumenti e infine verranno tracciate delle evidenze empiriche sul loro utilizzo. A questo fine, l'elaborato sarà diviso in

tre capitoli. Nel primo capitolo verranno descritti i derivati in generale e i mercati energetici. Verranno poi analizzati i principali tipi di derivati, il loro utilizzo, le loro finalità e si passerà infine alla ricerca di tutti i fattori che influenzano il prezzo di questi ultimi. Per quanto riguarda invece i mercati energetici saranno descritti i principali mercati di prodotti energetici, ponendo particolare attenzione sul loro funzionamento, sul meccanismo di formazione dei diversi prezzi e accennando, in alcuni casi, le modalità di utilizzo dei derivati. Nel secondo capitolo si entrerà nel merito della questione analizzando i fattori di rischio e di volatilità del mercato energetico e le politiche energetiche e sostenibili basate sull'utilizzo di contratti derivati. Già dal secondo capitolo si evidenzierà l'utilizzo effettivo dei derivati e i loro vantaggi. Si partirà con l'analizzare i maggiori fattori di rischio del mercato energetico e quindi osservare quali siano le strategie più utilizzate per mitigare alcuni di questi rischi, tra i quali il rischio di cambio. In seguito, ci si soffermerà sulla volatilità dei mercati energetici e sui modelli GARCH e ARCH utilizzati per analizzare la volatilità. In particolare, saranno proposte delle evidenze empiriche a dimostrazione di come i derivati siano effettivamente utilizzati per la gestione della volatilità. Si proseguirà poi alla descrizione delle politiche energetiche e ponendo attenzione su come e quali derivati vengano utilizzati per supportare l'implementazione di tali politiche. Infine, sarà analizzato il ruolo dei contratti derivati nell'ambito della sostenibilità, descrivendo perciò i *sustainability-linked derivatives*, ossia contratti derivati legati a una serie di indicatori di sostenibilità. Nel terzo e ultimo capitolo invece si passerà alla trattazione del problema della valutazione dei derivati. Valutare i contratti derivati può risultare alquanto complesso, a causa dei diversi fattori che ne influenzano il prezzo e anche dell'opacità che talvolta si riscontra nei mercati dei derivati. Per questa ragione verranno presentati tre validi modelli di valutazione, ognuno basato su diverse premesse, che possano in qualche modo fornire le conoscenze di base per la valutazione di tali contratti. Questi modelli sono il Black-Scholes, il Binomial Tree e il Monte Carlo e, dal momento che ognuno sfrutta procedimenti diversi, essi possono fornire sinergicamente una visione completa sull'argomento. In seguito, sarà mostrata un'applicazione reale del modello Black-Scholes ai derivati elettrici, evidenziando quindi come un modello teorico venga applicato alla realtà. Alla fine del capitolo verranno proposte delle evidenze empiriche sul mercato europeo dei derivati energetici, per sottolineare il peso sempre maggiore che questi strumenti stanno assumendo, ponendo però l'attenzione anche su tutta una serie di rischi legati a questi mercati. Se infatti i derivati possono apportare enormi benefici, va anche detto che i rischi connessi sono molti e anche potenzialmente catastrofici, e quindi è necessario che siano compresi e gestiti, utilizzandoli in maniera oculata e soprattutto lungimirante.

CAPITOLO I

DERIVATI E MERCATO DELL'ENERGIA

I derivati finanziari sono uno strumento che nasce dalla necessità di mitigare i rischi dati dalla volatilità di strumenti finanziari, tassi di cambio o anche prezzi di asset non finanziari, ossia commodities (energia, materie prime ecc.)¹. I derivati sono usati principalmente per tre finalità: speculazione, copertura e arbitraggio.

- Speculazione: Si utilizzano come strumento per aumentare la leva e quindi amplificare i possibili guadagni
- Copertura (Hedging): In questo modo si mitigano i rischi connessi ai sottostanti dei derivati.
- Arbitraggio: Si sfrutta il disallineamento dei prezzi per avere un guadagno certo e senza rischio.

. Con questo strumento avviene un vero e proprio trasferimento del rischio da un soggetto ad un altro. La definizione di derivato finanziario, seppur dibattuta, è la seguente: *Il derivato è uno strumento finanziario che deriva il proprio valore da un sottostante.*² Il sottostante è quindi un asset, un tasso o un indice dal quale il derivato acquista il suo valore. A seconda del sottostante cui si riferisce, ci sono diverse tipologie di derivati. Se il sottostante è una commodity o un indice relativo a una commodity lo strumento sarà chiamato commodity derivative. A seconda delle diverse funzioni dello strumento derivato si distinguono:

- Futures: è un accordo tra due parti che prevede l'acquisto a una scadenza futura di un asset ad un prezzo fissato immediatamente. Chi acquista un future può assumere due posizioni: long position e short position
 - Long future: Prevede l'acquisto del sottostante in una data futura ad un prezzo prestabilito. In questo caso si prevede che il prezzo salirà e quindi ci sarà un profitto dato dalla differenza tra il valore futuro e il prezzo d'acquisto. Il payoff è dato dalla formula

$$S_T - K \quad (1.1)$$

Dove K è il prezzo di consegna e S_T è il prezzo spot.

- Short future: Si prevede che il prezzo del sottostante possa scendere in futuro e lo si vende allo scoperto per riacquistarlo poi ad un prezzo più basso in futuro e farci profitto. Il payoff è dato da

$$K - S_T \quad (1.2)$$

In questo caso però si evidenzia una finalità speculativa dello strumento e non di copertura.

¹ Gli strumenti finanziari derivati – Gianni Nicolini

² Financial Derivatives – Robert W. Kolb

- Forwards: sono contratti simili ai futures ma a differenza di questi ultimi, sono scambiati su mercati non regolamentati (OTC³)
- Swaps: Due controparti si impegnano a scambiarsi dei flussi di cassa futuri calcolati secondo una formula predeterminata
- Options: Questi contratti danno ad una delle due controparti il diritto di acquistare o vendere un asset in una data futura ma non l'obbligo. Sono divisi in call option e put option.
 - Call option: si ha la facoltà di acquistare in futuro un asset a un prezzo predeterminato. Se si chiama K il prezzo strike prefissato e S_T il prezzo spot alla scadenza: Se $S_T \geq K$ si esercita il diritto di opzione e si acquistano le azioni ad un prezzo minore per rivenderle subito a un prezzo maggiore, guadagnerò $(S_T - K)$ € per ogni azione. Se invece $S_T < K$ non si esercita il diritto e si perderà quindi tutto il premio iniziale versato.
 - Put option si ha la facoltà di vendere un titolo ad un dato prezzo in una data futura. Lo strike price, o prezzo di esercizio, è il prezzo prestabilito al quale si ha la possibilità di vendere o acquistare l'attività sottostante. Se $S_T < K$ si utilizza il diritto di opzione, si comprano le azioni e le si rivendono subito ad un prezzo maggiore. Se invece $S_T \geq K$ non si utilizza l'opzione e si perde il premio iniziale versato
- Cap: L'acquirente paga un premio al venditore, che si impegna a versare alla controparte, in date future, la differenza tra un tasso di interesse di mercato e un tasso soglia di riferimento
- Floor: L'acquirente paga un premio al venditore, che si impegna a versare alla controparte, in date future, la differenza tra un tasso soglia e un tasso prestabilito e il tasso di riferimento scelto.
- Collar: L'acquirente ha un'entrata nel momento in cui il tasso di mercato di riferimento ha superato la soglia superiore (cap) mentre ha un'uscita se il suddetto tasso assume valori più bassi rispetto alla soglia inferiore (floor). Ovviamente il tutto in date future e prestabilite.

Il mercato dell'energia riguarda principalmente lo scambio e la provvigione di energia, intesa non solo come energia elettrica ma anche come tutte le altre risorse energetiche.⁴ Ci si interfacciano diversi attori e si differenzia da altri tipi di mercati per diverse caratteristiche, che lo rendono unico nel suo genere e soprattutto molto più rischioso e volatile. Le principali fonti di energia oggetto di questo mercato sono: elettricità, petrolio, gas naturale, carbone, energia nucleare ed energia rinnovabile. Ognuna di queste fonti si trova in un mercato con caratteristiche uniche e peculiari ma ci sono diversi elementi comuni a tutte. In primo luogo, la maggior parte delle forme di energia non può essere conservata (storage) e quindi c'è un continuo tentativo di

³ Over the Counter

⁴ Energy Storage in Energy Market - Behnam Mohammadi-Ivatloo, Amin Mohammadpour Shotorbani and Amjad Anvari-Moghaddam

equilibrare la domanda e l'offerta. Per questo motivo spesso ci sono fluttuazioni di prezzo imprevedibili che sono in più molto sensibili a una moltitudine di eventi macroeconomici e non. Inoltre, l'energia è un bene intangibile e per questo necessita di specifiche azioni che ne assicurino il buon funzionamento, le quali ne aumentano la complessità e i costi. In secondo luogo, vista l'importanza del suddetto bene, è fondamentale che la catena di approvvigionamento non venga interrotta e che i costi non aumentino troppo poiché non c'è possibilità di ricorrere a nessun altro tipo di sostituto. La domanda è quindi altamente insensibile e inelastica a variazioni di prezzo. Al contrario, quest'ultima dipende da attività economiche, stagionalità, abitudini di consumo e condizioni metereologiche. L'offerta invece deve adeguarsi alla domanda, tenendo conto anche delle stagionalità della stessa, di pattern ciclici e di eventi imprevisi. Essa dipende inoltre da risorse disponibili, tecnologie utilizzate e dalle politiche governative. Ci sono due tipi di mercati, quelli regolati e quelli de-regolati. I primi sono gestiti da autorità pubbliche, che ne decidono tariffe e prezzi. Quelli non regolati invece seguono il principio del libero mercato e della concorrenza tra attori. C'è da dire, inoltre, che questi mercati sono generalmente soggetti a una forte e stretta regolamentazione e in più anche gli investitori sono soggetti a ulteriori norme finalizzate ad evitare frodi o manipolazione dei prezzi⁵.

In conclusione, il mercato energetico è un settore chiave dell'economia globale, e al contempo uno dei più complessi. La stabilità di quest'ultimo è fondamentale e per questo c'è bisogno di attuare il cosiddetto risk management per mitigare il rischio connesso all'interfacciarsi con le diverse forme di energie prese in esame.

1.1 Ruolo dei derivati nel mercato dell'energia

I prezzi spot⁶ dell'energia sono estremamente volatili dati tutti i fattori trattati in precedenza. La possibilità di non poter conservare l'energia rende la sua domanda inelastica e la sua offerta altamente incerta. Se ci si esponesse al mercato energetico le conseguenze potrebbero essere gravissime. Ogni impresa si interfaccia ogni giorno con questo mercato ed è quindi soggetta ad importanti rischi, tali da poter causare un dissesto finanziario nonché costi esorbitanti⁷. Da tempo si è sviluppato quello che viene chiamato risk management, ossia il processo e gli strumenti necessari ad un'azienda per valutare, misurare e gestire i rischi associati agli asset finanziari presenti nel proprio portafoglio. Si parte sempre dall'assunto che le aziende cercano la prevedibilità⁸. L'hedging implica degli accordi per fissare il prezzo dell'energia. Un accordo di hedging può essere fatto per un determinato periodo di tempo che sia in linea con la propria strategia. Può durare anni, mesi o addirittura singole settimane. Per attuare questi tipi di strategia vengono utilizzati i derivati energetici. Ci sono due tipi di strategie per fare hedging tramite derivati energetici:

- Hedging di copertura: Vengono utilizzati contratti futures o options al fine di coprire il rischio di fluttuazione dei prezzi energetici. Un esempio è una compagnia aerea che, temendo un rialzo dei prezzi

⁵ Mercati energetici e Autorità di regolazione – Camera dei Deputati (?)

⁶ Prezzo a pronti

⁷ Electricity derivatives and risk management – S.J. Deng

⁸ <https://www.fortum.com/about-us/forthe-doers-blog/hedging-protects-against-electricity-price-volatility>

del carburante, fissa con il fornitore il prezzo futuro uguale a quello odierno. In questo modo, seppure ci saranno dei rialzi nei prezzi del carburante, l'azienda pagherà sempre la stessa cifra. Ci sarà quindi una vera e propria gestione del rischio, anche dovuta al fatto che si sapranno in anticipo i costi futuri del carburante che, di solito, sono imprevedibili⁹.

- Hedging strategico: Si utilizzano in questo caso contratti swap. Un'azienda che utilizza diverse fonti di energia potrebbe fare in modo di utilizzare i contratti swap per bilanciare la sua esposizione al rischio di fluttuazione dei prezzi energetici tra le diverse fonti.

Ci sono diverse categorie di attori che utilizzano questi strumenti finanziari, per diverse finalità. Di base i derivati energetici sono acquistati da:

- Operatori del settore energetico: Tutte le aziende che producono, trasportano e distribuiscono energia possono utilizzare i derivati principalmente con funzione di copertura, per mitigare il rischio di fluttuazione nei prezzi dell'energia. Tra queste ci sono compagnie petrolifere, produttori di gas naturale, aziende di produzione di energia elettrica e compagnie di trasporto di energia. Due esempi sono:
 - Produttori: I produttori di energia possono utilizzare dei derivati per gestire il rischio di fluttuazioni delle materie prime energetiche che producono. Esempio classico è un produttore di petrolio che utilizza dei contratti futures per fissare il prezzo a cui venderà il petrolio nel futuro. In questo modo avrà dei flussi di cassa fissi garantiti, indipendentemente dalle fluttuazioni di prezzo del petrolio sul mercato.
 - Fornitori: All'inverso dei produttori, i fornitori fissano il prezzo per l'acquisto di materie prime al fine di garantire un prezzo fisso di acquisto per l'energia che vendono
- Investitori finanziari: Gli investitori potrebbero utilizzare i derivati energetici per speculare sull'andamento dei prezzi dell'energia. Questi potrebbero, ad esempio, comprare delle opzioni call e fissare una soglia minima sotto la quale, in caso di flessione dei prezzi, poter vendere ad un prezzo prestabilito.
- Aziende: Le aziende che si interfacciano con i mercati energetici possono utilizzare i derivati sia con funzione di copertura, come produttori e fornitori, sia con funzione di speculazione, come gli investitori, sia ancora con funzione di arbitraggio, sfruttando i disallineamenti dei prezzi nei mercati energetici. In più potrebbero ottimizzare il proprio portafoglio di risorse energetiche, bilanciando la propria esposizione al rischio di fluttuazione dei prezzi dell'energia tra le diverse fonti energetiche¹⁰.

Inutile dire che questi strumenti non recano soltanto benefici ma portano con sé anche innumerevoli rischi: rischio di mercato, legato al prezzo dell'energia sul mercato; rischio di liquidità; rischio di credito; rischio di tasso di interesse; rischio di volatilità; infine rischio di contromovimento. Un altro grande dibattito relativo ai derivati e al mercato energetico è il meccanismo di formazione dei prezzi che risulta particolarmente

^{9 9} Hedging protects against electricity price volatility – Juha Kansikas

¹⁰ Electricity derivatives and risk management – S.J. Deng

complesso in quanto influenzato da una moltitudine di diversi fattori. A seconda poi del tipo di materia prima, i rischi sono differenti e quindi lo è anche il meccanismo di formazione dei prezzi. Per questi motivi i derivati energetici sia per la natura stesso dello strumento, ossia un derivato finanziario, sia per la natura del mercato di riferimento, ossia quello energetico, sono utili solamente se ben studiati e analizzati. I benefici si ottengono solo se vengono utilizzati nel migliore dei modi¹¹

C'è però da dire che mentre molte aziende hanno una forte posizione sulla copertura del rischio di cambio, non si può dire lo stesso riguardo la gestione dei rischi legati all'esposizione energetica. In questo caso le aziende tendono a non coprirsi in modo ottimale, dedicando poca attenzione alla questione e delegando questa decisione ai piani inferiori. Tuttavia, la cosa non è facilmente spiegabile, anche considerando il fatto che spesso i costi energetici per moltissime imprese sono enormi, e in molti casi costituiscono una grandissima parte della quota di costo totale. Come constatato con i recenti avvenimenti, è possibile che i prezzi dell'energia possano subire un repentino aumento, generando così dei danni irreparabili. Anche se si denota che l'attenzione su questo tema è in aumento, rimane comunque estremamente circoscritta, soprattutto tenendo conto dei rischi e della volatilità associata a questo tipo di mercato. Uno studio ritiene che tre siano i motivi di questa mancanza:

1. I rischi correlati al mercato energetico non sono ritenuti un vero e proprio rischio finanziario. E spesso questo crea difficoltà nell'inserire nelle aziende strumenti e metodi per pervenire tali rischi.
2. Le aziende fronteggiano una vasta eterogeneità degli elementi del mercato energetico. In questo caso, si noti come gli strumenti siano moltissimi e ognuno abbia delle caratteristiche altamente peculiari. È chiaro che quindi per ognuno serva una strategia ad hoc e che sia necessaria una vasta gamma di conoscenze specifiche che non tutte le imprese possono disporre. In questi casi vengono assunti dei veri e propri specialisti del settore che si occupano di gestire al meglio ogni strumento. Inutile dire che questa pratica comporta una spesa ingente e disincentiva le imprese ad annettere questi strumenti nella propria strategia finanziaria.
3. Solitamente è complesso definire un benchmark adeguato. Ci sono esempi di aziende che, arbitrariamente, scelgono di esporsi ad alcuni rischi piuttosto che altri. In questo caso si potrebbe danneggiare la salubrità di qualsiasi impresa ed è quindi necessario definire il benchmark di cui sopra. Solo così si potrebbe agire sulla leva della trasparenza aziendale e si riuscirebbe a diminuire quelli che sono i costi di transazione.

1.1.1 Derivati energetici

Il sottostante di un derivato energetico è perciò un prodotto energetico, sia esso gas naturale, elettricità o altro. Questi tipi di derivati vengono scambiati su mercati molto ampi che sono sia regolamentati che over the counter (OTC). Nel primo caso ogni ordine viene inserito in quella che è detta stanza di compensazione centrale e il venditore viene abbinato automaticamente con l'acquirente; Nel secondo caso invece, ci si rivolge a società di intermediazione o addirittura si contratta proprio con la controparte. In questi tipi mercati i contratti

¹¹ Energy Markets: Price Risk Management and Trading – Tom James

sono non-standardizzati ed atipici e per questo più flessibili. C'è però da dire che i rischi di controparte sono molto più alti di un normale contratto e per questo nel mercato energetico, anche alla luce del delicato ambito a cui fanno riferimento, vengono trattati molto scrupolosamente.¹².

Sul mercato vengono scambiati molte tipologie di derivati energetici, tra questi:

- Futures energetici: sono contratti nel quale si stabilisce la vendita o l'acquisto di una data quantità di energia a un prezzo fissato ma a una data futura
- Opzioni energetiche: sono contratti che offrono il diritto dell'acquisto o della vendita di una quantità di energia, in una data futura, ad un prezzo fisso
- Swap energetici: è un accordo in cui le due parti si scambiano flussi di cassa basati sul prezzo dell'energia
- Contratti di differenza (CFD) energetici: contratti che prevedono il pagamento di differenze in denaro basate sulle fluttuazioni dei prezzi dell'energia¹³

Questi strumenti, come già accennato, sono utilizzati per fare speculazione, per la pianificazione della produzione industriale e per coprire i rischi:

- Speculazione: È comune che i derivati energetici vengano utilizzati a fini speculativi. Frequentemente, infatti, gli speculatori riescono a guadagnare utilizzando in particolar modo i futures e le opzioni. In questa maniera si riesce a trarre profitto delle fluttuazioni dei prezzi dell'energia. D'altra parte, però queste azioni sono molto rischiose data la volatilità del mercato energetico. Si faccia l'esempio di un investitore che voglia speculare sui prezzi del petrolio greggio. Qualora si credesse che i prezzi del petrolio andrebbero ad aumentare, si potrebbe acquistare un contratto futures per l'acquisto di 200 barili di petrolio ad un prezzo fisso. Nel caso il prezzo dovesse effettivamente salire, lo speculatore avrebbe tratto un guadagno dall'operazione messa in atto. Nel caso invece in cui il prezzo dovesse scendere, egli incorrerebbe in una perdita. Si osservi come alla possibilità di guadagno corrisponda anche una considerevole possibilità di rischio.
- Pianificazione della produzione industriale: Le imprese possono fissare il prezzo dell'energia che andranno ad utilizzare. In questo modo i costi di produzione saranno più prevedibili e ci sarà la possibilità di una vera e propria pianificazione
- Copertura del rischio: In questo caso si cerca di mitigare il rischio di volatilità associato ai propri asset. Per farlo si acquistano dei derivati energetici che hanno una correlazione negativa con il mercato. Un esempio è l'acquisto di un future sul gas naturale che va in direzione opposta al suo sottostante. Se il prezzo del gas naturale diminuisce quello del future aumenta e viceversa.

¹² The Network of Counterparty Risk – Vahan Nanumyan, Antonios Garas, Frank Schweitzer

¹³ [https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference#:~:text=Details-,A%20Contract%20for%20Difference%20\(%20CFD%20\)%20is%20a%20private%20law%20contract,%2C%20a%20government%20owned%20company.&text=Link%20to%20AR6%20page%20added.&text=Added%20link%20to%20three%2Dphase%20evaluation%20of%20the%20CFD%20scheme](https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference#:~:text=Details-,A%20Contract%20for%20Difference%20(%20CFD%20)%20is%20a%20private%20law%20contract,%2C%20a%20government%20owned%20company.&text=Link%20to%20AR6%20page%20added.&text=Added%20link%20to%20three%2Dphase%20evaluation%20of%20the%20CFD%20scheme)

Come visto anche in precedenza, i derivati energetici spesso non sono sfruttati nel migliore dei modi e anzi sono addirittura messi in secondo piano per quanto riguarda gli strumenti di copertura. Si parte con l'osservazione che la maggioranza dei derivati riguarda tassi di cambio, tassi di interesse oppure azioni. Nel caso dei derivati energetici, e delle commodities in generale, il sottostante non altro è che un prodotto fisico. Nasce perciò la difficoltà di dare a questi prodotti il giusto prezzo. In più, visto che questo mondo è ampissimo, è raro trovare contratti standardizzati oppure trovare indici validi. Sono pochi gli indici che vengono utilizzati per valutare questi strumenti. Di conseguenza è chiaro che nell'utilizzarli, oltre che seguire le giuste strategie, bisogna rendere la copertura efficace. Analizzando questi strumenti, si denota come, nonostante le opzioni siano attivamente negoziate, e nonostante risultino molto utili nelle diverse strategie di copertura, queste sono per lo più confinate al mercato del petrolio e a quello meteorologico. Negli altri mercati energetici, il trading in generale non è diffusissimo. Lo scambio avviene poi principalmente all'interno di mercati over-the-counter, date anche le caratteristiche specifiche di questi tipi di strumenti, non facili da standardizzare e da diffondere. Tutti questi fattori non fanno altro che ridurre la popolarità di questi tipi di strumenti. Inoltre, ci sono alcuni ragionamenti e convenzioni nel trading di questi strumenti che rendono alcuni di essi più popolari di altri per i diversi sottostanti. Un esempio sono i forwards a liquidazione fisica che sono molto utilizzati nel mercato energetico e in quello del gas. Questo perché il forward è il riflesso della natura fluida di queste materie prime, dato che implicano la consegna costante di un flusso durante un periodo di tempo. È perciò molto più raro che questi contratti vengano utilizzati per altri tipi di sottostanti, quali ad esempio il petrolio.

Legati ai derivati energetici ci sono però degli altri strumenti relativamente recenti, i weather derivatives o derivati climatici. Questi strumenti danno alle aziende la possibilità di coprirsi dai rischi finanziari connessi alle condizioni climatiche e sono scambiati principalmente in mercati OTC. Oltre alla funzione di copertura però, negli ultimi anni, vengono utilizzati dagli investitori anche per diversificare i propri portafogli di investimenti. Difatti, questi strumenti dipendono da fattori quali: temperatura, precipitazioni, neve, vento ecc. Vengono utilizzati in molteplici settori, tra i quali agricoltura, turismo, commercio e soprattutto quello energetico. In quest'ultimo caso vengono utilizzati per mitigare il rischio di fluttuazione di prezzi. Ciò che li differenzia dalle comuni assicurazioni è che, mentre queste coprono solo l'avverarsi di eventi catastrofici altamente improbabili (terremoti o uragani), i derivati climatici coprono eventi che sono molto probabili quali ad esempio la mancanza di pioggia o di vento in un determinato periodo dell'anno. Inoltre, proteggono anche da un calo della domanda dovuti al verificarsi di tali eventi, cosa che le assicurazioni non fanno. Quello che invece li differenzia dai derivati sulle commodities è che questi ultimi si basano su specifici volumi o quantità, mentre quelli climatici sono indipendenti da queste variabili. Questo permette di coprirsi dal rischio complessivo, annullando il rischio volumetrico, mentre la copertura del rischio che si ottiene dall'utilizzo di derivati energetici è legata alla quantità o al volume che si sceglie di coprire.¹⁴

¹⁴ Weather derivatives and weather risk management

1.1.2 Strategie di hedging

Ci sono molteplici strategie di copertura che si possono attuare utilizzando dei derivati energetici (si riportano le denominazioni anglosassoni):

- Long Call: Quando si crede che il prezzo dell'attività sottostante salirà, si acquisterà un'opzione call che permetterà di acquistare l'attività stessa a un prezzo di esercizio deciso prima. In questo modo sarà facile ottenere profitto, vendendola a un prezzo maggiore rispetto al costo sostenuto.
- Deep in-the-Money Call¹⁵: Questa strategia è una versione più specializzata della Long Call. Si parla di Deep in the Money quando il prezzo di esercizio dell'opzione è di tanto più basso rispetto al prezzo dell'attività sottostante. È chiaro che se il prezzo dell'attività dovesse crescere, i profitti sarebbero enormi. Per queste ragioni, il valore intrinseco di queste azioni, ossia la differenza tra prezzo dell'attività sottostante e il prezzo d'esercizio, è molto alto, e perciò il premio da pagare è considerevole. A differenza della Long Call, infatti, c'è bisogno di investire un'ingente quantità di capitale e, ovviamente, i rischi connessi a questa strategia sono altissimi.
- Deep Out-of-the-Money Call¹⁶: In forma quasi speculare rispetto alla Deep Out-of-the-Money Call, in questo caso il prezzo d'esercizio dell'opzione è molto più basso del prezzo dell'attività sottostante. Il valore intrinseco è di conseguenza basso, e lo stesso vale per il premio. In questi casi si ritiene che il prezzo dell'attività sottostante possa aumentare di molto. Se ciò non avviene si realizzano grandi perdite e da ciò ne consegue l'alto grado di rischio di questa strategia.
- Bear Put Spread: Questa complessa strategia viene utilizzata quando si ritiene che il prezzo dell'attività sottostante possa diminuire. Per attuarla si acquista un'opzione put (put long) e, al contempo, se ne vende una che ha un prezzo di esercizio inferiore (put short). Quando si vende l'opzione con il prezzo di esercizio inferiore si ha un'entrata di denaro che potrà essere utilizzata per coprire, in parte, il costo dell'opzione put che invece si acquista. Si ricordi che vendere una put option implica l'obbligo di dover acquistare l'asset sottostante al prezzo di esercizio in caso l'acquirente esercitasse il suo diritto. Se il prezzo dell'attività scende, c'è un profitto. Questo è massimizzato quando il prezzo diventa minore dello strike price della put short. Se invece il prezzo dell'attività sale si incorre in una perdita, che però è soltanto limitata allo strike price della put long.¹⁷
- Short Straddle: Questa è anche detta strategia della gabbia. In questo caso si prevede che il prezzo del sottostante non vari eccessivamente e quindi si muova entro un limite inferiore ed

¹⁵ Optimal delta hedging for options – John Hull

¹⁶ Optimal delta hedging for options – John Hull

¹⁷ <https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/options/options-strategy-guide/bear-put-spread#:~:text=A%20bear%20put%20spread%20consists,underlying%20stock%20declines%20in%20price>

uno superiore. Si vendono perciò sia una put option che una call option con uguale strike price e uguale scadenza. Il profitto sarà generato dai premi generati dalle opzioni vendute. Nel caso il prezzo salisse o scendesse oltre il limite, si potrebbe incorrere in ingenti perdite. Difatti, la perdita potrebbe teoricamente essere infinita. Per questa ragione, essendo il profitto limitato e la perdita virtualmente infinita, il rischio è considerevole.¹⁸

- Long straddle: Al contrario, in una strategia long straddle, le due opzioni (call e put) si acquistano. Il profitto si ottiene quando il prezzo del sottostante varia oltre i premi pagati e potrebbe quindi essere infinito, dato che il prezzo potrebbe crescere all'infinito. In caso di discesa dei prezzi invece, sarebbe limitato al prezzo uguale a 0. La perdita invece è limitata e prevedibile, ed equivale ai premi pagati, tenendo anche conto di eventuali costi di transazione.¹⁹
- Short Oil: Questa strategia consiste nel vendere dei futures che hanno come sottostante il petrolio, credendo che questi scenderanno nel futuro. Oltre ai rischi connessi a tutti i contratti futures, c'è da tener conto di un ulteriore rischio legato alla peculiarità del sottostante. Questi tipi di contratti scadono mensilmente e quindi bisogna fare attenzione ai costi di roll-over, poiché che vanno rinnovati periodicamente. In caso non lo si facesse, ci sarebbe la consegna fisica del petrolio. Questi elementi rendono questo contratto estremamente rischioso
- Long Oil: Al contrario in questo caso si ritiene che i prezzi del petrolio possano salire e quindi i contratti si acquistano. Nel caso il prezzo dovesse effettivamente salire il profitto sarà dato dalla differenza tra il prezzo di acquisto del contratto e il prezzo di vendita futuro. Anche in questo caso bisogna fare attenzione ai costi di roll-over. In più, c'è un ulteriore rischio, ossia quello di contango, per il quale i prezzi dei futures a scadenza breve sono minori rispetto a quelli a lunga scadenza. Ciò potrebbe ad una diminuzione del valore del proprio portafoglio. Per tutte queste ragioni, anche questa strategia comporta alti rischi²⁰.

Riesaminando tutte queste strategie risulta chiaro che ognuna reca con sé una grande parte di rischio, che va quindi gestita e valutata attentamente. Di solito, uno dei parametri più utilizzati è l'hedge ratio²¹. L'hedge ratio non è altro che la quantità di derivati che servono per coprire in maniera ottimale i rischi connessi ai sottostanti. Questo parametro però non è fisso, ma dipende dal mercato e da altri fattori di rischio specifico.²²

In particolare, i fattori che influiscono sulla decisione del rapporto di copertura ottimale sono:

- Volatilità: Una maggiore volatilità dei prezzi e quindi una maggiore instabilità degli stessi implica un maggior bisogno di copertura. Se i prezzi fluttuano ampiamente, la possibilità di incorrere in perdite aumenta e perciò la copertura dovrà esser svolta in modo più attento e oculato.

¹⁸ <https://www.degiro.it/conoscenza/strategie/strategie-opzioni/stradlle>

¹⁹ <https://www.optionsplaybook.com/option-strategies/long-straddle/>

²⁰ Saudi Arabia's currency misalignment and international competitiveness, accounting for geopolitical risks and the super-contango oil market - Noha H.A. Razek

²¹ Rapporto di copertura

²² Optimal hedge ratios and hedging effectiveness – Goknur Buyukkara

- **Correlazioni:** Nel mondo della finanza per eliminare il rischio specifico si cerca di accostare titoli con una correlazione negativa, così che il ribasso del prezzo di uno sia coperto dal rialzo di un altro. Nel caso però si utilizzino derivati, la correlazione positiva potrebbe essere in qualche modo vantaggiosa. Se due o più materie prime dovessero avere correlazione positiva, e quindi i loro prezzi si muoverebbero nella stessa direzione, l'utilizzo di un derivato su una delle due potrebbe coprire anche l'altro. Nei mercati delle materie prime spesso i prezzi hanno una correlazione molto più positiva di quanto si noti effettivamente osservando soltanto i prezzi giornalieri. Infatti, basandosi solamente sui rendimenti di breve periodo (giornalieri/settimanali) si incorrerebbe nell'errore di sottostimare la correlazione positiva che c'è tra due materie prime. Un esempio sono i prezzi del titolo TTF olandese e del gas NBP (National Balancing Point) del Regno Unito. I prezzi giornalieri potrebbero non mostrare correlazione o addirittura mostrarne una negativa, ma l'andamento mensile è tendenzialmente lo stesso.
- **Costi di copertura:** Questi costi comprendono il margine richiesto per lo scambio dei derivati, i costi di transazione e le tasse. Talvolta possono essere elevati e quindi non possono essere tralasciati nel calcolo del rapporto di copertura ottimale. In caso dovessero essere eccessivamente onerosi, si potrebbe decidere di non coprire l'intera esposizione e limitare la propria strategia di hedging soltanto ad una parte dell'esposizione.
- **Premi per il rischio:** I premi per il rischio possono influenzare il prezzo dei derivati e quindi il rapporto di copertura ottimale.

1.1.3 Fattori che influenzano il prezzo dei derivati energetici

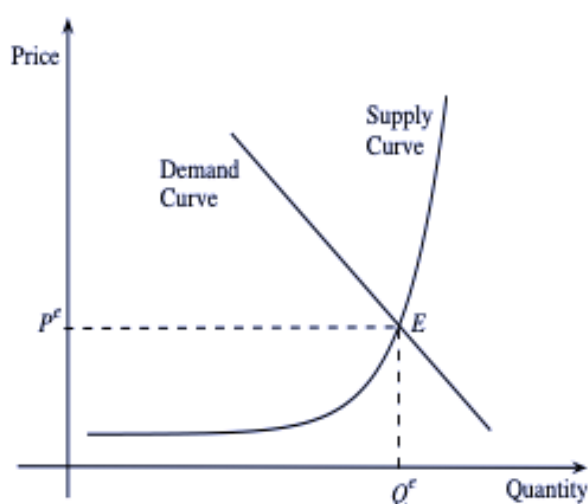
Sono molteplici i fattori che possono influenzare il prezzo dei derivati energetici, e ognuno di essi espone ad un rischio diverso. Innanzitutto, si deve partire dall'analisi del prezzo di un derivato. Ogni tipo di derivato ha un pricing diverso che dipende dalle caratteristiche intrinseche dello strumento e dal suo utilizzo. Il valore di un future è basato sul costo del suo sottostante, il cosiddetto cash price. Tuttavia, non è detto che i prezzi siano perfettamente coincidenti ma spesso c'è una deviazione. La differenza tra il cash price del sottostante e il future è detta base dello spread. Oltre al tempo, però, ci sono anche altri fattori che influenzano questa base e che verranno analizzati meglio in seguito. Il prezzo di un'opzione a sua volta è influenzato dal prezzo del sottostante, il prezzo di esercizio, la volatilità, il tasso di interesse e il fattore tempo. Se il prezzo di esercizio dell'opzione è più alto, è giusto che il prezzo sia maggiore, in quanto si ha una maggior probabilità che l'azione possa generare profitti.²³ Per prezzare le opzioni si utilizzano molteplici modelli quali il Black-Scholes-Merton, che tiene conto di tutti questi fattori, il binomial tree e il trinomial tree. Il contratto swap invece è influenzato da tassi di interesse, durata del contratto, valuta di denominazione e anche qualità creditizia delle parti. Se una parte presenta un rating creditizio inferiore, il prezzo dello swap rifletterà il maggior rischio preso e aumenterà.

²³ <https://www.elearnmarkets.com/blog/7-factors-affecting-options-pricing/>

I fattori che influenzano il prezzo dei derivati in generale sono suddivisibili in due principali categorie: fattori fondamentali e fattori tecnici.

- Fattori fondamentali: Questi sono fattori che influenzano l'offerta e la domanda dell'attività sottostante. Si riferiscono quindi a un contesto macroeconomico. Tra questi quindi ci sono: offerta e domanda del prodotto, costi di produzione, costi di stoccaggio, fattori geopolitici, politiche monetarie e condizioni metereologiche. Nel caso, ad esempio, ci dovesse essere un improvviso aumento della domanda di elettricità, il prezzo di un derivato sull'elettricità aumenterebbe. Quest'aumento non dipenderebbe da caratteristiche del derivato stesso ma sarebbe dovuto solamente a fattori che hanno influenzato l'attività sottostante, in questo caso l'elettricità.²⁴ Osservandoli più nello specifico:

- Domanda e offerta del sottostante: La domanda e l'offerta sono i fattori che influenzano alla base il prezzo di un qualsiasi bene. Anche in caso di uno strumento finanziario, il prezzo è determinato, in parte, dall'incrocio tra domanda e offerta. Quando la domanda è maggiore dell'offerta il prezzo sale finché non si raggiunge un equilibrio. In caso di un prezzo maggiore di quello di equilibrio ci sarebbe un eccesso di offerta e perciò il prezzo diminuirebbe. Nel mercato dei derivati energetici ci sono diverse variabili che influenzano la domanda. Un esempio classico è quello di un periodo di crescita economica, in questo caso sarà richiesta maggior energia, e una maggior domanda del sottostante farà aumentare anche il prezzo del derivato. Al caso opposto, durante un periodo di recessione economica, il prezzo scenderà. L'offerta nei mercati energetici invece è soggetta a numerosi vincoli, propri solo di questo mercato. A dimostrazione di quanto esposto, è stato creato un modello che si basa sul mercato elettrico californiano tra gli anni 1998 e 2000.



25

Figura 1 - Modello di domanda e offerta per i prezzi dell'elettricità

²⁴ <https://www.eia.gov/petroleum/>

²⁵ Fonte: <https://www.stat.cmu.edu/tr/tr817/tr817.pdf>

La curva d'offerta si basa sul prezzo di un'unità e sulla quantità totale offerta. L'improvvisa impennata subita dalla curva d'offerta è dovuta al fatto che fino a una determinata quantità di energia i produttori possono usare gli impianti più efficienti e quindi proporre prezzi stabilmente bassi. Superata questa quantità, i costi aumentano più che proporzionalmente e ne risentono i prezzi. Il modello però necessita di essere dinamico dato che ci sono molteplici fattori che possono modificare la domanda o l'offerta del bene in questione. Di conseguenza la domanda e l'offerta diventano:

$$S = S_t(q; E_t, \theta) \quad (1.3)$$

$$D = D_t(q; E_t, \theta) \quad (1.4)$$

Dove: E_t è una variabile che indica un processo esogeno al tempo t e θ è un vettore di parametri, mentre S e D rappresentano l'offerta e la domanda generiche. Come già detto il prezzo e la quantità di equilibrio dipendono dall'intersezione tra domanda e offerta:

$$Q_t = \{q : S_t(q; E_t, \theta) = D_t(q; E_t, \theta)\} \quad (1.5)$$

$$P_t = D_t(Q_t) \quad (1.6)$$

Si è così dimostrato come in un mercato come quello energetico e più in particolare quello elettrico, prezzo e quantità siano funzione di diversi parametri ed elementi esogeni che modificano sia la domanda che l'offerta.

- Prezzo e volatilità dell'attività sottostante: Ricordando che i derivati energetici sono spesso utilizzati come strumento di copertura e di speculazione, si riesce a spiegare come il prezzo e la volatilità dell'energia modifichino il prezzo di questi strumenti. Quando, ad esempio, il prezzo dell'energia aumenta, ci sono diversi trader che cercano di trarre profitto dall'aumento dell'energia e la domanda dei derivati aumenta a sua volta. Dato l'aumento di domanda di derivati, il prezzo di questi ultimi crescerà. Per quanto riguarda la volatilità dei prezzi dell'energia, si veda come quando quest'ultima aumenta, ci sarà una maggior richiesta di derivati visto che gli operatori di mercato vorranno coprirsi maggiormente. C'è però da dire che ci potrebbe essere anche un effetto inverso, dato che una maggior volatilità potrebbe dar vita a una crescita dei costi di copertura e quindi ad una minor domanda di derivati. In più potrebbe nascere anche un rischio di liquidità.
- Politiche governative: Ci sono diverse scelte di politica economica che posso modificare il prezzo dei derivati energetici. In primo luogo, le politiche fiscali e tributarie hanno una grandissima influenza sul prezzo dei suddetti strumenti. Un governo potrebbe aumentare le tasse sul consumo di petrolio al fine di disincentivarne la domanda, e così il prezzo dei derivati sul petrolio potrebbe aumentare per i maggiori costi da sopportare e diminuire per il minor

utilizzo di questa fonte energetica.²⁶ Discorso analogo si può fare per le politiche di incentivazione e regolamentazione. Nel caso di politiche di questo tipo, volte magari ad incentivare l'utilizzo delle fonti rinnovabili a scapito del petrolio e del gas, si cerca di agire sulla domanda di queste e quindi i prezzi energetici cambiano, modificando inevitabilmente i costi dei derivati. A queste si aggiungono le politiche di tipo ambientale oppure le politiche volte alla sicurezza energetica. Anche queste politiche non fanno altro che promuovere l'utilizzo di determinate fonti e disincentivare l'utilizzo di altre, modificando la domanda e l'offerta e influenzando così il prezzo dei derivati.

- **Fattori geopolitici:** Nella maggior parte dei casi, questi fattori sono quelli che più influenzano i prezzi dell'energia e di conseguenza quelli dei contratti derivati su di essa. I principali fattori geopolitici sono senz'altro i conflitti e le tensioni tra i paesi o all'interno di uno stesso paese. Se i conflitti colpiscono paesi che producono, conservano o distribuiscono energia le conseguenze possono essere ampie. Tensioni all'interno di uno stesso paese possono provocare una contrazione dell'offerta energetica e quindi una modifica dei prezzi. A questi fattori si aggiungono dei cambiamenti degli assetti che modificano le alleanze e i rapporti tra i paesi produttori di energia. Esemplificativo è il recentissimo caso Russia, che ha visto la fine di moltissime alleanze con quest'ultima con gravi conseguenze nei prezzi energetici e in quelli dei derivati. In ultimo c'è la competizione tra paesi produttori. Spesso a un'alta concorrenza corrisponde una maggiore offerta che riduce i prezzi dell'energia, anche se non è sempre così.²⁷
- **Tassi di cambio e valute:** I beni energetici sono di solito importati e ciò può generare delle differenze di prezzo dovute a tassi di cambio e valute utilizzate. Questo discorso si applica principalmente al petrolio, il quale viene prezzato in dollari USA. Uno studio²⁸ ha dimostrato l'esistenza di una relazione diretta tra tassi di cambio e prezzi del petrolio. Da ciò ne consegue che il prezzo del petrolio sarà in funzione anche del tasso di cambio. Se il dollaro si apprezza rispetto ad altre valute, il prezzo del petrolio aumenterà per i paesi che utilizzano valute diverse dal dollaro. Anche i derivati sul petrolio sono prezzati in dollari USA e quindi quanto detto prima è valido anche per questi ultimi. Per queste ragioni, infatti, spesso diversi operatori di mercato cercano di speculare sulla volatilità dei prezzi dei derivati sul petrolio nei periodi in cui i tassi di cambio sono particolarmente volatili. I tassi di cambio possono quindi agire sulla domanda, rendendo più conveniente o sconveniente l'importazione, e sull'offerta, modificando i costi di produzione. Per queste ragioni oltre ad avere un'influenza diretta sui derivati, hanno anche un'influenza indiretta modificando i prezzi dell'energia (principalmente petrolio).

²⁶ Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices - David Amaglobeli, Emine Hanedar, Gee Hee Hong, and Céline Thévenot

²⁷ Market fundamentals. Competition and natural-gas prices

²⁸ Oil prices, exchange rates and asset prices - Marcel Fratzscher, Daniel Schneider and Ine Van Robays

- Tassi di interesse: I tassi di interesse possono influenzare i prezzi dei derivati energetici in molteplici modi. Innanzitutto, un aumento dei tassi di interesse potrebbe rendere i derivati energetici meno attraenti per gli investitori. Questi ultimi potrebbero scegliere altri strumenti che garantirebbero rendimenti maggiori. Il caso più esemplificativo è quello di un'opzione. Normalmente, quando il tasso di interesse cresce, il premio di una call option aumenta e il premio di una put option diminuisce. Quando si parla di tasso, ci si riferisce al tasso annualizzato. Se si chiama i_{12} il tasso mensile, ne consegue che il tasso annualizzato sarà:

$$i = (1 + i_{12})^{12} - 1 \quad (1.7)$$

Quando aumenta il tasso di interesse, il valore di un'opzione call aumenterà a sua volta poiché sarà più conveniente acquistare l'opzione put piuttosto che acquistare l'azione richiedendo un prestito con un tasso elevato. Al contrario, quando il tasso sale, comprare put option diviene meno conveniente che vendere allo scoperto il sottostante stesso e così il valore dell'opzione diminuirà. Esiste una variabile ρ ²⁹ che misura l'impatto del cambiamento dei tassi di interesse sul prezzo di un'opzione. Questa indica perciò di quale ammontare il prezzo di un'opzione se il tasso di interesse varia dell'1%. Per esempio, si ponga il caso di possedere un'opzione call che ha il prezzo di 10€ e il $\rho = 0,5\%$. Se il tasso aumenta del 2%, il prezzo dell'opzione aumenterà di $2 \times 0,5\% = 1\%$ e sarà quindi di 11€. Se si dovesse trattare invece di un'opzione call, il prezzo diminuirà dello stesso ammontare.³⁰

Oltre a questo, i tassi di interesse possono avere un impatto anche sulla domanda e sull'offerta di energia e quindi sul prezzo dell'energia e dei derivati connessi. Se ad esempio i tassi fossero bassi, le imprese produttrici aumenterebbero i loro investimenti nella produzione energetica e quindi ci sarebbe un aumento dell'offerta e quindi un abbassamento dei prezzi. Infine, i tassi di interesse potrebbero influire anche sui mercati delle valute e quindi sui tassi di cambio.

- Dividendi: Anche i dividendi, pur non avendo un'influenza diretta sui prezzi dei derivati, li influenzano indirettamente, modificando i prezzi dei sottostanti. Riferendoci alle stock options, si sa che quando si distribuisce un dividendo il prezzo di un'azione sottostante cala. Quando il prezzo scende diminuisce anche il valore dell'opzione call e aumenta quello di un'opzione put.³¹
- Liquidità del mercato: Con la liquidità ci si riferisce all' "attitudine di un bene mobile o immobile ad essere convertito in moneta legale"³². Con liquidità di mercato ci si riferisce invece alla facilità con cui uno strumento finanziario o un asset può essere venduto o acquistato senza causare un significativo impatto sul prezzo del bene stesso. In poche parole, in un mercato liquido ci sono abbastanza acquirenti e venditori ed altrettanti scambi tali per cui si riesce a

²⁹ Rho (lettera greca)

³⁰ <https://www.investopedia.com/articles/active-trading/051415/how-why-interest-rates-affect-options.asp>

³¹ <https://www.investopedia.com/trading/dividends-interest-rates-effect-stock-options/s>

³² Citazione da Borsa Italiana

raggiungere i prezzi giusti, evitando squilibri di prezzi da una delle due parti o eccessive attese per completare lo scambio. Difatti, in un mercato poco liquido lo spread tra bid prices³³ e ask prices³⁴ è più alto.³⁵Di conseguenza, in un mercato di derivati più liquido lo spread sarà minore e lo stesso dicasi per le commissioni. Sarà perciò più facile acquistare e vendere i propri strumenti. All'inverso, in un mercato poco liquido potrebbe accadere che i venditori o gli acquirenti siano costretti ad accettare prezzi sfavorevoli. Per queste ragioni, la liquidità influisce anche sulla volatilità del prezzo dei derivati. Se il mercato presenta una bassa liquidità, per compiere anche poche transazioni è possibile che i prezzi debbano essere modificati di molto e si discostino così dai prezzi originali.

- **Fattori tecnici:** Questi fattori sono invece influenzati dall'analisi dei dati di mercato e dalla comprensione dei comportamenti e delle aspettative dei diversi operatori di mercato. Sono:
 - **Analisi tecnica:** Questo è uno strumento utilizzato dai trader che presuppone l'utilizzo di grafici e dati statistici per assumere decisioni riguardo i propri investimenti. Spesso viene utilizzata per individuare il timing, ossia il momento in cui entrare nel mercato e quello in cui uscire da questo, tutto questo mediante l'utilizzo di complessi indicatori di prezzo o pattern tecnici. Se ci sono molti investitori che utilizzano questo tipo di analisi, in base a determinate previsioni di grafici o a indicatori specifici, la domanda e l'offerta di derivati verrà inevitabilmente modificata.
 - **Livelli di supporto e resistenze:** Uno strumento, legato all'analisi tecnica, che permette ai trader di prendere decisioni e identificare trend di mercato. Si definisce supporto, “o punto di rimbalzo, un livello del grafico nel quale l'interesse dei compratori diviene sufficientemente forte da superare la pressione dei venditori, il ribasso si ferma e i prezzi cominciano a salire” (Murphy, 1999). La resistenza invece rappresenta “un livello di prezzo del mercato in cui la pressione di vendita supera quella dei compratori, invertendo il rialzo” (Murphy, 1999). Di questo modo si possono individuare trend rialzisti e ribassisti che influenzeranno così il prezzo dei derivati.³⁶
 - **Sentimento del mercato:** È definibile come l'atteggiamento che hanno gli investitori nei confronti del mercato nel suo complesso o di un bene nello specifico. Viene ovviamente influenzato da altri fattori come annunci, notizie, eventi inaspettati ecc. Se il sentimento generale di mercato è ottimista, si avrà un rialzo dei prezzi. Viceversa, se gli operatori di mercato sono pessimisti si avrà una caduta della domanda e quindi una diminuzione dei prezzi. In periodi di grande incertezza invece ad aumentare è la volatilità dei prezzi.³⁷

³³ Prezzo più alto che un acquirente è disposto a pagare

³⁴ Prezzo più basso che un venditore è disposto ad accettare

³⁵ <https://www.investopedia.com/terms/l/liquidity.asp>

³⁶ Support & Resistance Levels: Forex, Commodities & Indices

³⁷ Derivatives markets – Marian Micu, Christian Upper

- **Posizione degli operatori:** La posizione degli operatori è relativa alle loro aspettative sull'andamento dei prezzi. Se ci si aspetta un rialzo dei prezzi del gas, per esempio, si assume una posizione lunga, che consiste nell'acquisto di future sul gas naturale o di opzioni call. In questo modo la domanda dei contratti cresce e il prezzo aumenta. Al contrario, se ci si aspetta un ribasso nei prezzi, si assume una posizione corta, vendendo futures o opzioni put. L'offerta aumenta e i prezzi diminuiscono.
- **Volumi di scambio:** I volumi di scambio fungono da indicatore dell'attività complessiva che c'è nel mercato. Una maggiore attività implica un maggior interesse per un determinato strumento finanziario e viene perciò vista come un segnale positivo per gli operatori di mercato, che sarà seguito da un aumento della domanda e di conseguenza dei prezzi. Inoltre, ad esserne influenzata è anche la liquidità di mercato. Se, al contrario, i volumi di scambio diminuiscono, l'interesse viene meno e così anche la domanda e i prezzi.

C'è da dire che tutti questi fattori non sono isolati e si influenzano a vicenda, in un continuo rapporto di interdipendenza. I prezzi dei derivati come strumenti finanziari subiscono un'influenza di moltissime variabili, concatenate fra loro. Per queste ragioni è importante capire come ogni singola variabile contribuisca alla formazione del prezzo dei derivati, soprattutto quando si parla di mercato energetico.

Infatti, per quanto riguarda i derivati energetici più nello specifico c'è un'ulteriore distinzione da fare. Vengono distinti infatti fattori macroeconomici e fattori specifici del mercato dell'energia. I primi si rifanno a quanto detto prima in generale su tutti i tipi di derivati. Quelli specifici invece sono peculiari solo del mercato energetico e quindi dei derivati energetici. Spesso hanno un'influenza indiretta sul prezzo dei derivati, in quanto influenzano direttamente i prezzi energetici. Questi sono:

- **Cambiamenti nella produzione energetica:** Ogni variazione può influire sull'offerta di un qualsiasi bene energetico. Nei mercati energetici spesso è importante che la produzione venga mantenuta stabile, e non appena questa aumenterà o diminuirà i prezzi subiranno improvvise variazioni. Se magari una nazione decidesse di produrre meno petrolio, per varie ragioni, l'offerta di petrolio andrebbe a diminuire. In questo modo il prezzo del petrolio e dei derivati su di essi aumenterebbero. Questo sempre a condizione che la domanda di petrolio rimanga costante e non diminuisca a sua volta.
- **Costi di produzione:** Questa macrocategoria include tutta una serie di costi legati alla produzione, allo stoccaggio e alla produzione dell'energia. I principali sono: costo delle materie prime, costi legati all'utilizzo delle tecnologie di produzione o estrazione, costi legati al trasporto e allo stoccaggio e costi di manodopera. L'aumento di anche uno solo di questi costi grava indubbiamente su prezzi. Se ad esempio aumenta il costo dei macchinari utilizzati per estrarre il petrolio, ne consegue che, sopportando un maggior costo, i produttori imporranno un maggior prezzo sul petrolio e di conseguenza ne risentirà anche il prezzo dei derivati su di esso.

- **Presenza di infrastrutture di trasporto dell'energia:** Le infrastrutture di trasporto, quali ad esempio i gasdotti, permettono di trasportare l'energia dai luoghi nei quali viene prodotta ai luoghi nei quali viene consumata. Ovviamente l'offerta di energia è particolarmente influenzata dalla presenza e dal numero di queste infrastrutture. Se ce ne sono molte, c'è la possibilità, per un produttore, di accrescere la propria offerta e quindi di abbassare i prezzi. Se invece la presenza è limitata ne consegue che l'offerta sarà a sua volta limitata e i prezzi aumenteranno. Inoltre, spesso queste infrastrutture influiscono sulla qualità dell'energia trasportata, influenzandone così la domanda e i prezzi. In aggiunta, ci possono essere effetti anche per quanto riguarda la sicurezza e la stabilità dell'approvvigionamento energetico. Molti paesi e in generale molte aziende, cercano sempre di assicurarsi una stabilità energetica tale da ridurre i rischi di interruzione di forniture. Nel caso ci fossero tante infrastrutture e fossero efficienti, il rischio legato alla sicurezza degli approvvigionamenti si ridurrebbe e quindi il prezzo dei derivati utilizzati per coprirsi da questo rischio diminuirebbe. Nel caso contrario invece, se il rischio fosse alto, questi tipi di derivati diventerebbero ancora più necessari e potrebbero essere scambiati a prezzi più alti.
- **Impianti di stoccaggio energetico:** Gli impianti di stoccaggio nel mercato energetico sono di vitale importanza e possono influenzare in vari modi il prezzo dell'energia e dei derivati ad essa connessi. Questi impianti danno la possibilità di immagazzinare energia nei momenti in cui la domanda è minore e di utilizzarla quando la domanda diventa maggiore. In primo luogo, grazie allo stoccaggio, la volatilità dei prezzi si riduce di molto. Lo stoccaggio permette di avere un maggior controllo sulle forniture di energia e quindi riduce i rischi connessi alle interruzioni di fornitura o i rischi di prezzo. I derivati energetici subiranno quindi una riduzione di prezzo, visto che devono mitigare rischi di entità minore. Spesso, inoltre, gli impianti agiscono sul lato della domanda. Quando i prezzi dell'energia si alzano, può essere più conveniente ricorrere a quella immagazzinata e quindi a seconda della presenza o meno di impianti di stoccaggio, la domanda di energia varierà. Oltre a questo, c'è da dire che i diversi impianti rendono più convenienti dei mix di energia piuttosto che altri e quindi la domanda di determinate fonti crescerà mentre quella di altre diminuirà. Infine, lo stoccaggio influenza anche l'efficienza del mercato in generale. Come già detto, lo stoccaggio permette un maggior controllo sulla domanda e sull'offerta energetica, e le conseguenze sono una maggior liquidità e trasparenza del mercato.³⁸
- **Fattori climatici:** Questo è uno dei fattori che maggiormente influenza i prezzi energetici, influenzando la produzione, la domanda e la distribuzione dell'energia. In molti casi ad essere più colpito è il mercato elettrico. In particolare, le condizioni meteorologiche estreme, intese come estremo freddo o caldo, tempeste ecc. possono danneggiare le infrastrutture e quindi bloccare la produzione, l'immagazzinamento o la distribuzione di energia, facendone aumentare la domanda ed i prezzi, e in più facendo aumentare la volatilità degli stessi. Oltre a questo, possono influire

³⁸ On the effects of storage facilities on optimal zonal pricing in electricity markets – Martin Weibelzahl

sulla produzione di determinate fonti di energia, come quelle rinnovabili, influenzando direttamente sui fattori di produzione. Ad esempio, se in un determinato periodo di tempo c'è molto vento, gli impianti eolici produrranno maggiore energia elettrica viceversa la produzione sarà minore. C'è poi da dire che la domanda di energia risente molto di quelli che sono i cicli stagionali. Spesso la domanda di energia elettrica utilizzata negli impianti di riscaldamento aumenta in inverno e diminuisce in estate. Per queste ragioni è possibile che vengano influenzati i prezzi dei derivati a breve termine su queste fonti. Da menzionare sono poi i cambiamenti climatici. Questi possono essere responsabili di variazioni permanenti nella temperatura o in altri fattori che possono generare grandi cambiamenti nella domanda energetica a lungo termine e nel mix energetico utilizzato. Si guardi come negli ultimi anni il riscaldamento climatico stia modificando l'assetto energetico mondiale e i rispettivi prezzi e come i derivati energetici in un periodo delicato come questo siano sempre più richiesti e scambiati. L'influenza dei fattori climatici è quindi duplice: sia a breve termine che a lungo termine.

A dimostrazione di quanto esposto, come accennato in precedenza, sono stati creati dei derivati legati specificamente a determinati eventi climatici, ossia i weather derivatives. I più diffusi ed esemplificativi sono quelli basati sulla temperatura, che prevedono la creazione di un indice:

$$T_i = \frac{T_i^{max} + T_i^{min}}{2} \quad (1.8)$$

Si calcola la temperatura media di una determinata giornata e si usa un indice (HDD³⁹) per i derivati che hanno come base la temperatura: $HDD_i = \max(0, Base - T_i)$. In questo modo si cerca di controllare i rischi associati ad una determinata temperatura rispetto ad una base prestabilita, la quale funge da livello di temperatura stabilito in precedenza.⁴⁰ Detto questo, è importante capire come in un mercato come quello energetico, i fattori climatici sono fondamentali per capire i prezzi dell'energia e dei derivati, e soprattutto dei rischi associati. Dal momento che tali fattori sono incontrollabili, i derivati diventano necessari nel tentativo di gestire e mitigare i rischi connessi a tali fattori esogeni.

- **Regolamentazione ambientale:** La regolamentazione ambientale è sempre più presente e influente nel mondo odierno. Di base la regolamentazione tende ad incentivare l'utilizzo di fonti rinnovabili a scapito di combustibili fossili. Da una parte agisce sul lato dei consumatori e tende ad incentivare la domanda di energie rinnovabili mediante premi, sconti. D'altra parte, cerca di disincentivare l'offerta di combustibili fossili, rendendoli magari più costosi da produrre e da distribuire. Se ovviamente i costi di produzione aumentano, aumenteranno anche i prezzi. Per queste ragioni, anche tenendo conto della natura improvvisa e rapida con cui queste riforme sono attuate, i derivati

³⁹ Heating Degree Day temperature index

⁴⁰ Modelling Temperature and Pricing Weather Derivatives Based on Temperature – Birhan Tastam

energetici sono richiestissimi al fine di delimitare la perdita nella quale si incorrerebbe in caso di un regolamento troppo sfavorevole. Si vedano infatti i numerosi contratti stipulati dalle imprese volti a fissare i prezzi del petrolio a medio termine, così da evitare importanti ripercussioni sui costi di queste normative.⁴¹

- Sviluppi tecnologici relativi a fonti di energia alternative: In maniera molto simile a quanto detto per la regolamentazione ambientale, gli effetti si hanno sia sulla domanda che sull'offerta. In primo luogo, se l'offerta e la convenienza di fonti rinnovabili aumenta, la domanda di combustibili fossili diminuisce e quindi anche i prezzi. D'altro canto, però, un aumento dell'offerta di fonti di energia rinnovabili, potrebbe causare un incremento della domanda di determinati derivati energetici.

Si è visto come i derivati energetici siano influenzati da una moltitudine di fattori sia in quanto derivati finanziati, sia in quanto relativi al mercato energetico. Per questa ragione vanno utilizzati e scambiati con criterio e possedendo le giuste informazioni, per evitare di incorrere in rischi e perdite ingenti. Infatti, gli stessi fattori possono avere effetti contrapposti a seconda delle condizioni del mercato e dalla presenza di altre complesse variabili. Spesso si hanno effetti sui prezzi in due direzioni opposte e l'effetto finale sarà dato dalla parte che prevale. Nonostante ci siano misure poste in atto dai governi per mitigare i rischi connessi a tali fattori, spesso e volentieri la volatilità dei prezzi energetici è alta e di conseguenza l'importanza di tali derivati non è di certo trascurabile.

1.1.4 Copertura e Gestione dei rischi e creazione di opportunità di investimento attraverso i derivati nel mercato dell'energia

Il mercato energetico è senz'altro conosciuto per la sua grande volatilità e per il suo alto grado di instabilità. Sono all'ordine del giorno, infatti, fluttuazioni di prezzi che hanno però un significativo impatto su aziende, consumatori e perfino Stati. Questo argomento verrà trattato più nello specifico nei prossimi paragrafi, tuttavia, c'è da dire che questi elementi possono creare sia vantaggi che svantaggi per gli attori del mercato. In primo luogo, questi ultimi sono soggetti a innumerevoli rischi e hanno quindi la necessità di coprirsi da questi ultimi e di limitarli. Nel merito i derivati appaiono un validissimo strumento per raggiungere questo fine. Dall'altro lato della medaglia però la volatilità dei prezzi e le conseguenze che ne scaturiscono possono dar vita, in parallelo, a una moltitudine di opportunità e vantaggi. Anche in questo ambito i derivati sono di vitale importanza. Ritornando alla gestione dei rischi, si sa che i maggiori rischi legati al mercato energetico sono i seguenti: rischio di mercato, rischio di credito, rischio di liquidità e rischio operativo. Questi verranno trattati meglio in seguito, ma basti sapere che le aziende cercano attivamente di mitigare i suddetti rischi, utilizzando strumenti, tra i quali i derivati energetici. Sono già state trattate ed elencate le strategie di copertura più usate dalle imprese ma bisogna aggiungere che, assieme alla diversificazione, i derivati sono gli strumenti che più di qualunque altro metodo permettono di creare stabilità all'interno di un'impresa.⁴² Le aziende attraverso i

⁴¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1938&from=EN> – Regolamento UE

⁴² <https://www.eiu.com/n/measuring-opportunity-and-risk-in-major-energy-markets/>

derivati possono assicurarsi una copertura a breve termine, a lungo termine e anche una copertura incrociata, per coprire rischi associati a strumenti diversi. Tutte quante le caratteristiche del mercato energetico e dei derivati rendono possibile la creazione di molteplici opportunità di investimento. Tra queste c'è l'hedging, che è tra le più utilizzate e della quale si è già trattato.

Oltre a questa, i derivati possono essere utilizzati per un'efficace diversificazione. La diversificazione è vista da due diverse prospettive. In primo luogo, ci si riferisce alla diversificazione del proprio mix energetico, che può essere più eterogeneo e gestibile grazie all'utilizzo dei derivati. D'altra parte, con questo termine ci si riferisce alla diversificazione del proprio portafoglio di investimento e l'ottimizzazione dello stesso. Sono stati fatti diversi studi e sulla base di questi sono stati creati dei modelli sull'ottimizzazione del portafoglio di investimento che comprende commodities e derivati (principalmente contratti futures) sulle stesse. Uno dei più famosi è il "Markowitz Mean-Variance optimization" che si basa sullo Sharpe ratio. Quest'ultimo è dato dalla formula:

$$\text{Sharpe ratio} = \frac{E(R) - r_f}{\text{Standard deviation}} \quad (1.9)$$

dove $E(R)$ indica il rendimento atteso e r_f il tasso privo di rischio, indica il rendimento in eccesso per ogni unità di rischio⁴³ e va perciò massimizzato, per ottenere il rendimento massimo possibile per ogni unità di rischio. Il problema di ottimizzazione che tiene conto delle commodities e dalla (1.9) diventa ora:

$$\max \frac{w^T \mu - r_f}{\sqrt{w^T \Sigma w}} \quad (1.10)$$

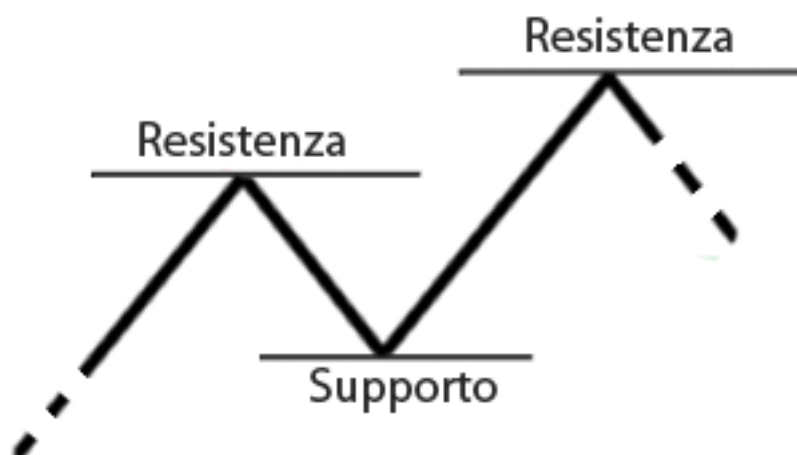
soggetto ai due vincoli: $\sum_{i=1}^m w_i = 1$, $w_i \geq 0 \forall i$. Si osservi che: $E(R) = w^T \mu$, $\text{Standard deviation} = \sqrt{w^T \Sigma w}$ e poi $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ è il vettore dei pesi dei futures su commodity in portafoglio, $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m)$ è il vettore dei rendimenti sui futures su commodity del portafoglio, w_i indica il peso dell' i -esimo elemento sul totale. Si osservi dalla (1.10) che si vuole massimizzare il rendimento delle commodities per ogni unità di rischio delle stesse. Lo studio, analizzando diversi portafogli, riesce a dimostrare come "il portafoglio che comprende gli energy futures offre maggiori rendimenti e minore deviazione standard rispetto ai portafogli non diversificati" (Wang). Questa dimostra quanto i derivati siano utili ed efficaci se utilizzati in portafogli che contengono commodities, offrendo eccellenti opportunità di diversificazione⁴⁴. C'è poi da dire che per ottenere risultati migliori bisogna aggiungere più di un contratto future e studiare la strategia migliore, diversa per ogni mercato e fonte energetica.

Un'altra opportunità di investimento è senz'altro la possibilità dei trader di speculare sulla fluttuazione dei prezzi energetici. Il classico esempio è l'acquisto di un contratto future quando si crede che i prezzi aumenteranno oppure la vendita dello stesso se si pensa che scenderanno. In effetti la speculazione nel mercato energetico è molto frequente e influisce anche sui prezzi delle opzioni e dei futures. In questo caso gli

⁴³ Deviazione standard

⁴⁴ Portfolio optimization of financial commodities with energy futures – Lu Wang, Ferhana Ahmad, Gong-li Luo, Muhammad Umar & Dervis Kirikkaleli

speculatori devono avere una chiara visione di tutti i fattori che influenzano i prezzi dell'energia e analizzare la volatilità dei mercati. Ci sono diversi tipi di strategie di trading speculativo che prevedono l'utilizzo di derivati energetici. Una di queste è la strategia di breakout, la quale prevede l'acquisto di un future o un'opzione sull'energia nel momento in cui il prezzo supera un livello di resistenza:



45

Figura 2 – Livelli di resistenza

La ratio dietro questa decisione è la seguente: quando il prezzo supera una resistenza, se il trend è positivo, si prevede un'ulteriore salita del prezzo fino alla prossima resistenza. E in effetti ciò è comune nel mercato, soprattutto in quello energetico. Il grafico in questione, che mostra i prezzi del petrolio, è esemplificativo: si veda infatti come il prezzo superi ogni resistenza e continui a salire. I trader, consci di questo, possano sfruttare degli strumenti derivati per trarre ingenti profitti. Invece delle resistenze, si potrebbe altresì utilizzare la media mobile, che è un altro indicatore dell'andamento dei prezzi. Se questa è in crescita è ragionevole pensare che i prezzi dell'energia possano crescere e verranno acquistati quindi dei contratti futures speculativi. In questo caso si parla di strategie di trend following, ossia strategie che sfruttano l'utilizzo di determinati indicatori di tendenza che possano far prevedere l'andamento futuro dei prezzi. Se invece si pensa che i prezzi possano oscillare tra un prezzo massimo o minimo, allora si utilizzano strategie di oscillazione. Nel mercato energetico è difatti comune che i prezzi siano spesso delimitati da un massimo e un minimo, salvo eventi imprevisti. È quindi possibile capire in che momento entrare o uscire dal mercato in base a dei prezzi limite. È chiaro infatti che i prezzi, raggiunto il prezzo massimo, tenderanno a scendere e viceversa. Un'ultima strategia di trading speculativo è basata sugli eventi che riguardano il settore energetico. Eventi geopolitici o notizie sul mercato del petrolio possono avere importanti conseguenze sui prezzi dell'energia e quindi rendono possibili molteplici pratiche speculative. Se, ad esempio, fosse divulgata la notizia della volontà del governo di ridurre l'utilizzo di combustibili fossili, un trader potrebbe acquistare contratti future sulle energie rinnovabili, aspettandosi un aumento sul prezzo di queste fonti. Allo stesso modo, in caso di una crisi in un grande paese produttore di gas

⁴⁵ Fonte: <http://www.forexwiki.it/Resistenza>

naturale, ci si aspetta una riduzione dell'offerta dello stesso e quindi un aumento dei prezzi. Un trader potrebbe quindi acquistare opzioni o future sul petrolio per speculare sull'aumento dei prezzi.

Molto diverse invece sono le strategie di spread⁴⁶ che prevedono l'acquisto e la vendita contemporanea di più contratti futures o opzioni. Il profitto sarà dato dalla differenza tra la vendita e l'acquisto di tali contratti. Un esempio classico è la strategia che consta nell'acquisto di un future su un tipo di petrolio, come il Brent, e la vendita contemporanea di un future su un altro tipo di petrolio, come il WTI⁴⁷. Questa pratica è riconducibile chiaramente all'arbitraggio, che può generare ulteriori opportunità di investimento. Una ricerca ha dimostrato come sia possibile fare arbitraggio e trarre profitti senza incorrere in alcun rischio nel mercato energetico. Più specificamente ci si riferisce al mercato dei futures sul gas naturale e a quello dei futures sull'energia elettrica. Le ipotesi di base sono due: "la prima prevede che ci sia un equilibrio di lungo termine tra i prezzi dell'energia e quelli del gas naturale, e che questo equilibrio non subisca eccessive variazioni nel breve periodo; in secondo luogo, questi prezzi non si riflettono completamente l'un l'altro durante il giorno" (Nakajima). L'equazione di equilibrio di lungo termine alla data t è:

$$E(t) = \alpha(t) \times G(t) + \beta(t) \quad (1.11)$$

dove $E(t)$ e $G(t)$ sono rispettivamente i prezzi dei futures sull'elettricità e sul gas naturale e $\alpha(t)$ e $\beta(t)$ sono dei coefficienti stimati utilizzando le serie storiche dei prezzi. La strategia consiste nel combinare contemporaneamente una posizione lunga e una corta sui due tipi di futures. Quando la differenza tra i prezzi è più ampia del livello adeguato, si vendono i futures che hanno un prezzo maggiore e si acquistano quelli che costano meno. Il livello adeguato dipende dall'equazione di lungo periodo. Nella pratica, quando: $E(t) > \alpha(t) \times G(t) + \beta(t)$, il prezzo dell'elettricità è definito alto e quello del gas naturale è basso. In questo caso si assume una posizione corta sull'elettricità per $\frac{E(t)}{E(t)} + G(t)$ e una lunga sul gas per $\frac{G(t)}{E(t)} + G(t)$. In caso contrario, quando $E(t) < \alpha(t) \times G(t) + \beta(t)$, il prezzo dell'elettricità è basso e quello del gas è alto. Di conseguenza si prende una posizione corta sul gas per: $\frac{G(t)}{E(t)} + G(t)$ e una lunga sull'elettricità per: $\frac{E(t)}{E(t)} + G(t)$.

Le strategie di arbitraggio possono quindi essere molto redditizie, tuttavia è necessario che vengano effettuate con il giusto timing e le giuste conoscenze. In molti mercati stabili, l'arbitraggio è un'attività più teorica che pratica, in quanto i disallineamenti sono rari e quindi le possibilità di fare arbitraggio sono risicate. Nel mercato energetico invece, date tutte le sue caratteristiche, i disallineamenti sono molto più comuni e lo stesso discorso vale per le strategie di arbitraggio. In generale, si è visto come i molti rischi connessi al mercato energetico siano comunque controbilanciati dalle molteplici opportunità che tale mercato può offrire, a partire dalla copertura e dalla diversificazione, fino ad arrivare alla speculazione e all'arbitraggio.

⁴⁶ Spread strategies

⁴⁷ Spread trading strategies in the crude oil futures market – Thorben Lubnau

1.2 Mercati energetici

Nell'ultimo periodo i mercati energetici rivestono un ruolo sempre più cruciale, data l'importanza e l'influenza che caratterizzano il "bene" scambiato. Difatti, l'energia è un bene necessario e proprio questa caratteristica lo rende di vitale importanza, essendo alla base di tutte le attività umane e quindi delle attività di ogni attore che opera oggi nel mondo economico. Oggi ancora di più, con gli esponenziali progressi tecnologici a cui si sta assistendo, la domanda è sempre più in crescita. Le fonti di energia sono molteplici, e tra queste ci sono: petrolio, gas naturale, carbone, energia elettrica ed energia rinnovabile. Ognuna di queste fonti è scambiata in un mercato diverso, con le proprie caratteristiche distintive, e ognuno di essi verrà trattato più nello specifico nei prossimi paragrafi. Ci sono però elementi che sono comuni a tutti i mercati energetici. In primo luogo, c'è da definire un mercato energetico: i mercati energetici sono dei commodity markets relativi all'energia, nei quali avvengono scambi e transazioni legati alla produzione, distribuzione e al consumo di energia. I mercati sono quindi delle vere e proprie piattaforme nelle quali i principali attori di mercato si incontrano per negoziare contratti di compravendita energetica e servizi ad essa correlati. Gli attori al suo interno sono principalmente: produttori, distributori, fornitori, consumatori e organismi di regolamentazione. A questi si aggiungono poi attori che utilizzano il mercato energetico per fini speculativi o come strumento di copertura e diversificazione. Il mercato energetico è diviso in due segmenti:

1. Mercati all'ingrosso: I produttori di energia vendono ai principali distributori e fornitori di energia. I contratti sono spesso molto articolati al fine di garantire trasparenza e stabilità da ambo le parti. Sono molti i fattori che influenzano i prezzi di questo mercato.
2. Mercati al dettaglio: I fornitori si riferiscono ai consumatori finali che possono essere imprese, industrie, privati ed altri. In questo caso il consumatore finale cerca di assicurarsi i prezzi e le condizioni migliori, facendo aumentare la competitività tra fornitori.

Per la loro importanza questi mercati sono sottoposti a rigidi e costanti controlli svolti da organismi di controllo creati ad hoc e stati. Quello che si vuole assicurare è la sicurezza energetica, la trasparenza, la concorrenza leale e la sostenibilità ambientale. C'è da dire che spesso gli stati possono interferire nelle condizioni contrattuali, al fine di preservare la posizione dei consumatori finali, che in questo caso sono la parte più debole.

La presenza di elementi quali innovazioni tecnologiche, evoluzione di politiche energetiche ambientali, fattori climatici e geopolitici, creano alcuni dei problemi che questi mercati devono fronteggiare tutti i giorni. In primo ordine vi è sicuramente il problema legato alle emissioni di gas serra, nocivi per l'ambiente. La produzione di energia, specialmente dei combustibili fossili, è una delle maggiori cause di questo tipo di emissioni e quindi dell'ancor più grande problema del cambiamento climatico. Diverse politiche hanno come obiettivo principale quello di trovare delle soluzioni, anche a scapito dei prezzi, della qualità e della stabilità energetica. Per questa ragione la complessità di questi mercati è altissima. Una delle soluzioni è ovviamente la transizione verso fonti di energia rinnovabili. Un mix di energia pulito e sostenibile è oramai fondamentale, tuttavia, tale transizione è tutt'altro che semplice. Il fabbisogno energetico cresce sempre di più e nelle

condizioni attuali le fonti di energia rinnovabili riescono a soddisfarne soltanto una minima parte. Sono necessari ingenti investimenti, che però devono provenire da fonti esterne, per evitare che ricadano sui consumatori finali. Ci sono enormi barriere sia di tipo economico che infrastrutturale per gli attori dei mercati, soprattutto i produttori, e di conseguenza il passaggio verso queste fonti risulta economicamente svantaggioso. Un produttore dovrebbe affrontare nel migliore dei casi costi maggiori, che ricadrebbero sui consumatori, e dovrebbe investire fondi a lungo termine in infrastrutture, che nel breve termine sarebbero poco o per nulla redditizie. Per queste ragioni spesso si richiedono numerosi interventi statali che, nonostante aiutino sia produttori che consumatori, rendono ancora più instabili i prezzi dell'energia. C'è sempre la volontà di trovare una sorta di equilibrio tra regolamentazione e libero mercato, cosa evidente soprattutto nel mercato elettrico, e di conseguenza c'è un continuo processo normativo che non si esaurisce mai e che deve trovare un connubio tra gli obiettivi di sostenibilità e quelli di trasparenza e difesa dei consumatori. Altro grosso problema è la dipendenza energetica, vista in una duplice veste. Il primo tipo di dipendenza è quella da fonti di energia, in particolare combustibili fossili. Per i motivi sopracitati si cerca di evitare una dipendenza da tali fonti per evitare lo scatenarsi di un circolo vizioso, che possa rendere sempre più difficile il passaggio alle rinnovabili. Al fine di evitare ciò, sovente i vari governi sono pronti ad intervenire, rischiando però di falsare eccessivamente le leggi del mercato, causando così gravi danni al mercato, in termini di competitività e sostenibilità economica. Un altro problema è costituito dall'eccessiva dipendenza energetica da altri paesi. Questo però si riconduce al fatto che la produzione energetica non sia equamente distribuita tra i diversi paesi mondiali. Per ciascuna fonte energetica ci sono pochi grandi paesi produttori che si interfacciano con tutti gli altri paesi. Come si è visto dal recentissimo caso Russia-Ucraina, questo modus operandi risulta deleterio. Dopo lo scoppio della guerra e la conseguente corsa all'indipendenza dal gas russo, i prezzi dell'energia sono visibilmente aumentati, ripercuotendosi su produttori, distributori e soprattutto consumatori. In merito si parla di decentralizzazione energetica. In quest'ottica stanno prendendo sempre più piede i *microgrids*, ossia sistemi energetici localizzati e autonomi che possono generare, distribuire e regolare il flusso di energia elettrica all'interno di un'area geografica limitata. Queste garantirebbero diversificazione energetica, sicurezza e soprattutto stabilità. La diversificazione degli approvvigionamenti però comporta ingenti investimenti infrastrutturali, che potrebbero risultare troppo onerosi per la maggior parte degli attori economici presenti sul mercato. E difatti, altri problemi sono causati da fattori principalmente geopolitici. L'energia, infatti, è il bene che maggiormente risente di tali eventi, e per questo è soggetto ad una maggiore volatilità. Inoltre, spesso gli effetti sono imprevedibili e quindi è difficile creare delle aspettative sull'andamento dei prezzi di mercato sulla base di questi elementi. In più, nella maggior parte dei casi, tali eventi portano con sé la necessità di un riassetto energetico per i diversi paesi, cambiando così ulteriormente le carte in tavola. Esemplificativo è il recente caso del Piano Mattei. (Di recente, dopo gli eventi relativi al caso Russia, si è deciso di far diventare l'Italia un hub energetico europeo. In questo modo molti investimenti sono pervenuti verso il paese e così i prezzi ne hanno risentito e ne risentiranno⁴⁸). Ritornando alle caratteristiche dell'energia, bisogna tener a mente che essa è un

⁴⁸ Il sole 24 ore

bene di primaria importanza. È fondamentale che l'energia sia accessibile a tutti e oramai si può dire lo stesso anche per le fonti rinnovabili. Di conseguenza sono molti i tentativi di poter estendere la disponibilità energetica a tutti gli abitanti del mondo. Proprio per questo è vitale la cooperazione internazionale. L'utilizzo di accordi per gestire al meglio i mercati energetici è vantaggioso sotto tutti i punti di vista. Iniziative come gli Obiettivi di sviluppo sostenibile e l'Accordo di Parigi sono solo alcuni degli strumenti che permettono di mitigare l'instabilità dei prezzi e delle forniture energetiche. Da menzionare sono senz'altro anche i fattori climatici. L'energia subisce un'influenza diretta e indiretta da questi e per questo essi costituiscono un altro grande problema che affligge i mercati. Riguardo le fonti rinnovabili, è comune che la produzione energetica e quindi la fornitura risentano del clima e di eventi naturali imprevisti e ciò ne mette in luce l'instabilità e la precarietà. La volatilità dei prezzi è quindi facilmente spiegabile osservando tutti i problemi ai quali sono soggetti tali mercati. Ed è proprio da questa volatilità che scaturisce l'ennesimo problema di speculazione e manipolazione dei mercati. Molti attori cercano di sfruttare il mercato a proprio vantaggio per trarre profitti impropri, e perciò non sono pochi i regolamenti volti a prevenire questi tipi di accadimenti.

1.2.1 Mercato del petrolio

Il petrolio è una delle commodity più scambiate nei mercati finanziari. Le transazioni avvengono attraverso contratti future nei due mercati principali che sono il NYMEX (New York Mercantile Exchange), uno dei maggiori mercati mondiali di futures e opzioni energetiche e metalli preziosi, e l'ICE (IntercontinentalExchange) di Atlanta. Viene scambiato in lotti da 1000 barili ed è quotato in dollari statunitensi. I più famosi benchmark petroliferi sono due:

1. Brent: Il Brent è una miscela, ossia un petrolio misto, che viene estratto dal Mare del Nord. In realtà è un vero e proprio paniere, formato da 15 diversi petroli. Di base viene raffinato per produrre gasolio e benzina. Viene utilizzato per la quotazione dei petroli prodotti in Europa, Africa e Medio Oriente.
2. WTI (West Texas Intermediate): È anch'esso una miscela di petroli, che vengono però estratti negli USA. Si differenzia dal Brent per il contenuto di zolfo e per il grado API, che ne indica la densità. È utilizzato per quotare petroli prodotti in Nord e Sud America

La quotazione del petrolio avviene principalmente in due modi:

- Prezzo di riferimento: Ci si basa su un parametro di riferimento, come appunto il Brent e il WTI
- Prezzo con premio: Si somma il prezzo spot del petrolio con un premio che tiene conto di diversi fattori quali qualità, trasporto ecc. Di base, a seconda della qualità, il premio può essere positivo o negativo.

Un modello per la determinazione dei prezzi dei futures sul petrolio che tiene conto del premio è dato dalla seguente formula:

$$F_{t,T} - S_t = E_t(S_T) - S_T - \pi_{t,T}^{49} \quad (1.12)$$

⁴⁹ European Central Bank, "What is driving oil futures prices?"

dove: $F_{t,T}$ è il prezzo di un future che scade alla data T; S_t è il prezzo spot corrente; $E_t(S_T)$ è il prezzo spot atteso alla data T; $\pi_{t,T}$ è il premio per il rischio. La differenza tra il prezzo corrente (alla data t) dei futures che maturano a una data T, e il prezzo spot corrente, è detta base. La base è formata da due componenti: una è la differenza tra le aspettative sul prezzo spot futuro e il prezzo spot ora; l'altra parte è proprio il premio per il rischio sopraccitato. La differenza tra i prezzi spot e quello dei future fornisce ovviamente anche un'idea sulle aspettative di mercato sui prezzi del petrolio

Ci sono quattro fattori principali che determinano il prezzo del petrolio: offerta, consumo, mercati finanziari e politiche governative. Innanzitutto, quando l'offerta di petrolio è alta e la domanda è bassa, i prezzi saranno bassi e viceversa. Le più grandi forniture di petrolio si trovano nei paesi del Medio Oriente, come Arabia Saudita, Iraq e Iran, oppure altri paesi come Russia, Venezuela e Stati Uniti. Ci sono poi gruppi come l'OPEC (Organizzazione dei Paesi Esportatori di Petrolio) che regolano l'approvvigionamento di petrolio e lo gestiscono, influenzandone l'offerta e quindi i prezzi. L'OPEC controlla difatti il 40% dell'offerta mondiale di petrolio. Oltre a questo, anche le crisi geopolitiche possono avere forti effetti sui prezzi del petrolio. C'è poi da dire che il petrolio, essendo una forma di energia rinnovabile, si sta esaurendo col tempo e di conseguenza la transizione energetica che sta avvenendo sta disincentivando l'utilizzo di questa materia prima, rendendola più onerosa (considerando che maggiori costi ne alzano il prezzo) e limitandone l'offerta.

Il petrolio è scambiato mediante l'utilizzo di contratti futures, che possono anch'essi influire sul prezzo. Se acquistati in grandi quantità, infatti, questi possono influire direttamente sul prezzo della commodity a cui fanno riferimento. Esempio: uno speculatore potrebbe acquistare un future ad un prezzo maggiore di quello di mercato. Come effetto, i produttori potrebbero aumentare le proprie scorte di petrolio, per rivenderlo a un prezzo più alto in futuro. Facendo ciò, ridurrebbero l'offerta e i prezzi si alzerebbero anche nel presente. Finanziariamente parlando è fondamentale capire come funzionino i contratti futures del petrolio: nella prassi, infatti, questi non prevedono l'effettiva consegna del bene dato che spesso sono utilizzati da trader o speculatori, i quali liquideranno la propria posizione prima della consegna.

Oltre a questo, anche il sentimento di mercato sull'andamento dei prezzi potrebbe influire sulle posizioni prese e di conseguenza anche sui prezzi. Per quanto riguarda la regolamentazione, essa ha un ruolo fondamentale nei mercati petroliferi, anche se sembra esser meno decisiva rispetto a diversi anni fa. Anche la CFTC (Commodity Futures Trading Commission) pur essendo intervenuta durante la crisi petrolifera del '70, sembra ora aver perso una grande parte del proprio potere regolatorio.

Sembra poi esserci addirittura un ciclo di 29 anni che riguarda i prezzi del petrolio. I prezzi del petrolio, quindi, non sono solamente frutto di domanda e offerta, ma di molti altri specifici fattori, come cicli, politiche di regolamentazione e fattori propri del mercato.

1.2.2 Mercato del gas naturale

Il gas naturale è uno dei combustibili fossili più utilizzati tra le fonti energetiche, composto in gran parte da metano. I giacimenti principali di gas naturale sono in Russia, Algeria, Iran e Stati Uniti. La filiera del gas

naturale consta di: approvvigionamento, che può essere produzione o importazione, trasporto, stoccaggio e vendita, che a sua volta può essere all'ingrosso o al dettaglio. Come il petrolio e il carbone, lo si può trovare sottoterra, frutto dell'accumulo prolungato nel tempo di resti animali e vegetali. Il trasporto è una delle fasi più sensibili. È effettuato principalmente tramite gasdotti ma questi ultimi presentano diversi limiti, come l'impossibilità di procedere oltre-oceano oppure la possibilità di essere bloccati in casi di guerre o tensioni politiche, pur essendo essenzialmente economici. Un altro metodo è il trasporto via nave, che tuttavia prevede la liquefazione del gas. Se raffreddato, diventa metano liquido o GNL (Gas naturale liquefatto). Ha diversi utilizzi, tra i quali quello prettamente domestico e commerciale oppure viene utilizzato per generare energia elettrica. Tra i maggiori esportatori ci sono Russia, Norvegia, Algeria, Russia e Canada. La maggior parte degli altri paesi lo importa e ciò rende i prezzi di quest'ultimo un fattore estremamente sensibile. Ci sono due metodologie di compra-vendita:

- *Approvvigionamento Take or Pay*: Questi sono solitamente accordi di lungo termine che tengono conto dell'ingente investimento iniziale che sostengono gli esportatori di gas. Per evitare di incorrere in perdite in caso una grande quantità di gas rimanesse invenduta, si obbliga l'importatore ad acquistare una minima quantità di gas, anche se non dovesse venire utilizzata da quest'ultimo.
- *Contratti spot*: Questi contratti sono invece di breve-medio termine, e i prezzi seguono la legge della domanda e dell'offerta. Vengono sottoscritti negli hub, i quali sono punti nei quali si incontrano diversi gasdotti e dove si acquista e vende gas.

Ci sono poi altri meccanismi per la determinazione del prezzo del gas: Indicizzazione del petrolio, il prezzo del gas è così legato al petrolio; Concorrenza Gas-on-Gas, dove il prezzo del gas è determinato dalla domanda e dall'offerta (spesso negli hub); *Regulated Gas Pricing*, nel quale è un organismo di regolamentazione che determina il prezzo; *End-Product Netback Pricing*, in cui il prezzo del gas è connesso ai prodotti che chi lo produce sta producendo; Prezzi ibridi, meccanismo tipico del commercio internazionale, nel quale si utilizzano complesse formule, maggiormente flessibili.

Il gas viene scambiato principalmente per soddisfare i bisogni dei consumatori oppure dai trader per finalità di arbitraggio, speculazione e copertura. È scambiato presso il NYMEX, l'ICE e soprattutto il TTF (Title Transfer Facility). Quest'ultimo è "uno dei principali mercati di riferimento per lo scambio di gas europeo"⁵⁰ e ha sede in Olanda. Il prezzo di acquisto del gas è infatti basato proprio sull'indice TTF, al quale si aggiunge poi un margine, che sarebbe il guadagno del fornitore. Il TTF però non è punto di scambio fisico bensì un hub virtuale. In questo caso il gas viene trattato come prodotto omogeneo, indipendentemente dalla sua qualità, per facilitarne gli scambi, i quali avvengono tramite contratti futures, swaps e contratti di fornitura a breve termine. I principali hub virtuali sono: il NBP (National Balancing Point) nel Regno Unito, il TTF e l'Henry Hub negli Stati Uniti. Il prezzo del gas è sia influenzato dalla curva d'offerta e da quella di domanda, sia da

⁵⁰ www.generali.com/doc/jcr:82153c7e-b050-416f-af95-fca223f18fdf/Risposte%20alle%20domande%20pervenute%20prima%20dell%20Assemblea%20Generali.pdf/lang:it/Risposte_alle_domande_pervenute_prima_dell_Assemblea_Generali.pdf

altri fattori: prezzi del petrolio, clima, crescita economica, concorrenza di carburante, stoccaggio ed esportazioni. Il prezzo, a seconda del mercato, è espresso o in unità di valuta per volume oppure unità di valuta per contenuto energetico. Nel mercato statunitense, ad esempio, viene espresso in dollari usa per milione di unità termiche britanniche⁵¹.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale il gas naturale provoca meno danni di altri combustibili fossili quali petrolio o carbone ma il processo di estrazione può provocare comunque danni ambientali. Per queste ragioni non è esente dalle politiche di transizione verso forme di energia più green. I prezzi del gas, infatti, stanno raggiungendo o hanno raggiunto da pochi anni i picchi massimi, e quindi si evince una crescita progressiva di questi ultimi. Ciò è in parte spiegabile dal fatto che questo mercato necessita di ingenti investimenti infrastrutturali, per impianti di stoccaggio, trasporto, liquefazione e per questo le politiche energetiche stanno cercando di limitare tali investimenti per evitare che l'utilizzo di gas naturale possa protrarsi nel futuro. Bisogna però aggiungere che il gas naturale è visto come ponte nel processo di transizione verde, tra gli altri combustibili fossili e le fonti pulite. Inoltre, riesce a rispondere alle esigenze energetiche, se supportato da adeguate infrastrutture e tecnologie.

1.2.3 Mercato del carbone

Il mercato del carbone include la produzione, la distribuzione e il consumo di carbone. Il carbone è un combustibile fossile pronto all'uso estratto da miniere sotterranee. È composto per la maggior parte da carbonio e da altri elementi, tra i quali lo zolfo. In passato è stato fondamentale per lo sviluppo tecnologico e ad oggi svolge comunque un ruolo centrale per la produzione energetica, anche perché viene in larga parte utilizzato per produrre energia elettrica. Ciò che lo contraddistingue dagli altri combustibili fossili è senz'altro la facilità di trasporto. Esso può essere anche convertito in gas naturale, mediante processi di gassificazione oppure in combustibili liquidi come benzina e gasolio attraverso processi di liquefazione. Si divide in quattro famiglie, a seconda della qualità: torba, lignite, litantrace ed antracite. Nella pratica un carbone con un più alto contenuto di calore è scambiato a prezzi più alti. I principali produttori di carbone nel mondo comprendono Cina, Stati Uniti, India, Australia e Russia. Tra i principali consumatori si elencano invece Cina, India e Stati Uniti. Negli ultimi tempi la transizione energetica sta procedendo verso un processo di decarbonizzazione. Tuttavia, per ora questa fonte è ancora altamente necessaria. Tra i fattori che influenzano i prezzi del carbone ci sono: domanda energetica, prezzi del gas naturale e delle energie rinnovabili, politiche climatiche, infrastrutture e accesso al mercato. È anche importante tener conto dei costi di trasporto di quest'ultimo che a volte possono essere addirittura maggiori dei costi del carbone stesso. Viene negoziato nel mercato tramite futures, che consentono di acquistare o vendere una determinata quantità di carbone a un prezzo prestabilito per una data di consegna futura. Questi contratti sono scambiati principalmente nell'ICE, il CME Group (Chicago Mercantile Exchange), che offre contratti sul carbone americano e australiano e lo ZCE (Zhengzhou Commodity Exchange), ossia una borsa cinese. La valuta è principalmente il dollaro statunitense. Nel mercato

⁵¹ Un milione di Btu è più o meno equivalente a mille piedi cubi

dei derivati questi contratti vengono usati per limitare e gestire il rischio connesso alle fluttuazioni del prezzo del carbone. Sia produttori che consumatori riescono a gestire le fluttuazioni dei prezzi oppure a speculare sugli stessi. In più, vengono anche utilizzati dagli investitori come fonte di diversificazione per il proprio portafoglio di investimenti. Nonostante poi il carbone costituisca una fonte di energia necessaria e nonostante la crescita di questo mercato, almeno nel breve periodo, c'è da considerare tutti quei fattori ambientali e sociali connessi all'utilizzo di questo combustibile. In primo luogo, il carbone è la principale fonte di emissione di gas serra e perciò contribuisce significativamente al riscaldamento globale e all'inquinamento atmosferico in generale. Per queste ragioni, oltre ai già citati processi di decarbonizzazione, sono sempre più comuni tecnologie che permettono di conservarlo nella maniera più pulita possibile. Tali tecnologie sono definite CSS (Carbon Capture and Storage), e nonostante siano ancora in una fase prototipale, permetterebbero di ridurre di molto gli effetti negativi causati dall'utilizzo del carbone come fonte energetica.⁵²In aggiunta a quanto detto, c'è poi da dire che i governi e le organizzazioni internazionali cercano sempre più di spingere verso una maggior sostenibilità in termini di estrazione, trasporto e utilizzo del combustibile. Se si considerano anche le interazioni del mercato del carbone con i mercati delle energie rinnovabili, si capisce come queste ultime, che stanno diventando sempre più competitive, potranno avere un'influenza negativa sulla domanda e sui prezzi del carbone, almeno nel lungo termine. Per questo gli strumenti finanziari derivati copriranno un'importanza sempre maggiore, permettendo di ridurre più rischi in modo più efficiente e creando in nuove opportunità di investimento. C'è anche da dire che ci sono una moltitudine di tasse che rendono ancor più difficile i tentativi di stabilizzare i prezzi o la previsione degli stessi. In ultima analisi, ricollegandoci a quanto detto sulle emissioni di gas serra, sono stati creati dei modelli di prezzo sui contratti derivati che tengono conto di tali fattori. Difatti in una condizione di equilibrio il prezzo dei derivati dovrebbe essere connesso alle quote di emissione di CO₂, quest'ultima indicato da S_t , ossia il prezzo spot delle quote di emissione. Riguardo un future, ne consegue quindi che:

$$F(S, \delta, T) = S_t \quad (1.13)$$

Dove $F(S, \delta, T)$ indica il valore di un future che scade in T e δ indica la sensibilità della variazione del prezzo del contratto derivato al variare del prezzo del sottostante, in questo caso il carbone. Per un'opzione invece:

$$F(S, \delta, T) = \max(0, S_t - K) \quad (1.14)$$

In questo modello, i prezzi dei contratti derivati sono funzione anche delle quote di emissione di CO₂.

1.2.4 Mercato dell'energia elettrica

Negli ultimi decenni si è visto come il mercato dell'energia elettrica abbia subito importanti trasformazioni e cambiamenti a livello globale, con un'attenzione sempre maggiore verso la sostenibilità ambientale, la liberalizzazione e la deregolamentazione dei mercati energetici. L'energia elettrica è uno degli elementi più importanti dal punto di vista sociale ed economico, dal momento che è una delle principali fonti di energia per settori industriali e commerciali. Avendo un ruolo così centrale nell'economia, è importante comprendere

⁵² CSS – ipcc

quali sono i rischi associati alla volatilità dei prezzi energetici e cercare di gestirli. È proprio in quest'ottica che i derivati diventano uno strumento fondamentale per il mercato. Per prima cosa bisogna spiegare cos'è l'energia elettrica. Essa è in primo luogo una fonte di energia secondaria, e quindi può essere ottenuta solamente mediante l'utilizzo di fonti energetiche primarie che, con l'utilizzo di appositi generatori, permettono di produrla. Ci sono diverse fonti utilizzate a tale scopo, ed esse sono: energia chimica, la quale viene sintetizzata a partire da combustibili fossili; energia nucleare, che viene liberata dalle fonti nucleari; energia idraulica, che sfrutta la massa dell'acqua; energia eolica, generata dalla forza cinetica dei venti; energia solare, associata alle radiazioni prodotte dal sole; energia geotermica, che viene ottenuta dal calore presente nel sottosuolo terrestre. Questo tipo di energia viene così tanto utilizzata perché riesce ad essere convertita molto efficientemente in altri tipi di energia, quali meccanica, luminosa o termica. È misurata in chilowattora (kWh), che sarebbe l'energia che fornisce una potenza elettrica di un chilowatt in un'ora.

La produzione avviene in centrali elettriche, e il trasporto mediante l'utilizzo di reti di trasmissione e reti di distribuzione. La filiera è infatti così composta: generazione, vendita all'ingrosso, trasmissione, distribuzione e infine vendita al dettaglio. La generazione è svolta dalle società di produzione, le quali si occupano di trasformare le fonti primarie in energia elettrica. Per questo devono occuparsi dell'approvvigionamento di materie prime, trasformazione, immissione dell'energia prodotta nella rete e in più anche della costruzione e della manutenzione degli impianti. La vendita all'ingrosso invece prevede l'utilizzo di contratti bilaterali oppure strumenti finanziari.⁵³ L'energia viene poi trasportata su reti ad alta tensione. In Italia ce n'è soltanto una ⁵⁴che detiene il monopolio al fine di garantire efficienza e sicurezza nel trasporto. Le società che si occupano della distribuzione devono in primo luogo trasformare l'energia da alta tensione a bassa e poi devono distribuirla fisicamente ai clienti. Le società di vendita invece acquistano l'energia tramite contratti o in borsa e la vendono ai clienti finali. I soggetti principali che operano nel mercato elettrico sono perciò i seguenti: generatori, consumatori, fornitori e fornitori di servizi di flessibilità. Questi ultimi si occupano di regolare la domanda e l'offerta per raggiungere un equilibrio. Per questo vengono distinti: Mercati all'ingrosso dell'elettricità: il luogo nel quale si vende e si acquista l'elettricità prima di essere effettivamente consegnata. Comprende generatori e fornitori; Mercati al dettaglio dell'elettricità: in questo caso si parla dei fornitori che vendono direttamente ai consumatori; Mercato del meccanismo di bilanciamento: Sono compresi tutti i meccanismi che bilanciano domanda e offerta.

Il prezzo dell'elettricità all'ingrosso è influenzato da una serie di fattori, tra i quali livello della domanda, tasse sul carbonio, costo di carburante e fattori climatici.

Tra i mercati dell'energia elettrica esiste un'ulteriore suddivisione. I principali mercati sono:

- Mercato del giorno prima dell'energia: Si svolge in un'unica sessione sulla quale si contrattano forniture relative ai giorni successivi. È utilizzata un'asta non discriminatoria, con la possibilità di dividere il mercato in vere e proprie zone.

⁵³ È detta vendita in borsa dell'energia

⁵⁴ Terna S.p.a

- Mercato di aggiustamento: Vengono contratte variazioni di quantità di energia rispetto a quanto negoziato il giorno prima sul mercato. È diviso in due sessioni, una viene effettuata subito dopo le transazioni del mercato del giorno prima, e l'altra è svolta nelle prime ore del giorno dopo
- Mercato per la risoluzione delle congestioni: Le transazioni avvengono principalmente al fine di risolvere le congestioni di rete dopo la prima sessione del mercato di aggiustamento. Il tutto è finalizzato al miglioramento dell'efficienza.
- Mercato della riserva: Dopo la prima sessione di aggiustamento, c'è la possibilità di acquistare ulteriore energia per aumentare le proprie riserve.
- Mercato di bilanciamento: Si suddivide il giorno in periodi di bilanciamento e si offrono aumenti o riduzioni di immissioni.

Come si è visto, tutti questi mercati rendono il mercato energetico ancora più complesso e ciò può, almeno in parte, spiegarne la volatilità dei prezzi. Il rischio di prezzo è più che mai presente in questo mercato e perciò non sono pochi gli strumenti finanziari derivati utilizzati. Come già detto, oltre alla domanda e all'offerta, i prezzi dell'energia sono soggetti a ulteriori fattori, quali costi dei combustibili, riserve, anelasticità di domanda dei consumatori e condizioni atmosferiche. Il prezzo a pronti quindi riflette tutta una serie di caratteristiche proprie dell'elettricità. La prima da tener conto è senz'altro la *nonstorability*. A differenza di altre fonti di energia, l'elettricità non può essere facilmente immagazzinata, e ciò è dovuto sia a inefficienze tecniche che agli elevati costi che l'immagazzinamento comporta. Poiché quindi le riserve sono pressoché inesistenti, l'offerta deve costantemente soddisfare la domanda e da qui ne deriva una forte sensibilità del prezzo agli eventi esogeni di cui sopra. I prezzi spot devono quindi comprendere anche questa caratteristica. Per quanto riguarda la distribuzione di probabilità, si osservi come essa risulti diversa da altri beni in quanto è molto più probabile che si manifestino prezzi estremi, soprattutto in determinati periodi dell'anno. La volatilità è poi molto più elevata di qualunque altra commodity e i prezzi spot sono soggetti spesso ad elevati e brevi picchi, detti spikes. Questi sono spesso legati a determinate ore del giorno, dette appunto peak hours. Nonostante però la volatilità e i picchi, i prezzi dell'elettricità possono essere talvolta previsti a causa di fenomeni di stagionalità che riguardano la domanda e i fattori climatici di determinate regioni. Proprio in questo contesto, uno dei più famosi modelli che riguarda il prezzo spot dell'elettricità è stato sviluppato da D. Pilipovic⁵⁵:

$$S_t = S_t^{Und} + f(t) \quad (1.15)$$

Il prezzo spot S_t è quindi dato dal prezzo spot del sottostante S_t^{Und} che viene depurato dagli effetti stagionali, più una componente che tiene conto proprio di tale stagionalità.

L'acquisto e la vendita dell'energia elettrica avvengono nella prassi tramite contratti a pronti e a termine e i più popolari sono i forward/futures. Questo contratto non comprende soltanto le aspettative future sui prezzi spot ma anche un risk premium. Oltre a questo, c'è da tener conto del cost of carry (costi di trasporto) e del

⁵⁵ Energy risk: Valuing and Managing Energy Derivatives – Dragana Pilipovic

convenience yield, ossia il beneficio che deriva dal possesso e dalla disponibilità del bene stesso piuttosto che del contratto derivato su di esso. Solitamente la relazione che c'è tra prezzo spot e prezzo forward è espressa da:

$$F_{t,T} = S_t e^{r(T-t)} \quad (1.16)$$

dove $F_{t,T}$ rappresenta il prezzo del forward stipulato in data t e con consegna in data T , S_t il prezzo spot e r è il tasso risk-free. In caso di disallineamenti ci sarebbero possibilità di arbitraggio. Ma proprio le caratteristiche proprie dell'energia elettrica, tra le quali la nonstorability, rendono questa formula non propriamente corretta. Da una parte, l'incapacità di immagazzinamento vizia la stima del tasso di convenienza, dall'altra vanifica le regole riguardanti gli arbitraggisti. Degli studi, discostandosi dagli approcci tradizionali, hanno cercato di trovare metodi più corretti di stima dei prezzi forward. Uno dei più famosi è il *risk premium approach*. Si parte dalla teoria dell'*hedging pressure*, secondo la quale il prezzo forward di un bene è dato dalla somma del prezzo spot atteso e del premio per il rischio. Questa teoria implica che i produttori, sono spesso portati a pagare un premio che possa coprirli dal rischio di prezzo, dando un implicito beneficio ai consumatori. Il prezzo spot risulterà quindi maggiore del prezzo forward, in una struttura a termine dei prezzi decrescente (*backwardation*), secondo la *backwardation theory*. È come se il produttore concedesse uno sconto al consumatore per garantirsi comunque un incasso sicuro e quindi è possibile che si verifichino dei risk premia negativi. Secondo questa teoria (*hedging pressure theory*), nel mercato dell'energia elettrica, anche gli acquirenti nutrirebbero interesse nel coprirsi dal rischio di prezzo sostenendo dei costi. Per questo, visto che ambo le parti sarebbero interessate a pagare ulteriori costi, i risk premia potrebbero essere sia positivi che negativi. Parlando del risk premium, che esso viene distinto in:

- Risk premium ex ante:

$$RP(t, T) = F(t, T) - E_t[S(T)] \quad (1.17)$$

Esso è dato dalla differenza del prezzo forward $F(t, T)$ e il valore atteso del prezzo spot futuro $E_t[S(T)]$.

- Risk premium ex post:

$$RP(T) = F(t, T) - S(T) \quad (1.18)$$

Dove ora non c'è più il prezzo spot futuro atteso ma il prezzo spot futuro $S(T)$, dato che è direttamente osservabili, trovandoci ora nella data T .

Mettendo insieme la (1.17) e la (1.18) si avrà che:

$$RP(T) = RP(t, T) - \varepsilon(t, T) \quad (1.19)$$

Dove $RP(t, T)$ sarebbe il premio per il rischio previsto (*ex-ante*) e $\varepsilon(t, T)$ costituisce una misura di errore di previsione. Perciò il premio per il rischio effettivo è quindi dato da quello previsto sommato ad un errore di previsione. In un mercato efficiente però, nel quale le previsioni sono razionali, la media dell'errore dovrebbe essere uguale a 0. Ciò implica che il premio per il rischio *ex ante* converga verso quello *ex post*. Tramite

l'utilizzo di variabili storiche è poi possibile entrare ancora più nello specifico per costruire modelli a uno o più fattori storici.

1.2.5 Mercato delle fonti di energia rinnovabile

Le fonti di energia rinnovabile sono anche dette inesauribili visto che si rigenerano alla stessa velocità, o addirittura più velocemente, in cui vengono consumate. Tale caratteristica è definita sostenibilità e ciò che ne consegue è che l'utilizzo di tali fonti non pregiudica in alcun modo l'utilizzo futuro delle stesse. Ci sono fonti rinnovabili che non sono rinnovabili all'infinito, a causa dell'esaurimento causato dall'eccessivo sfruttamento di esse. Infatti, anche se possono essere considerate teoricamente inesauribili, non tutte lo sono nella pratica. Per quanto riguarda le risorse coltivabili, ad esempio, l'eccessivo sfruttamento dello stesso potrebbe ridurre la disponibilità di tali risorse. Inoltre, tali fonti non sono disponibili all'infinito ma anzi sono comunque in qualche modo limitate. Il loro utilizzo però è necessario per risolvere i problemi di efficienza e cambiamento climatico ai quali si sta assistendo. Nel mondo sono pochi i paesi alimentati completamente o in grande percentuale da tali fonti, essendo tutti gli altri ancora dipendenti da combustibili fossili. Le principali fonti di energia rinnovabile sono:

- **Energia solare:** Tramite i raggi solari si può produrre energia elettrica, convertendo l'energia solare mediante appositi impianti fotovoltaici o solari. L'impianto fotovoltaico trasforma direttamente i raggi solari in energia elettrica, quello solare invece permette di riscaldare l'acqua. Tuttavia, il rendimento dei pannelli solari è ad oggi tutt'altro che alto e inoltre ci sono delle problematiche nello smaltimento dei materiali di scarto
- **Energia eolica:** È prodotta dalle correnti dei venti. Ovviamente queste sono intermittenti e non costanti ma grazie ai sempre più nuovi processi tecnologici vengono sfruttati sempre meglio. L'energia viene prodotta da turbine o pale eoliche. Tali turbine possono essere installate su terraferma (energia eolica onshore) oppure in mare (energia eolica offshore). Nonostante sia pulita e in continua crescita ci sono comunque degli effetti negativi connessi all'utilizzo. Tra questi i danni paesaggistici e i danni alle specie aviarie.
- **Energia geotermica:** Quest'energia sfrutta il calore presente nel sottosuolo terrestre. Si parla nello specifico di decadimento radioattivo di minerali e attività magmatiche. Esso viene rilasciato da elementi come uranio e potassio che sono invece presenti in superficie. Ci sono vere e proprie centrali geotermiche preposte alla creazione di sistemi di riscaldamento geotermico. Ovviamente, a venire sfruttate sono le aree in cui c'è maggiore attività geotermica, come faglie e vulcani.
- **Energia idroelettrica:** Viene generata dal movimento dell'acqua in dighe artificiali che spostano le risorse idriche in appositi bacini artificiali, che vengono poi immesse in turbine. Queste convertono l'energia potenziale dell'acqua in energia cinetica. È una delle fonti più consolidate ed utilizzate ma anche in questo caso c'è il rischio di importanti danni ai paesaggi e agli ecosistemi.

- Energia da biomasse: Questa fonte deriva da materia organica di origine vegetale o animale, e perciò da elementi come legno, letame e rifiuti organici. Esempi sono: biocarburanti, oli vegetali e biogas. Quest'ultimo viene utilizzato o per produrre energia elettrica o come sostituto del gas naturale.
- Energia oceanica: È ancora in fase di sviluppo e sfrutta l'energia prodotta dal movimento delle maree, dal riscaldamento dell'acqua e delle onde oceaniche. Ci sono diverse tecnologie progettate allo sfruttamento di quest'energia come turbine sottomarine e colonne d'acqua oscillanti.

Queste fonti hanno prospettive di crescita molto alte, forti anche dei numerosi incentivi e delle politiche governative basate su di esse. L'obiettivo è di promuovere tali fonti energetiche minimizzando la dipendenza e l'utilizzo di combustibili fossili. Ciò avviene tramite regolamenti, quali quote rinnovabili, tariffe *feed-in* incentivi fiscali, sovvenzioni, certificati verdi e crediti di emissioni (REC). Analizzando i fattori che influiscono sui prezzi di tali fonti, quello principale è costituito dalle condizioni meteorologiche. Queste hanno un'influenza diretta sulla produzione di energia solare, eolica, idroelettrica e delle maree. Anche la disponibilità delle risorse ha la sua parte, tant'è che si è visto come molte di queste fonti sono indissolubilmente legate alla presenza di determinate risorse. I processi tecnologici rendono i processi di trasformazioni più efficienti e influenzano direttamente l'offerta. Sono da considerare anche eventuali costi di installazione e manutenzione di tutti i macchinari e delle infrastrutture necessarie.

CAPITOLO II

ANALISI DEI FATTORI DI RISCHIO E VOLATILITÀ NEL MERCATO DELL'ENERGIA E ANALISI DI POLITICHE ENERGETICHE E SOSTENIBILI

Il mercato dell'energia è soggetto a molteplici sfide e incertezze, tra cui la volatilità dei prezzi e i fattori di rischio che ne conseguono. Questi possono avere gravi effetti per consumatori, imprese e addirittura governi. Per queste ragioni è fondamentale analizzare nello specifico i fattori di rischio e volatilità del mercato energetico, nonché le politiche energetiche attuate per limitare la complessità di tale mercato. Se da una parte c'è un mercato energetico soggetto ad importanti ed ampie fluttuazioni di prezzo a causa di moltissimi fattori, discussi in precedenza, dall'altra, le politiche energetiche stanno prendendo sempre più piede. Ciò è facilmente spiegabile se si tiene conto dell'andamento che il mondo sta prendendo. Gli obiettivi in effetti sono due: sicurezza energetica e transizione verso fonti di energia rinnovabile. Le politiche energetiche in questo senso sono un importantissimo strumento per raggiungere questi obiettivi e in generale per limitare l'ambito di incertezza al quale tale mercato è soggetto. Si ricordi che il mercato dell'energia è ogni giorno soggetto a numerosi fattori, che spesso incidono in maniera invasiva. Primo fra tutti, il contesto geopolitico, del quale si è già trattato in precedenza e che può causare effetti imprevedibili e potenzialmente disastrosi. Stesso discorso per la domanda e per l'offerta che sono soggette a variabili ininfluenti in altri tipi di mercati, come ad esempio la ciclicità e le variazioni stagionali. Ecco che in questo contesto le politiche energetiche diventano delle leve centrali per assicurare una stabilità al mercato e per supportare tutto quello che è il processo di transizione energetica. Le politiche energetiche difatti vengono utilizzate da una parte per promuovere l'utilizzo di tutte le fonti di energia rinnovabile, quindi il solare, l'eolico, l'idrogeno e dall'altra per limitare e poi eliminare (nel lungo termine) la dipendenza da combustibili fossili. Oltre a questo, puntano anche a raggiungere l'efficienza energetica, e questo attraverso nuove tecnologie e metodi incentivanti di diverso tipo. Inutile dire che per far sì che tali politiche vengano implementate con successo è necessaria una stretta collaborazione tra governi, aziende, istituzioni e cittadini. I governi, ad esempio, introducono incentivi fiscali o veri e propri regolamenti per limitare le quote di emissioni serra oppure per incentivare l'utilizzo di energie sostenibili. D'altra parte, le aziende possono investire, coadiuvate dai governi, maggiori fondi in questi tipi di fonti di energia, così da renderle efficienti e poco dispendiose, e cioè preferibili ai combustibili fossili. Per quanto riguarda i cittadini invece il discorso è più ampio. Questi ultimi dal canto loro dovrebbero assumere comportamenti più sostenibili nella quotidianità. Tuttavia, questo non è sempre facile ed è proprio per questa ragione che le politiche energetiche diventano indispensabili. I cittadini, se incentivati, dal prezzo o da altri fattori, potrebbero compiere un grande passo verso la transizione energetica. Detto questo, è importante capire perché i fattori di rischio e volatilità del mercato e le politiche energetiche siano interconnessi tra loro. La transizione a fonti di energia rinnovabili e sostenibili non fa altro che eliminare o ridurre di molto la dipendenza da combustibili fossili. Spesso questi ultimi sono importati da pochi fornitori (paesi fornitori) e perciò sono molto sensibili

allo scatenarsi di un qualunque evento geopolitico che colpisca uno di questi paesi, e proprio per questo sono estremamente volatili. Ecco che le politiche energetiche potrebbero avere un effetto diretto, o quasi, sulla volatilità dei prezzi e sui fattori di rischio cui sono soggetti. Stesso discorso vale poi per la sicurezza energetica, la quale, se raggiunta, garantisce un alto livello di stabilità e perciò ha effetti diretti sulla volatilità dei prezzi, riducendo gran parte dei rischi associati a questi. In questo grande quadro si inserisce poi un ulteriore fondamentale elemento, che è la sostenibilità. I consumi di energia aumentano gradualmente e tra pochi anni non sarà più possibile di fronteggiare questi livelli di consumo se si utilizza il mix energetico attuale, che è in gran parte formato da energia destinata ad esaurire.⁵⁶ Riguardo a ciò basti pensare all'”Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile”⁵⁷, la quale elenca 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile e uno degli elementi principali alla base di questi obiettivi è proprio l’energia. Ciò che si vuole assicurare è un futuro nel quale sia possibile far fronte alle esigenze energetiche globali e tutto questo non potrà avvenire senza prendere in considerazione le energie rinnovabili, l’efficienza energetica e le politiche energetiche. Sono proprio questi gli elementi che possono sinergicamente unirsi per contribuire al raggiungimento di questi obiettivi ed è proprio in questo grande scenario che si vanno ad inserire i derivati. Essi, infatti, possono ridurre o addirittura eliminare i fattori di rischio nel mercato, portando così stabilità. Inoltre, possono essere importanti strumenti di politica energetica, e quindi di incentivo all’utilizzo di fonti rinnovabili. Infine, possono essere centrali nel mondo della finanza sostenibile e della sostenibilità in generale. Nei prossimi paragrafi verranno perciò analizzati i principali fattori di rischio e volatilità nei mercati energetici e si vedrà in che modo i derivati vengono utilizzati come strumenti di politiche energetiche, approfondendo anche il tema della sostenibilità.

2.1 Fattori di rischio nel mercato dell’energia

I fattori di rischio legati ai principali mercati energetici sono vari ed eterogenei. Ne fanno parte tutti gli elementi o le circostanze che in qualche modo possono avere un’influenza negativa sul mercato energetico, in termini di domanda, offerta, prezzi, produzione e distribuzione di energia. Questi fattori possono impattare su produttori, consumatori, aziende in generale e perfino su governi. Questo a causa dell’importanza che l’energia assume per tutti questi soggetti. Innanzitutto, c’è da fare una distinzione fondamentale. Da una parte ci sono rischi di cambio, volatilità e fattori di rischio propri delle imprese in generale. Questi argomenti verranno trattati nei prossimi paragrafi. In questo paragrafo, invece, l’attenzione sarà centrata su una serie di fattori di rischio e incertezze che colpiscono i mercati energetici sotto diversi punti di vista. Essi sono molteplici ma verranno elencati quelli ritenuti più decisivi:

- Rischi geopolitici: C’è una relazione bilaterale tra prezzi energetici e rischi geopolitici. Ogni cambiamento nei prezzi dell’energia, infatti, può generare fattori di rischio geopolitico e viceversa. Questi sono rischi connessi a determinate crisi (guerre, attacchi terroristici, conflitti tra nazioni), che possono causare instabilità politica e in qualche modo modificare il normale svolgimento delle relazioni

⁵⁶https://www.ambientediritto.it/dottrina/Politiche%20energetiche%20ambientali/politiche%20e.a/politiche_sostenibilita_albe_rti.htm

⁵⁷<https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>

internazionali. In questi rischi vengono incluse sia le probabilità che determinati eventi si verificano, sia la probabilità che alcuni eventi attuali si intensifichino⁵⁸. A causa dei recenti conflitti, le preoccupazioni verso questi rischi sono cresciute negli ultimi anni. Ci sono diversi modi in cui questi impattano sui mercati energetici. Possono innanzitutto causare un'interruzione d'offerta, dovuta a tagli nella produzione o nel trasporto energetico. Ciò è molto comune se si pensano a diversi casi accaduti in passato. Se scoppiasse una guerra che coinvolgesse uno dei primi paesi produttori di petrolio, ad esempio, automaticamente l'offerta di petrolio calerebbe di colpo. Anche le infrastrutture potrebbero risentirne. Esse potrebbero venir distrutte o sabotate e ciò interromperebbe produzione o trasporto dell'energia. Un altro importante fattore è la modifica dei mix energetici dei diversi paesi. Accade spesso che, dopo tensioni di questo tipo, un paese scelga di diversificare le proprie fonti energetiche e vengano quindi a crearsi nuovi scenari. Infatti, se da una parte possono esserci nuove opportunità, dall'altra ci sono anche molti rischi da tener presente. L'ambiente creatosi in questi contesti è sicuramente incerto. Difatti quest'incertezza potrebbe allontanare potenziali investimenti, almeno nei riguardi dei paesi coinvolti da conflitti o particolarmente instabili, rallentando così lo sviluppo di nuove infrastrutture e tecnologie.

- **Regolamentazione e politiche ambientali:** Il contesto nel quale si pone il mercato energetico è mutevole. Leggi e regolamenti possono in qualunque momento modificare l'assetto energetico formatosi e modificarne alla base una moltitudine di elementi, così da diventare una fonte di rischio non indifferente. I rischi principali sono l'aumento dell'incertezza, le modifiche nei mix energetici e l'eccessiva modifica delle leggi di mercato. Queste politiche impattano il mercato energetico in vari modi. Spesso queste normative prevedono la riduzione dell'utilizzo dei maggiori combustibili fossili e per questo una modifica dei mix energetici. Inoltre, la regolamentazione, che include magari standard di emissione o particolari imposte, può generare maggiori costi. Ad esempio, una tassa sul carbone potrebbe renderlo più costoso e quindi meno competitivo nei mercati. Inoltre, per allinearsi a determinate regole servono specifiche infrastrutture e impianti e quindi è possibile che coloro che operano nel mercato siano improvvisamente costretti a sostenere ingenti costi. L'incertezza in questo è perciò molta e non trascurabile.
- **Cambiamenti tecnologici ed innovazioni:** Il settore energetico è soggetto a molti più cambiamenti della maggior parte degli altri settori. Negli ultimi tempi tutto il panorama energetico sta cambiando, dal modo in cui si produce l'energia al modo in cui si consuma. Alcuni modelli di business saranno cancellati oppure pesantemente modificati. Questo perché si ritiene che le fonti rinnovabili sostituiranno quasi completamente i combustibili fossili e i business basati su questi ultimi saranno destinati a sparire se non sapranno adattarsi. Il panorama competitivo sarà poi senz'altro modificato. Alcuni costi aumenteranno, altri diminuiranno, l'efficienza di alcune tecnologie migliorerà e se anche alcune di

⁵⁸The Impacts of Geopolitical Risks on the Energy Sector: Micro-Level Operative Analysis in the European Union - Ronnie Figueiredo, Mohammad Soliman

queste modifiche sono prevedibili, molte altre non lo sono affatto. Si verrà poi a creare una relazione bilaterale tra tecnologie e regolamenti. In alcuni casi le prime modificheranno i secondi e, viceversa, i secondi talvolta imporranno la modifica delle prime. C'è da aprire una piccola parentesi anche per quanto riguarda i rischi in materia di cybersecurity. Oramai il settore energetico dipende da tecnologie digitali ed, essendo uno dei settori maggiormente presi di mira da attacchi informatici, è esposto a numerosi rischi dagli stessi, es. violazione dei dati o qualunque cosa possa minacciare l'affidabilità e la sicurezza di tali sistemi. Si veda come tutti questi elementi non generino altro che incertezza e rischi, e la soluzione sarebbe in questo caso essere flessibili e porsi in prima linea nell'attuare e supportare tutti quanti i cambiamenti necessari.

- **Eventi legati al clima e catastrofi:** Gli eventi climatici e le catastrofi sono un fattore di rischi proprio del solo mercato energetico o di pochissimi altri mercati. Tali eventi possono influire sia sull'offerta che sulla domanda. Essi modificano l'offerta in vari modi, ma possono prima di tutto interrompere la produzione di energia, anche nel medio-lungo periodo. Ad esempio, un periodo di siccità potrebbe impattare sulla produzione di energia idroelettrica. Inoltre, soprattutto eventi catastrofici, potrebbero danneggiare o distruggere le infrastrutture. Un terremoto potrebbe distruggere una centrale elettrica o dei gasdotti e ciò causerebbe una riduzione nella produzione o nel trasporto dell'energia e in più aumenterebbero i costi a causa delle riparazioni necessarie. Le modifiche del lato della domanda, invece, sono all'ordine del giorno. La domanda di energia, infatti, è molto influenzata dal clima. In un periodo di estremo caldo, la domanda di energia elettrica aumenterebbe dato che servirebbe per alimentare sistemi di aria condizionata. Per queste ragioni c'è un effetto anche negli investimenti, i quali saranno ovviamente minori nei luoghi maggiormente soggetti a rischi climatici. Se volessimo salire ancor di più nella catena causa effetto, le catastrofi potrebbero far aumentare i costi assicurativi sostenuti dalle compagnie energetiche. Questi eventi hanno quindi moltissimi effetti diretti e indiretti che rendono il rischio complessivo altissimo.
- **Concorrenza e consolidamento del settore:** La concorrenza viene in primo luogo condizionata da tutti i fattori visti in precedenza ma non solo. C'è da dire che nel settore energetico possono talvolta avvenire importanti fusioni e acquisizioni che modificano di molto il panorama competitivo. Ciò non fa altro che generare ulteriore incertezza nel mercato. L'intensità della concorrenza nel settore agisce poi sulla stabilità dei prezzi e sulla spinta all'efficienza e all'innovazione. È chiaro che una maggiore concorrenza porta a una maggiore pressione sui prezzi, la quale a sua volta influisce sulla redditività e sui potenziali investimenti del settore. In più, se ci sono molti attori, ci sarà un maggior tasso di innovazione che però comporterà alti costi e grande incertezza nel breve periodo.
- **Tariffe e tensioni commerciali:** Queste influiscono sul piano globale e quindi impattano su moltissime variabili. Le alte tariffe tendono a disincentivare le esportazioni e le importazioni, in un'ottica di restrizione commerciale. Ogni minimo dazio potrebbe avere delle conseguenze abnormi su tutta la catena di approvvigionamento. Molti paesi per sopperire a questo problema potrebbero dislocare offerta

e domanda e creare perciò motivi di instabilità. Gli investimenti tenderanno a diminuire se ci si aspettano tensioni commerciali o politiche altamente restrittive. Inoltre, la troppa restrizione potrebbe compromettere anche la sicurezza energetica. Non sono rari i casi in cui avvengono delle interruzioni di fornitura e viene messa a repentaglio la stabilità dell'offerta energetica. Oltre a tutto questo è possibile che nascano veri e propri conflitti e controversie commerciali che accrescono l'instabilità nei mercati. Talvolta è addirittura necessario l'intervento di organizzazioni per la risoluzione dei conflitti, come ad esempio l'OMC (Organizzazione Mondiale del Commercio). Tuttavia, la risoluzione non è immediata e non è senza costo e perciò, aumentando tempo e costi, nel breve periodo aumenterà anche l'incertezza. Per tutte queste ragioni l'unico modo per evitare tali rischi è compiere operazioni di copertura e diversificazione, oltre che ovviamente cercare di intrattenere rapporti stabili con i propri fornitori energetici.

2.1.1 Analisi dei fattori di rischio d'impresa e rischi di cambio nel mercato dell'energia

Ci sono diversi fattori di rischio tipici di ogni impresa che opera nei mercati energetici. Una volta analizzati più nel dettaglio si vedrà come sia possibile, per un'impresa, coprirsi da tali rischi o quanto meno limitarli. Le tipologie più comuni di questo tipo di rischi sono: rischio di mercato, rischio di tasso di interesse, rischio azionario, rischio di credito, rischio di liquidità, rischio operativo, rischio di materie prime, rischio paese, e rischio di cambio⁵⁹.

- *Rischio di mercato*: È il più comune ed è un particolare tipo di rischio finanziario che indica la possibilità di subire perdite dovute alla fluttuazione dei prezzi delle materie prime. Nei mercati energetici questo rischio è ovviamente connesso ai prezzi delle commodity come gas naturale, petrolio ed elettricità. Per prima cosa bisogna tener conto di quanto detto in precedenza riguardo i fattori che influenzano i prezzi dell'energia. Tale rischio è detto anche sistematico e non può essere eliminato mediante diversificazione, a differenza di quello specifico che invece può essere facilmente eliminato diversificando il proprio portafoglio. Alcune delle fonti di questo rischio le sono state già viste e sono: recessioni, tensioni geopolitiche e disastri naturali. Il rischio di mercato, essendo così complesso, va quindi gestito e a tal fine deve essere misurato. Ci sono diversi metodi studiati per misurare questo tipo di rischio. Il primo metodo è detto VaR (Value at Risk), che, tramite l'utilizzo di metodi statistici, quantifica la prospettiva di perdita e la probabilità che la perdita avvenga. Un secondo metodo è il CAPM (Capital Asset Pricing Model), che calcola il tasso di ritorno atteso di un determinato asset. Secondo questo modello c'è una relazione tra il rendimento atteso di un asset e il rischio di mercato:

$$r_i = r_f + \beta(r_m - r_f). \quad (2.1)$$

Il beta (β) indica quanto è sensibile il tasso di rendimento di un asset rispetto al premio per il rischio (che dipende dal tasso di rendimento di mercato) ed è un buon indicatore del rischio di mercato anche nel settore energetico. Tuttavia, ci sono alcune limitazioni in questo modello, tra le quali le assunzioni

⁵⁹ Fattori di rischio e di incertezza - SNAM

che i mercati siano efficienti e gli investitori razionali. Di conseguenza non può essere utilizzato senza i dovuti aggiustamenti.

- **Rischio di tasso di interesse:** Costituisce il rischio che le oscillazioni dei tassi di interesse causate dalle misure di politica monetaria disposte dalla Banca Centrale abbiano un'influenza negativa su un determinato investimento. Spesso se il tasso aumenta, i prezzi scendono. Come si è visto, le società energetiche sostengono spesso grandi investimenti per operare e di conseguenza sono necessari altrettanto grandi finanziamenti. Un aumento dei tassi di interesse, renderà più costoso un finanziamento, dato che il tasso di interesse indica il costo che si sostiene per prendere in prestito una determinata somma. Ad aumentare quindi sarebbero tutti i debiti a tassi variabili e ciò farebbe diminuire la liquidità e di conseguenza la capacità di investimento delle imprese. Queste ultime rischierebbero così di subire ingenti perdite di valore. Inoltre, tassi di interesse alti rallentano la crescita economica e ne consegue che anche la domanda energetica diminuisce, cosicché a diminuire sono poi anche i prezzi dell'energia e quindi il valore delle aziende operanti in quel mercato. Ovviamente variazioni dei tassi possono influire anche direttamente sul valore delle attività finanziarie già presenti nei portafogli delle imprese. Per coprirsi in modo efficiente da questo tipo di rischio, l'impresa può sicuramente acquistare strumenti finanziari derivati, così da coprire la propria esposizione ai tassi di interessi variabili. Inoltre, ci sarebbe anche la possibilità di diversificazione, così da ridurre in percentuale sul portafoglio, l'impatto delle variazioni di tasso delle singole attività.
- **Rischio azionario:** Il rischio azionario è chiamato anche rischio specifico o idiosincratico, ed è associato a fattori specifici dell'azienda. Si contrappone per questo motivo al rischio sistematico. Sono diversi i fattori che incidono sul valore della singola azienda. In primo luogo, la performance finanziaria che include reddito, profitti, indebitamento e liquidità. Un'azienda che opera nel settore energetico, in caso di performance negative, vedrebbe una diminuzione nel suo valore. Sono fondamentali anche le decisioni che l'azienda prende, come ad esempio la volontà di un'impresa di costruire un nuovo impianto energetico. Ciò che però influisce non sono tanto le decisioni in sé ma la percezione che gli investitori hanno su tali decisioni. Leggi ambientali e regolamenti di sorta possono invece causare controversie legali o pesanti sanzioni che andranno inevitabilmente a gravare sul valore aziendale. Da tener presente è anche il grado di innovazione dell'impresa, dato che un'impresa con infrastrutture vecchie risulta inefficiente e quindi il valore è più basso. Ecco, perciò, come tutti questi elementi costituiscano ulteriori fattori di rischio per le imprese.
- **Rischio di credito:** Esprime la probabilità di una perdita finanziaria causata dal mancato pagamento della controparte. Se il debitore, infatti, non è in grado di adempiere ai suoi obblighi si può incorrere in una perdita. Nel trading energetico ciò è molto comune. Il rischio di inadempienza è quindi dovuto a diversi fattori, primo fra tutti la volatilità dei prezzi. In questo contesto bisogna introdurre il rischio di controparte, ossia il rischio che la controparte non rispetti le obbligazioni finanziarie assunte. In un

mercato come quello energetico, dove le transazioni sono molte⁶⁰, è molto più probabile che una parte sia inadempiente e quindi tale rischio è molto più alto rispetto ad altri mercati. Ovviamente anche in caso di periodi di recessione economica o crisi, la probabilità di adempimento diminuisce. Ad influire sul rischio di inadempimento è poi anche il rischio operativo, che sarà analizzato meglio in seguito. Per gestire questo importante rischio, gli operatori utilizzano diverse strategie. Le più usate sono sicuramente la valutazione dei crediti e l'acquisto di assicurazioni su di essi. Oltre a questo, possono essere attuate strategie di copertura che prevedono l'acquisto di strumenti finanziari derivati al fine di limitare l'esposizione a tale rischio. Ci sono infatti degli specifici tools che vengono utilizzati per pianificare questo tipo di strategie.

- **Rischio di liquidità:** Rappresenta il rischio per l'azienda di non riuscire a far fronte ad un pagamento e può avvenire per due motivi: *funding liquidity risk*, ossia l'impresa non riesce a reperire nuovi fondi; *asset liquidity risk*, quando invece l'impresa non riesce a liquidare le attività che possiede. In questo caso l'impresa sarebbe costretta a far fronte ad ulteriori costi oppure diventerebbe insolvente. Spesso in un mercato come quello energetico non sono molti gli operatori⁶¹ sul mercato e già solo per questo la liquidità dovrebbe essere più bassa. Inoltre, è molto probabile che questi attori dominanti rendano difficile l'entrata di nuovi operatori e perciò vengono bloccati eventuali apporti di nuova liquidità. Anche la maturità del mercato è influente in questo senso. Si sa che in mercati più maturi la liquidità è maggiore, e viceversa. In alcuni mercati energetici, poiché questi sono ancora "nuovi" è possibile che non ci siano molti operatori e quindi non sia presente molta liquidità. Tutti questi fattori di rischio però possono essere anch'essi gestiti attraverso l'utilizzo di contratti derivati. Tuttavia, ci sono rischi di liquidità anche per i derivati in sé. Se, ad esempio, questi strumenti sono scambiati in mercati OTC, spesso di dimensioni ridotte, è probabile che la liquidità sia ristretta. Questo sia perché in mercati più piccoli c'è minore liquidità, sia perché i contratti non standardizzati sono solitamente molto meno liquidi di quelli standardizzati. In più, è da considerare anche la maturità del contratto derivato, dato che contratti a lungo termine sono spesso poco liquidabili. Ecco che in questo caso bisogna diversificare i propri derivati, per evitare di esporsi eccessivamente a rischi di liquidità.
- **Rischio operativo:** Questo rischio rappresenta il rischio di incorrere in perdite nello svolgimento della normale attività d'impresa. Nei mercati energetici, sono molti i fattori che potrebbero causare delle perdite e di conseguenza tale rischio è certamente da monitorare. In effetti, spesso sono proprio i derivati che vengono utilizzati nel mercato energetico per gestire questo tipo di rischio.
- **Rischio di materie prime:** Anche detto *commodity risk*, riguarda le commodities, tra le quali appunto l'energia. In questo caso indica le fluttuazioni del valore delle commodities nei mercati energetici. Esso è amplificato dalla grande volatilità dell'energia in particolare. I prezzi delle materie prime variano innanzitutto a seconda della domanda, dell'offerta e della volatilità. In più ci sono anche fattori che

⁶⁰ Ci sono tanti attori che operano in questo mercato e per questo tante sono anche le transazioni.

⁶¹ Ci si riferisce ai produttori e distributori, non ai consumatori

possono influire sui prezzi quali la speculazione. Per gestire tali rischi e bloccare i prezzi delle commodity si utilizzano i derivati finanziati, oramai necessari e popolari per garantire stabilità finanziaria.⁶²

- **Rischio paese:** In questo caso vengono esclusi una serie di elementi di incertezza che caratterizzano determinati paesi nel caso i propri investimenti siano relativi a questi ultimi. Nel caso dell'energia è molto probabile che gli investimenti siano relazionati a questo rischio. Difatti la supply chain è costituita da fasi dislocate tutte in diversi paesi. La maggior parte dei paesi importa l'energia oppure utilizza infrastrutture appartenenti ad altri paesi. Per queste ragioni, coloro che operano nel mercato energetico devono necessariamente confrontarsi con diversi paesi e devono quindi fronteggiare questo tipo di rischio. Uno dei maggiori fattori di questo tipo di rischio potrebbe essere costituito dall'instabilità politica presente in alcuni paesi. Spesso ci sono guerre interne, rivoluzioni e ciò ha un'influenza negativa su tutto ciò che riguarda produzione e distribuzione energetica. Esempio lampante è quello del Qatar, che, nonostante la grande quantità di energia di cui dispone, non viene preso in considerazione nel ruolo di fornitore in quanto ciò risulterebbe troppo rischioso per gli acquirenti. Tra i paesi che si interfacciano per scambiare energia c'è il rischio che nascano asimmetrie di tipo normativo e regolatorio. Potrebbero esserci tasse o sanzioni solo in alcuni paesi e ciò incrementerebbe il rischio. Molti paesi poi affrontano gravi condizioni economiche o sociali, quali recessioni o proteste e per questo può accadere che dispongano di abbastanza fondi per investire oppure che la supply chain venga interrotta. Un'ulteriore differenza tra diversi paesi è poi costituita dai sistemi legali e normativi. Leggi e regolamenti sono diversi da paese a paese e le loro modifiche minano senz'altro la stabilità di dati investimenti.⁶³
- **Rischio di cambio:** È uno dei rischi più diffusi se si effettuano transazioni tra diversi paesi. Rappresenta il rischio di perdite nelle quali si incorre a causa di fluttuazioni valutarie. Difatti il valore di un investimento è possibile che diminuisca se convertito in altra valuta. In molti casi di attività di import/export si viene esposti a questo rischio e visto che tutte le risorse energetiche sono scambiate su scala globale, è probabile che i prezzi siano riportati in valute diverse da quella locale. Infatti, come già detto, nello scambio di gas, petrolio, etc... interagiscono tra loro attori di diverse nazioni, i quali spesso effettuano transazioni in valute diverse. Siccome in questi casi c'è bisogno di convertire la valuta di scambio in quella locale secondo un determinato tasso di cambio (non fisso), il valore scambiato può differire da quello convertito. Si parla in questo caso di apprezzamento o deprezzamento della valuta di base rispetto alla valuta di denominazione. Ci sono in realtà tre tipi di rischi di tassi di cambi:
 1. **Rischio di transazione:** Il rischio nel quale si incorre se si acquista o si vende in un altro paese. Il prezzo sarà denominato nella valuta del paese venditore⁶⁴. Se questa valuta si apprezza

⁶² Eka1.com

⁶³ The impact of country risk on energy trade patterns based on complex network and panel regression analyses – Hongwei Zhang

⁶⁴ Nella valuta in cui ha sede la società venditrice, ma per brevità si parlerà di paesi pur riferendoci a società

rispetto a quella del paese acquirente, chi acquista pagherà di più in termini della propria valuta base.

2. Rischio di traduzione: Una holding che possiede società controllate in altri paesi, in fase di bilancio deve utilizzare la valuta di quel paese anche per le società che operano in paesi con altre valute. Ciò potrebbe causare gravi perdite.
3. Rischio economico: È il rischio che riguarda il valore di mercato di una società, il quale è ovviamente esposto a fluttuazioni valutarie.

Le fluttuazioni valutarie hanno impatto su tutta una serie di fattori che rende questo rischio non trascurabile. In primo luogo, è facilmente intuibile come tali fattori influenzino i prezzi delle risorse energetiche di importazione o esportazione. Se ad esempio una società italiana acquista petrolio dagli USA e se l'euro si deprezza rispetto al dollaro, il petrolio o il gas che si acquista è automaticamente più costoso. Inoltre, a seconda delle previsioni che hanno gli investitori sui tassi di cambio, gli investimenti in questo settore potrebbero diminuire o aumentare. C'è poi da dire che il costante riassetto competitivo dei diversi paesi in un contesto globale è diretta conseguenza della volatilità dei tassi di cambio. Il tasso di cambio infatti modifica i costi e i ricavi dei diversi paesi e di conseguenza la competitività di questi ultimi. Tra le aziende è comune l'utilizzo di contratti a termine, opzioni e swap come strumenti di copertura da questo rischio.

Si è visto quindi come tutti questi rischi siano causati da molti fattori e per questo motivo è difficile per le aziende operare nei mercati energetici. C'è però da dire che grazie a diverse strategie le aziende possono cercare di mitigare tutti gli effetti negativi legati a questo tipo di rischi.

2.1.2 Strategie utilizzate per la copertura dei rischi di prezzo nel mercato dell'energia

Nell'ambito degli investimenti energetici sono state studiate diverse *hedging strategies* dati i numerosissimi fattori che possono causare rischi di prezzo. Due però sono le strategie che vengono più utilizzate: *Minimum-Variance hedge ratio* e la metodologia di massimizzazione dell'utilità attesa. Il primo metodo è in realtà quello più facile in termini di calcolo e perciò più popolare. Tuttavia, offre una minor precisione nel calcolare il rapporto ottimale di copertura rispetto all'altra metodologia, essendo il suddetto rapporto diverso a seconda delle preferenze di rischio dell'investitore. Se però, ad esempio, gli hedger fossero tutti infinitamente avversi al rischio, i due modelli si eguaglierebbero. Difatti la differenza sostanziale tra queste due metodologie è proprio che una tiene conto anche di una variabile che è l'avversione al rischio. Se infatti, nella metodologia di massimizzazione dell'utilità attesa vengono utilizzate tre tipi di funzioni di utilità, l'altra metodologia prevede un'infinita avversione al rischio, ipotesi estremamente semplificativa. Le finalità però sono le stesse. Se da una parte l'obiettivo è di minimizzare il livello di esposizione al rischio relativo alle commodities energetiche, dall'altra è altrettanto importante massimizzare il profitto atteso dato un livello di rischio. Inutile dire che ci sono molteplici studi che indicano come tali strategie garantiscano un grosso vantaggio

competitivo⁶⁵, soprattutto nel settore energetico. Tutte le imprese che non riescono a coprirsi dal rischio dei prezzi in questo settore vedranno un aumento dei propri costi, che graverà poi sulla redditività presente e futura. La migliore strategia per ridurre le potenziali perdite dovute ai più comuni tipi di rischio, tra i quali rischio di prezzo, rischio operativo e rischio di cambio è la copertura. Questo ancor di più nel settore energetico caratterizzato da un'altissima volatilità dei prezzi. Recenti studi dimostrano come moltissimi produttori di energia abbiano significativamente aumentato i propri rapporti di copertura negli ultimi anni⁶⁶. Ciò accresce la stabilità e rende i prezzi molto meno volatili. Tutto questo permette alle aziende che operano in questo settore di potersi indebitare di più, avere più capitale da investire e soprattutto evitare ingenti costi dovuti a dissesti finanziari. È proprio in questo contesto che vengono utilizzati i derivati, che permettono di coprire parte dei rischi di prezzo nel mercato energetico. Quelli più tipicamente usati a tal fine sono: contratti a termine, futures e swap. Il loro funzionamento è stato già trattato in precedenza, ma è importante capire come vengano utilizzati nei mercati energetici. I contratti a termine vengono utilizzati in primo luogo dalle imprese industriali per assicurarsi una riserva garantita di gas o petrolio. Lo stesso vale anche per i mercati elettrici, nei quali, essendo l'energia elettrica molto difficile da immagazzinare, questi contratti sono quasi necessari, anche per mantenere la flessibilità che possa permettere a le società operanti in tali mercati di venire sempre incontro alla domanda dei consumatori. Ovviamente ci sono anche delle criticità legate a questi contratti. Per contratti poco standardizzati, spesso può essere difficile trovare una controparte adatta, tale da soddisfare tutte le esigenze del produttore o del consumatore. Inoltre, nel mercato elettrico, può capitare che risulti difficile la consegna dell'energia in caso produttore e consumatore fossero eccessivamente lontani. Da non dimenticare sono poi anche il rischio di credito e di insolvenza, particolarmente probabili in caso il contratto diventi troppo sfavorevole per una delle due parti lungo la sua intera durata. Per questo, è fondamentale controllare l'affidabilità e il rating creditizio della controparte. I futures invece sono scambiati spesso in apposite borse, le quali radunano una serie di investitori, rendendo più facile trovare una controparte ed eliminano il rischio di controparte, dato l'importo iniziale sborsato da una delle parti. Inoltre, anche il broker è obbligato ad intervenire in caso di perdite. Spesso questi contratti vengono utilizzati in strategie molto complesse. È questo il caso dei contratti crack spread. I raffinatori di petrolio, infatti, non temono tanto il rischio di prezzo, quanto piuttosto la differenza tra il prezzo degli input di base e quello degli output prodotti. Per questo essi acquistano futures sul petrolio e li vendono sui prodotti che raffinano utilizzando il petrolio. Il contratto crack spread però incorpora tutte queste azioni in una singola operazione. Uno dei più usati prevede l'acquisto di tre future sul petrolio e la vendita di due sulla benzina e uno sul gasolio. Come per i contratti a termine, anche i future presentano dei rischi. Uno di questi è che il margine richiesto risulti significativamente inferiore all'impegno ad acquistare o vendere il bene energetico. Di conseguenza nasceranno perdite o profitti immensi per piccole variazioni di prezzo. Parlando delle opzioni, c'è da distinguere tra due tipi di opzioni: l'opzione di tipo americano, che permette di esercitare il diritto stabilito durante tutta la data di scadenza: l'opzione di tipo

⁶⁵ Sui principi dell'economia politica e della tassazione – D. Ricardo

⁶⁶ Financing policy, basis risk and Corporate Hedging – G. David Haushalter

europeo, che permette invece di esercitare il diritto soltanto alla data di scadenza. È perciò intuibile come le opzioni possano essere una valida alternativa ai futures. Ad esempio, al posto di contratti crack spread, è chiaro come si possano acquistare opzioni call sugli input di base e vendere opzioni put sui prodotti finali. In più nel mercato elettrico si utilizzano contratti di spark spread, che prevedono l'acquisto di opzioni al fine di evitare eccessive fluttuazioni di prezzo. Gli swap invece sono i contratti più flessibili e personalizzabili. Tuttavia, non essendoci una garanzia alla base, dato il grande rischio di credito che ne deriva, sono molto poco liquidi.

Grazie a quanto detto nei precedenti paragrafi, si sa che la volatilità dei prezzi delle commodities energetiche e dei derivati su di esse è di gran lunga la più alta di qualsiasi altro bene. È possibile distinguere due categorie di hedger: gli *short hedger* che sono produttori di energia e temono perciò la diminuzione dei prezzi; i *long hedgers* che sono invece imprese che utilizzano energia e temono perciò un alzamento dei prezzi.⁶⁷ Ritornando a quanto detto all'inizio del paragrafo, si ricordi che esistono due popolari strategie di copertura.

La prima è nota come rapporto di copertura con varianza minima ed è molto più semplice delle altre strategie, anche se può portare a conclusioni errate. Questo perché poggia su due ipotesi quasi irrealistiche: rendimento atteso nullo sul future e avversione al rischio infinita e costante nel tempo. Secondo quest'approccio, la strategia di copertura ottimale è quella che minimizza la varianza e quindi il rischio.

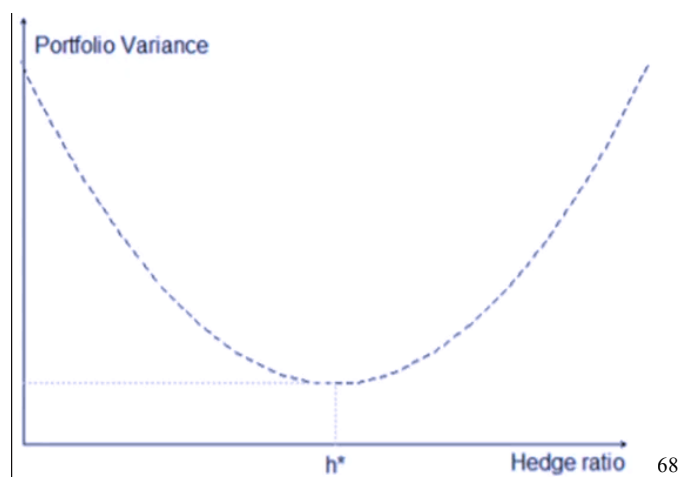


Figura 3 - Grafico del rapporto ottimale di copertura rispetto alla varianza

Non viene però tenuto conto dell'avversione al rischio e dei rendimenti attesi, che invece sono anch'essi importanti per ogni impresa⁶⁹. È proprio per questo che viene inserita l'irrealistica ipotesi di avversione infinita al rischio, che non vale ovviamente per nessuna impresa. Il metodo più facile per stimare il Minimum-Variance hedge ratio prevede l'utilizzo di una regressione OLS tra i rendimenti spot e futures del portafoglio energetico preso in esame. La varianza del portafoglio è:

$$\sigma_{PTF}^2 = \sigma_S^2 + d_{PTF}^2 \sigma_F^2 - 2d_{PTF} \text{COV}(R_S, R_F) \quad (2.2)$$

⁶⁷ Primer on Electricity Futures and Other Derivatives – Stoft, Division

⁶⁸ Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Hedge-position-and-the-shape-of-portfolio-variance-48_fig1_336656829

⁶⁹ Theory of hedging and speculation in Commodity Futures – L.L. Johnson

Dove con S ed F si indicano rispettivamente spot e futuri, con R si indicano i rendimenti, con σ^2 la varianza, con $cov(R_S, R_F)$ la covarianza tra rendimenti spot e futuri e con d_{PTF} si indica invece il rapporto di copertura. Minimizzando la varianza del portafoglio σ_{PTF}^2 si avrà che:

$$d_{PTF} = \frac{cov(R_S, R_F)}{\sigma_F^2} = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}. \quad (2.3)$$

Dove ρ è il coefficiente di correlazione. C'è da dire che questo modello però è statico (non dinamico) e ciò collide con l'alta volatilità dei prezzi energetici.

La metodologia che prevede la massimizzazione dell'utilità attesa invece, a differenza della precedente, tiene in considerazione l'avversione al rischio. Ed è in effetti razionale che l'hedger non sia completamente avverso al rischio ma anzi che egli sia disposto ad ottenere un rendimento molto maggiore in cambio di un aumento piccolo del rischio. Inoltre, in questa metodologia viene incluso anche il rendimento atteso.⁷⁰ Ogni diversa funzione di utilità corrisponde ad una diversa avversione al rischio. Quest'ultima può essere definita come la valutazione dell'investitore riguardo al compromesso tra rischio assunto e rendimento futuro. Questa relazione è osservabile nella funzione di utilità. Per misurare il grado di avversione al rischio le misure più utilizzate dai ricercatori sono due:

- CARA (Constant Absolute Risk Aversion⁷¹) è dato dalla derivata seconda della funzione di utilità Bernoulliana diviso la derivata prima: $R_A(w) = -\frac{U''(w)}{U'(w)}$ ed indica la concavità della funzione di utilità. La funzione di utilità è funzione della ricchezza w . Degli investitori avversi al rischio avranno un coefficiente positivo di avversione al rischio e una funzione di utilità concava:

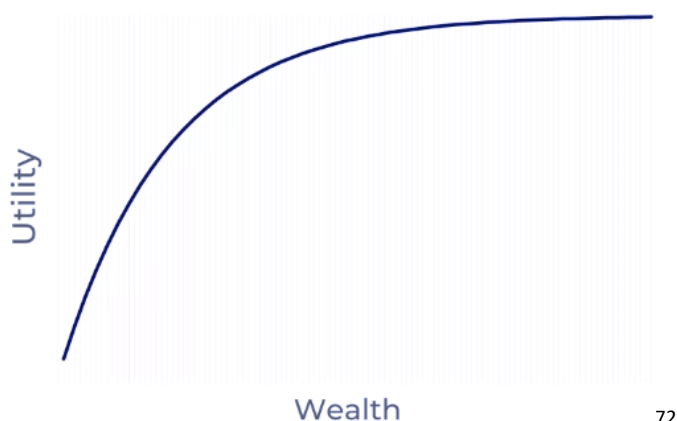


Figura 4 - Funzione di utilità concava

Di conseguenza un aumento del rischio ridurrà l'utilità. Il modello CARA assume che l'avversione al rischio sia costante.

- CRRA (Constant Relative Risk Aversion) è dato da: $R_R(w) = w \times \frac{U'''(w)}{U''(w)}$. In questo caso, l'indicatore dipende anche in modo diretto dalla variabile w , che indica la ricchezza.

⁷⁰ Time Varying Risk Aversion: An Application to Energy Hedging – Cotter, Hanly

⁷¹ Coefficiente di avversione assoluta al rischio

⁷² Fonte: <https://tex.stackexchange.com/questions/341644/concave-utility-function-plot>

La funzione di utilità attesa è descritta da:

$$UE(R_d) = E(R_d) - \lambda \sigma_d^2 \quad (2.4)$$

per $\lambda > 0$. Dove UE è la funzione di utilità attesa, $E(R_d)$ è il rendimento atteso del portafoglio coperto (d^{73}), λ è un parametro di avversione al rischio, che aumenta all'aumentare dell'avversione al rischio, e σ_d^2 rappresenta la varianza del portafoglio coperto. La massimizzazione dell'utilità attesa utilizzando la (2.4) e la (2.2) è perciò:

$$\max UE(R_d) = \max [E(R_S) - d_{PTF} E(R_F) - \lambda(\sigma_S^2 + d_{PTF}^2 \sigma_F^2 - 2d_{PTF} \text{cov}(R_S, R_F))] \quad (2.5)$$

Ovviamente si massimizza rispetto a d_{PTF} . Di conseguenza il rapporto ottimale sarà:

$$d_{PTF} = \frac{\text{cov}(R_S, R_F)}{\sigma_F^2} - \frac{E(R_F)}{2\lambda\sigma_F^2} \quad (2.6)$$

In questo modo, ogni impresa a seconda del suo profilo di rischio e quindi della sua funzione di utilità può trovare il proprio rapporto ottimale di copertura. Questa metodologia è anch'essa soggetta a delle criticità, e la principale è che alcune delle variabili utilizzate vanno stimate in base ai dati storici e non è detto che siano corrette nel lungo periodo. Tuttavia, è comunque un buon modo per individuare, almeno in parte, quale sia il rapporto ottimale di copertura.

2.1.3 Volatilità dei prezzi dell'energia, descrizione e modelli di analisi della volatilità

Si è spesso parlato di volatilità dei prezzi senza definirla univocamente. La volatilità in questo caso è una misura giornaliera della differenza percentuale tra i prezzi di una commodity. Ciò che definisce volatile un mercato non è il livello dei prezzi in sé ma le variazioni percettuali tra questi ultimi. Alla base della volatilità ci sono domanda e offerta, ma, soprattutto nei mercati energetici, sono molti altri i fattori che causano volatilità e saranno analizzati più nello specifico nel prossimo paragrafo. Tuttavia la volatilità dei prezzi energetici ha un grandissimo impatto sia dal punto di vista economico che sociale. L'eccessiva volatilità di un qualunque mercato energetico incentiva in primo luogo tutti gli attori a trasferirsi su altri mercati e quindi ad utilizzare altre fonti energetiche. Emblematico è quanto accaduto negli ultimi anni. Il prezzo del petrolio è passato in soli tre mesi dal diminuire del 51% ad aumentare del 28%⁷⁵. Conseguentemente è aumentata la produzione di gas naturale e di idrocarburi liquidi. Ciò dimostra che questi cambiamenti repentini nei prezzi hanno modificato i mix energetici di moltissimi attori, che hanno preferito il gas naturale e gli idrocarburi al petrolio, troppo instabile e rischioso. Sono proprio queste tre fonti energetiche ad essere quelle più rappresentative dell'enorme volatilità che caratterizza tale mercato. Diversi analisti hanno condotto degli studi per analizzare la volatilità di questi tre combustibili, tenendo conto anche della dipendenza che c'è tra loro, in quanto è anche questa ad influenzare i prezzi di ognuno. Il modello applicato è il *GARCH-in-Mean*⁷⁶, sviluppato da Engle e Bollerslev, e si osservano i dati di petrolio, gas naturale, etano, propano e butano. Questo modello è

⁷³ Sarebbe ogni volta d_{PTF} ma per questioni di forma lo si riporta come: d

⁷⁴ Energy commodities: a review of optimal hedging strategies – George E.Halkos

⁷⁵ <https://www.investopedia.com/articles/investing/100615/will-oil-prices-go-2017.asp>

⁷⁶ Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity

tipicamente utilizzato per analizzare la volatilità dei rendimenti di diversi strumenti finanziari e cercare di prevederne così gli andamenti. Il presupposto alla base di questo modello è che il termine di errore sia eteroschedastico e quindi non costante. La varianza degli errori è così sempre diversa⁷⁷. In questo modello la volatilità influenza in modo diretto la media condizionale ossia il valore dei prezzi futuri attesi. Il modello è complesso e comprende diverse formule. È utilizzabile sia per petrolio, che per gas naturale e idrocarburi. Le principali relazioni sono:

$$y_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \psi \sqrt{h_t} + \epsilon_t, \quad (2.7)$$

$$h_t = \omega + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}, \quad (2.8)$$

$$\epsilon_t = \sqrt{h_t} v_t, \quad (2.9)$$

$$y_t = \mu + \epsilon_t \quad (2.10)$$

In questo modello: y_t è il rendimento, ϵ_t è lo shock e h_t la varianza condizionata dei rendimenti al tempo t e ne indica la volatilità⁷⁸, mentre $\varphi, \theta, \psi, \omega, \alpha, \mu$ sono una serie di coefficienti stimati ex-ante. Analizzando tutte le relazioni riportate è possibile individuare molteplici relazioni tra i diversi elementi. Innanzitutto, guardando la (2.7) si può osservare rendimenti sono influenzati direttamente dalla deviazione standard condizionata $\sqrt{h_t}$ secondo un coefficiente ψ . Ecco che quindi la varianza, che è comunemente un indice di volatilità, ha un effetto diretto sui rendimenti e ciò, visto quanto detto in precedenza, non ci sorprende affatto. Inoltre, si possono osservare i due effetti del modello, ossia l'effetto ARCH e l'effetto GARCH. L'effetto ARCH prevede che i rendimenti passati influenzino la volatilità. In effetti, guardando la (2.8) si nota che h_t dipende da ϵ_{t-1}^2 che, per la (2.9) a sua volta è funzione di y_{t-1} e ciò lo si capisce invertendo la (2.10). Per questo il modello dimostra analiticamente quanto già detto in precedenza, ossia che i rendimenti passati influenzano la deviazione standard condizionata e quindi anche i rendimenti futuri/presenti. L'altro effetto è invece il GARCH, che implica che la volatilità presente dipenda anche dalla volatilità passata e ciò lo si descrive analiticamente osservando che, per la (2.8), h_t dipende da ϵ_{t-1}^2 secondo un coefficiente α_1 , e che, per la (2.9) ϵ_{t-1} , dipende da h_{t-1} . Questi due effetti hanno importanti implicazioni. Nel caso dell'effetto ARCH, il fatto che la volatilità passata influenzi positivamente quella presente implica una sorta di persistenza della stessa. Secondo questo modello periodi di alta volatilità sarebbero seguiti da ulteriori periodi di alta volatilità. Questa caratteristica è comune nei mercati finanziari ed è chiamata *clustering* della volatilità, ossia dei periodi in cui volatilità si concentra ed è come se si "autoalimentasse". Da ciò ne deriva anche che la volatilità possa avere degli effetti di lungo periodo, magari sulle aspettative degli investitori. Il beneficio che ne deriva è però un miglior grado di prevedibilità di questo elemento, e perciò una possibilità maggiore di gestire tale rischio. Gli investitori durante periodi di alta volatilità si aspetteranno lo stesso anche nel futuro e si copriranno di conseguenza. Implicazioni simili ha perciò anche l'effetto GARCH. Per questo si nota come questo modello sia estremamente utile in un'ottica di gestione del rischio associato alla volatilità, limitatamente però alle

⁷⁷ Investopedia.com

⁷⁸ Volatility and dependence in energy markets – Jinan Liu, Apostolos Serletis

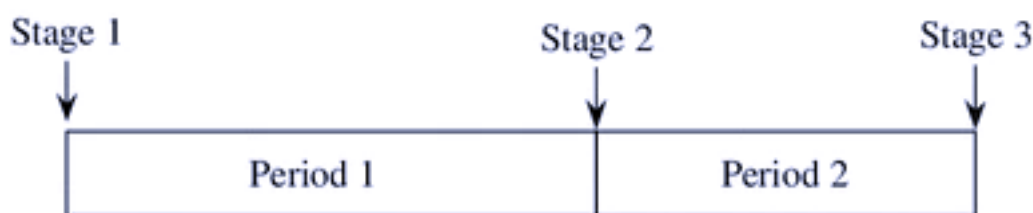
debolezze che lo caratterizzano. Tra queste c'è l'ipotesi di linearità tra le variabili citate, che spesso non presentano relazioni così semplici e l'ipotesi di distribuzione normale dei rendimenti, la quale nella realtà non è del tutto corretta. Inoltre, il modello potrebbe sottostimare gli effetti che eventi estremi hanno avuto sulla volatilità passata e che si potrebbero ripercuotere su quella presente.

2.1.4 Esempi ed evidenze sull'utilizzo dei derivati per la gestione della volatilità nel mercato elettrico

In questa sezione ci si vuole soffermare sulla descrizione dell'utilizzo dei derivati energetici per gestire la volatilità dei prezzi e sulle evidenze che ne derivano. Ci si concentrerà nello specifico sul mercato elettrico e di come un operatore di questo mercato si serva dei derivati energetici. Questo perché diverse evidenze dimostrano che, tra tutte le altre forme di energia, l'elettricità mostra un'altissima volatilità dei prezzi, soprattutto nel mercato del giorno prima. Le cause di questo sono state già descritte nel paragrafo dedicato al mercato elettrico, ma basti ricordare che a questa volatilità contribuiscono una serie di fattori presenti solo in questo mercato, quali difficoltà di stoccaggio dell'elettricità, repentine variazioni della domanda e fattori climatici e stagionali. I produttori di energia, nel tentativo di bilanciare domanda e offerta, sono quindi soggetti alla volatilità dei prezzi, la quale si traduce poi in volatilità dei profitti. Come è stato osservato, per sopperire a questi problemi, è sempre più popolare l'utilizzo di strumenti finanziari derivati e, in questo specifico mercato, soprattutto di contratti a termine ed opzioni. I contratti a termine però portano con sé un grande svantaggio, causato dal fatto che essi prevedono la consegna obbligatoria del bene. Se un produttore di energia stringe un contratto a termine e fissa un certo prezzo, si coprirà indubbiamente dal rischio associato ad un abbassamento dei prezzi e perciò dei propri profitti. Se però ci fosse un guasto negli impianti di produzione, egli sarebbe comunque obbligato alla consegna del bene, e dovrebbe quindi acquistarlo dal mercato ad un prezzo che potrebbe essere addirittura più alto di quello di vendita pattuito. Ecco così che incorrerebbe in predite associate a un tipo di rischio detto rischio di disponibilità. Per questo il produttore, nell'acquistare contratti a termine deve tener conto di questa criticità e in questo modo l'attività di copertura diventa complessa, tenendo conto anche dell'ulteriore possibilità di acquistare assicurazioni che coprano i guasti agli impianti in cambio di un premio. L'alternativa sarebbe però utilizzare delle opzioni, che sono uno strumento molto più flessibile, dato che non c'è nessun obbligo ma soltanto un diritto. D'altro canto, però l'opzione prevede un costo fisso, detto premio, per il produttore. Si ricordino alcuni elementi relativi alle opzioni. Lo strike price è il prezzo di consegna stabilito, mentre il prezzo dell'opzione è il prezzo pagato per avere il diritto di opzione, anche se poi tale diritto non si dovesse esercitare. Le opzioni americane, che prevedono la possibilità di esercitare il diritto entro la data di scadenza e non solamente in quella data, sono più costose rispetto a quelle europee, in quanto garantiscono una maggior flessibilità a chi le acquista. In ogni contratto di opzione si distinguono due parti: da una parte c'è colui che prende una long position, acquistando un'opzione, avendo così il diritto di acquistare o vendere il bene sottostante alla data e al prezzo pattuiti; dall'altra invece colui che prende la short position, vendendo l'opzione e quindi assumendosi così l'obbligo e non il diritto di acquistare o vendere il bene sottostante nel caso l'opzione dovesse essere esercitata. Delle due controparti, la

prima, che assume una posizione lunga, è risk adverse, mentre l'altra, che assume la posizione corta, è definita risk taker dato che si assume un rischio in cambio di un premio fisso.

Si può vedere allora come un'opzione call possa essere determinata per neutralizzare il rischio di disponibilità e di come la volatilità dei prezzi influisca sulle scelte da prendere. Se un produttore sottoscrive un contratto a termine che prevede la vendita di energia elettrica, è soggetto al rischio di disponibilità. Se però acquista un'opzione put per tutta la durata del contratto a termine, nel caso di impossibilità di produzione, egli potrà esercitare il diritto di opzione e acquistare l'energia di cui necessita a un prezzo prestabilito piuttosto che al prezzo pool di mercato, che si presuppone più alto⁷⁹. In questo esempio, che ci ha mostrato come un'opzione permetta di neutralizzare il rischio di disponibilità, si è messo in luce un importante elemento. Inoltre, poiché acquistare un'opzione comporta un costo, gli operatori devono decidere se acquistare delle opzioni in base a due elementi: volatilità dei prezzi sul mercato e livello di avversione al rischio. Si analizzi ora un modello esemplificativo e, per semplicità, si ipotizzi di acquistare un'opzione europea⁸⁰. Questo modello è utile per capire la differenza tra l'acquisto libero sul mercato, l'utilizzo di un contratto a termine e l'utilizzo di un'opzione. Il produttore deve decidere in primo luogo se acquistare o no l'opzione, e poi, in caso l'avesse acquistata, deve decidere se esercitarla o meno in una determinata data. L'orizzonte da considerare tiene conto di due periodi e tre diversi stadi:



81

Figura 5 - Orizzonte temporale e stadi della contrattazione di un'opzione

A seconda delle diverse decisioni che si prendono in ogni stadio, si possono creare diversi scenari. Nel primo stadio l'operatore deve decidere se acquistare l'opzione e nel secondo, posto che egli l'abbia acquistata, deve scegliere se esercitarla. Si costruisca un albero degli scenari, che riporti i prezzi di mercato dell'elettricità, che copra un orizzonte di due ore⁸², e che presenti quattro diversi scenari finali:

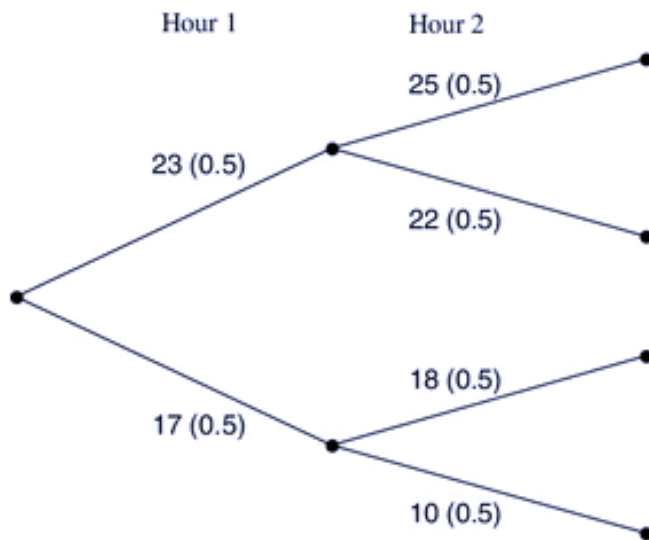
⁷⁹ Se fosse stato più basso, non avrebbe esercitato l'opzione

⁸⁰ Using electricity options to hedge against financial risk of power producers – Salvador Pineda (Article)

⁸¹ Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/271632138_Using_electricity_options_to_hedge_against_financial_risks_of_power_producers

⁸² L'orizzonte è di due ore per semplicità



83

Figura 6 - Albero degli scenari dei prezzi dell'elettricità

Ci sono due diversi prezzi nella prima ora e quattro nella seconda (due per ognuno dei due casi della prima ora). Si ponga un costo di produzione pari a 12€/MWh e si ipotizzino quindi tre diversi casi:

1. Il produttore non utilizza nessun contratto e vende a prezzi variabili sul mercato. In questo caso egli non venderà in questo periodo di tempo se il prezzo dovesse essere minore del suo costo di produzione, per evitare di incorrere in perdite.
2. Il produttore utilizza un contratto a termine, fissando il prezzo a 18,75€/MWh (media dei prezzi dei quattro scenari⁸⁴). In questo modo, anche se il prezzo divenisse maggiore di quanto pattuito, sarebbe costretto a vendere a quel prezzo e perderebbe dei potenziali profitti.
3. Il produttore acquista delle opzioni put fissando uno strike price di 18,75€/MWh e pagherà 1€/MWh per ogni azione. Il produttore allora avrà la possibilità di scegliere dopo la prima ora se esercitare o meno l'azione. Se infatti, dopo la prima ora, il prezzo sarà di 17€/MWh, gli scenari che si prevedono mostrano un prezzo (atteso) minore dello strike price e quindi egli eserciterà l'opzione.

Si ipotizzi ancora di acquistare 100 unità, sarà possibile in questo modo creare una tabella che riassume il profitto medio dei quattro scenari. In questo caso, saranno vendute 100 unità alla prima ora e 100 alla seconda con un costo di 12€/MWh per ogni unità. Il profitto per i tre casi sarà dato da: unità vendute nella prima ora *(prezzo nella prima ora – costo) + unità vendute nella seconda ora *(prezzo della prima ora/strike price/prezzo a termine – costo). Si utilizzino i prezzi e le probabilità della Figura 6. Tutto, a parte le probabilità, è espresso in €.

⁸³ Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/271632138_Using_electricity_options_to_hedge_against_financial_risks_of_power_producers

⁸⁴ Si sceglie il prezzo medio per essere quanto più oggettivi possibili

Tabella 1 - Profitti del produttore in tre diversi casi

SCENARIO	VENDITA LIBERA	CONTRATTO A TERMINE	OPZIONE	PROBABILITÀ REALIZZAZIONE SCENARIO
SCENARIO 1	2400	1775	2300	0,25
SCENARIO 2	2100	1775	2000	0,25
SCENARIO 3	1100	1175	1075	0,25
SCENARIO 4	500	1175	1075	0,25
PROFITTO MEDIO	1525	1475	1612,5	

Nel primo caso (vendita libera), vengono vendute 100 unità al prezzo della prima ora e altre 100 al prezzo della seconda, sostenendo costi di 2400€. ⁸⁵I prezzi di vendita sono perciò tutti diversi, a seconda dei prezzi pool sul mercato. Nel secondo caso, quando viene utilizzato il contratto a termine, nella prima ora si vendono le prime 100 unità a prezzi di mercato e nella seconda le altre 100 allo strike price di 18,75€, qualunque sia il prezzo di mercato. ⁸⁶ Nell'ultimo caso, viene esercitato il diritto di opzione solo negli scenari 3 e 4, dato che il prezzo nella prima ora (17€) è inferiore allo strike price. I profitti di questo terzo caso sono infatti uguali alla vendita libera nei primi due scenari e al contratto a termine negli ultimi due, decurtati però dei premi pagati per l'acquisto delle opzioni. Si calcolano poi i profitti medi, ponderando il profitto di ogni scenario per la probabilità dello scenario stesso. Si noti che nel terzo caso, ossia quando viene acquistata un'opzione, il profitto medio è maggiore degli altri due scenari e quindi l'opzione è la scelta preferibile. Questo perché il diritto di opzione ha dato al produttore la possibilità di avere più informazioni, avendo più tempo per decidere. Un operatore deve, secondo quanto visto, tener conto anche della volatilità dei prezzi nel decidere quali strumenti utilizzare, al fine di poter compiere le scelte migliori. Si è infine così dimostrato che le opzioni hanno garantito profitti maggiori. Questo perché esse hanno ridotto l'ambito di incertezza, facendo sì che il produttore avesse più informazioni per scegliere. Questa è l'ennesima dimostrazione di quanto possa risultare utile utilizzare i derivati per tutti coloro che operano nei mercati energetici.

2.2 Politiche energetiche

I derivati e le politiche energetiche sono tra loro collegati e l'uno può supportare o influenzare l'altro. Bisogna perciò in primo luogo soffermarsi sul descrivere le politiche energetiche: le politiche energetiche descrivono le modalità con cui i governi si relazionano con tutto quanto quello che riguarda l'energia compreso produzione di energia, sviluppo energetico, consumo e anche ovviamente la riduzione di emissioni di gas serra. Le finalità sono perciò diverse. In primo luogo, si vuole garantire l'efficienza nel funzionamento dei mercati

⁸⁵ $2400 = (23-12) \times 100 + (25-12) \times 100$

⁸⁶ $1775 = (23-12) \times 100 + (18,75-12) \times 100$

energetici e in tutta la supply chain in generale, includendo quindi anche poi la disponibilità di energia per tutti. Tutto questo cercando sia di equilibrare domanda e offerta che di non creare eccessivi squilibri, e tutelando i consumatori e le imprese. Ovviamente il tutto risulta difficile, tenendo conto anche dei complessi equilibri di natura geopolitica e della delicata fase di transizione energetica alla quale si sta assistendo. Ciò su cui si pone l'attenzione sono fattori quali: disponibilità futura di energia, affidabilità dei sistemi di stoccaggio ed anche condizioni di dipendenza energetica. Si veda nel merito anche l'Accordo di Parigi, proprio basato su questi temi. Ci sono diverse metodologie con le quali i governi tentano di attuare le strategie decise al fine di raggiungere gli obiettivi desiderati. È importante perciò analizzarle, per capire poi come i derivati possano inserirsi nel quadro generale della questione. Queste sono:

- **Leggi e regolamenti:** Sono forse i principali strumenti che vengono utilizzati e anche i più comuni. Possono imporre degli standard di efficienza, o sulla sicurezza degli impianti. Le misure più comuni però limitano le quote di emissione oppure impongono di utilizzare una percentuale di energie rinnovabili. L'efficacia di queste misure è indubbia ma ovviamente le stesse hanno anche dei lati negativi. A volte possono risultare eccessivamente coercitive e poco flessibili e per questo non è detto che vengano seguite, anche se obbligatorie.
- **Incentivi fiscali e finanziari:** Gli incentivi fiscali hanno una natura perlopiù di tipo incentivante. Infatti, tendono ad avvantaggiare tutti quegli attori che privilegiano strategie in linea con gli obiettivi da raggiungere, quindi, ad esempio, vengono in aiuto a coloro che stanno virando verso le energie rinnovabili e le nuove tecnologie. Possono consistere in veri e propri sgravi fiscali o crediti d'imposta. In realtà comuni sono anche sovvenzioni, garanzie di finanziamento da parte dello Stato ed addirittura, in certi casi, finanziamenti a fondo perduto. Un esempio è il recentissimo bando, approvato a febbraio 2023 che prevede un finanziamento a fondo perduto concesso alle PMI per l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile. Ovviamente queste misure vanno attentamente monitorate dato che potrebbero creare inefficienze e disallineamenti di mercato e falsarne così la competitività.
- **Tariffe e Tasse:** Le tariffe possono avere sia natura incentivante che disincentivante. Sono state già menzionate le tariffe feed-in, le quali prevedono una promessa di pagamento di un prezzo più alto ai produttori di energia, spesso rinnovabile, per incentivarli a produrre quel tipo di energia. Grazie a queste tariffe il settore attirerà nuovi investimenti. Le tasse sui combustibili fossili hanno invece una natura disincentivante. Un esempio è la famosa carbon tax, che disincentiva l'utilizzo di combustibili fossili. Queste tasse però potrebbero portare a un aumento dei costi che invece di tradursi in un cambio di rotta, si traduce in un contestuale aumento dei prezzi. L'aumento dei prezzi potrebbe gravare sui consumatori ma anche in questo caso il governo potrebbe intervenire.
- **Programmi di ricerca e sviluppo:** I governi possono intervenire promuovendo l'innovazione tecnologica nel campo energetico. Potrebbero infatti sostenere la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie, le quali potrebbero portare beneficio alle imprese e velocizzare la transizione alle energie pulite. Si veda a titolo

esemplificativo come il PNRR abbia promosso un solido programma di ricerca sull'idrogeno⁸⁷. Non è detto che questi progetti portino effettivamente dei risultati e, se anche lo facessero, potrebbe volerci anche molto tempo. Nonostante ciò, si ritengono comunque necessari, anche perché tali investimenti sarebbero difficilmente effettuati da privati, poiché considerati antieconomici, almeno alle condizioni attuali.

- Pianificazione energetica: La pianificazione energetica è uno strumento fondamentale per ogni governo al fine di garantire la stabilità e la sicurezza energetica. Guardando anche alla disponibilità futura di risorse si stabiliscono degli obiettivi a lungo termine che possono includere eliminazione di una fonte energetica, costruzione di nuove infrastrutture e cambiamento del mix energetico. Il Green Deal Europeo ad esempio mira alla neutralità climatica dell'Europa entro il 2050, mediante quote di energia rinnovabile e ponendo un'enfasi sull'efficienza energetica. Analogamente poi ci sono misure pensate anche da e per i singoli paesi, come il PNEC (Piano Nacional de Energía y clima) in Spagna. Anche in questo caso si rischierebbe di interferire troppo col buon funzionamento del mercato, ma la cosa viene bilanciata da tutte le altre misure che concorrono a raggiungere sempre una sorta di equilibrio nei mercati.
- Cooperazione internazionale: Anche questa è una misura fondamentale e imprescindibile per ogni Stato al fine di raggiungere gli obiettivi preposti. La collaborazione con altri paesi, mediante la creazione di organizzazione internazionali o mediante accordi, come il già citato Accordo di Parigi, possono portare enormi benefici sul panorama energetico globale. Difatti in questi accordi spesso sono comprese tutte le altre misure citate in precedenza. Inoltre, la condivisione delle esperienze dei vari paesi e delle tecnologie permette di scalare la curva d'apprendimento molto più velocemente e raggiungere risultati utili per tutti. È anche vero però che talvolta queste collaborazioni risultano difficili, dati i diversi interessi di ogni Paese e soprattutto le possibili tensioni che possono scaturire da tali rapporti. Proprio per questo, servono continui sforzi economici per ognuno dei paesi, che però sono più che ripagati dai benefici che ottengono.

Bisogna però ricordare che ogni paese ha degli obiettivi diversi e adotta questi strumenti arbitrariamente, a seconda delle strategie perseguite. Una cosa però è certa, per il buon funzionamento di queste politiche è necessario che i governi siano attivamente partecipi non solo nell'introduzione delle diverse misure ma anche della loro attuazione e soprattutto del loro monitoraggio. Proprio in quest'ottica si parla dell'*Energy Policy Triangle*⁸⁸, che prevede l'impegno costante da parte dei governi nell'equilibrare questi tre elementi: sicurezza, competitività e sostenibilità. Si riprendano brevemente questi tre concetti: la sicurezza energetica fa riferimento alla disponibilità d'energia senza interruzioni, per riuscire in ogni momento a soddisfare la domanda; la competitività energetica fa riferimento alla stabilità e all'accessibilità dei prezzi, sia per famiglie

⁸⁷ <https://www.mase.gov.it/pagina/investimento-3-5-ricerca-e-sviluppo-sull-idrogeno>

⁸⁸ <https://www.bruegel.org/comment/keeping-energy-policy-triangle-balance-key-reach-net-zero#:~:text=The%20multifaced%20nature%20of%20energy,%2D%20and%20short%2Dterm%20dimensions.>

che per imprese; la sostenibilità invece si riferisce alla riduzione delle emissioni dannose per l'ambiente. I governi devono cercare di trovare i giusti compromessi per cercare di bilanciare, per quanto possibile, questi tre elementi. In alcuni casi però si impone un vero e proprio trade-off, che obbliga a preferire uno di questi tre elementi agli altri, soprattutto nel breve periodo. È proprio in questo contesto che i governi possono utilizzare i derivati nell'attuazione delle proprie politiche energetiche. Grazie a questi si possono adottare misure volte al perseguimento di tutti e tre questi obiettivi, senza tralasciare eccessivamente nessuno di essi.

2.2.1 Il ruolo dei derivati nella promozione di politiche energetiche

I derivati possono supportare sia indirettamente che direttamente le politiche energetiche adottate dai Governi, fungendo da strumento d'azione nonché di stabilizzazione per tutto ciò che riguarda gli obiettivi e le strategie da mettere in atto. Innanzitutto, si sa che anche le politiche energetiche risentono di fattori quali volatilità dei prezzi, fluttuazioni valutarie e ovviamente rischi climatici. Proprio per questo, con le strategie discusse in precedenza è possibile, tramite i derivati, assicurare una maggiore stabilità dei prezzi e in generale del mercato. Avere una visione dell'andamento futuro dei prezzi, seppur non precisissima, e dell'andamento del mercato stesso è fondamentale per un Governo nell'attuazione delle politiche energetiche decise. In termini di pura pianificazione, è necessario avere quante più informazioni possibili e in un mercato stabile ciò risulta chiaramente più facile. Tramite i derivati in effetti i governi possono avere un benchmark e dei parametri di riferimento riguardo ai prezzi dell'energia e agire in funzione di questi. Riguardo alle fluttuazioni valutarie invece questi contratti possono fungere da veri e propri strumenti di politica monetaria, al fine di controllare l'inflazione e i tassi di cambio⁸⁹, tutto questo al fine di supportare al meglio le politiche energetiche. Non è un caso, infatti, che i futures e le opzioni del mercato monetario siano tra i contratti finanziari maggiormente scambiati. Anche ridurre i rischi associati alla mancanza di liquidità o alle tensioni di natura geopolitica è condizione necessaria al raggiungimento, da parte dei governi, dei propri obiettivi e questo avviene principalmente mediante derivati. Tali contratti però possono supportare i governi anche in modo diretto e le modalità più comuni sono: incentivazione dell'efficienza energetica e finanziamento di iniziative sostenibili. Per quanto riguarda il primo metodo, va definito il concetto di efficienza energetica. Questa indica il rapporto ottimale tra il risultato e utilizzo di energia, in sostanza quindi l'evitamento di sprechi di energia. Più efficiente sarà un sistema, meno energia utilizzerà nel suo processo e ciò è importantissimo, sia per il risparmio dei costi che per la velocità dei processi, e ovviamente anche per ciò che riguarda la transizione alle rinnovabili. Ci sono dei veri e propri contratti derivati che sono legati a parametri specifici o indici di efficienza energetica, e hanno come principale finalità, quella di incentivare il miglioramento dell'efficienza oppure coprire le perdite associate ai rischi di prezzo causati a variazioni di efficienza. In realtà poi tutti i derivati si adattano al raggiungimento di questo obiettivo, si veda l'esempio di contratti swap nel quale due fornitori energetici si scambiano flussi di cassa in base all'efficienza raggiunta. Talvolta vengono utilizzate anche delle opzioni sull'indice di efficienza energetica. Da menzionare sono poi i certificati bianchi, anche detti TEE (Titoli di

⁸⁹ Attività in strumenti derivati e politica monetaria

Efficienza Energetica) i quali attestano il conseguimento di risparmi energetici, e più specificamente il risparmio di 1 tonnellata equivalente di petrolio. Questi, pur essendo emessi dal Gestore del Mercato Elettrico, possono essere scambiati come veri e propri derivati. Per questo le aziende, avendo la possibilità di vendere tali certificati sul mercato sottoforma di derivati, saranno incentivate a migliorare la propria efficienza energetica. È anche evidente che alcuni operatori di mercato comprino dei derivati su certificati bianchi per coprire i rischi connessi al mancato raggiungimento dell'efficienza energetica. Oltre a questi, esistono i contratti di performance energetica (EPC⁹⁰), molto utilizzati nelle politiche incentrate sul risparmio energetico. L'EPC non è altro che l'accordo tra il fornitore di servizi energetici e i clienti nel quale si prevede che la ESCo (Energy Service Company), ossia chi fornisce il servizio, garantisca un determinato livello di risparmio energetico al cliente, grazie a delle misure volte al miglioramento dell'efficienza. Poiché gli investimenti sono tutti a carico del fornitore, i rischi sono molti, e per questo egli potrebbe voler effettuare un'operazione di copertura utilizzando proprio i derivati. Riguardo invece la promozione e il finanziamento di iniziative sostenibili, se ne parlerà approfonditamente nel prossimo paragrafo

I derivati finanziari possono inoltre avere un ruolo importante, seppur non diretto, nella promozione di attività di ricerca e sviluppo in campo energetico. In primo luogo, essi possono essere utilizzati per attrarre finanziamenti nel settore e ciò può avvenire in diversi modi. Uno degli strumenti più utilizzati dalle aziende in questo settore sono le obbligazioni convertibili in azioni. In questo modo, tramite le obbligazioni, le imprese energetiche potrebbero ricevere finanziamenti per investire fondi in ricerca e sviluppo. Le obbligazioni convertibili sono degli strumenti ibridi, che combinano un contratto di mutuo, proprio di un'obbligazione semplice, ad un patto di conversione, il quale non è altro che un diritto di opzione e quindi un derivato. A tal proposito, l'OIC 32 "Strumenti finanziari derivati" le include tra gli "strumenti finanziari ibridi". Analogo discorso può essere fatto per le obbligazioni cum warrant, nelle quali il diritto di opzione si può addirittura staccare e diviene perciò uno strumento ancora più flessibile. Non è raro in effetti che un governo incentivi le imprese ad adottare queste specifiche misure e strumenti al fine di attirare i giusti investimenti nel settore. Infatti, concedendo agevolazioni fiscali, ad esempio, agli investitori che acquistano obbligazioni, oppure garanzie di prestito alle aziende che invece emettono questi strumenti, un governo può certamente attrarre ingenti capitali nel settore.

2.3 Impatto dei derivati sulla sostenibilità

Il cambiamento climatico sta creando nuove e difficili sfide per il panorama globale e i rischi connessi a tale contesto sono notevolissimi. Il mercato dei derivati in questo contesto costituisce un'importante risorsa e il mondo ne sta prendendo consapevolezza, tant'è che questo mercato è sempre più popolare in materia di energie sostenibili. Questi mercati contribuiscono all'evidenziare i prezzi di tutti quanti i prodotti energetici, a partire da un barile di petrolio, fino ad arrivare a un megawatt di energia solare e perciò sia i governi che le imprese e i consumatori possono avere una visione completa dei costi connessi alla transizione energetica e al

⁹⁰ Energy Performance Contract

cambiamento climatico. In più, questi contratti permettono di poter predire i prezzi futuri e di capire quali siano i trend di un tipo di mercato. Un documento abbastanza recente dell'ISDA (International Swaps and Derivatives Association)⁹¹, ha evidenziato chiaramente come ci sia un collegamento tra una serie di contratti derivati OTC e la finanza sostenibile, quest'ultima poi legata al concetto di sviluppo sostenibile. Si sa che un'economia sostenibile richiede una moltitudine di ingenti finanziamenti e in quest'ottica il mercato dei derivati potrebbe diventare centrale, dal momento che grazie al loro utilizzo, come detto anche in precedenza, l'afflusso di capitali nel settore dell'energia sostenibile potrebbe aumentare di molto. Si è già detto che oltre all'utilizzo per strategie di copertura i derivati possono essere utilizzati per assicurare maggiore trasparenza nel mercato, migliorare la *price discovery*⁹² ed anche l'efficienza del mercato in generale. I “derivati ambientali” però si differenziano dagli altri tipi di derivati perché sono pensati già in un'ottica di lungo periodo, per facilitare appunto gli investimenti nel settore. Nella fattispecie gli investimenti di questo tipo possono portare con sé diversi rischi, che sono stati identificati dall'ISDA con l'acronimo ESG (Environmental, social and governance factors). I derivati di questo tipo hanno quindi l'obiettivo di creare un punto di svolta nel mondo della finanza e dello sviluppo sostenibile. Tuttavia, anche questi strumenti presentano alcune criticità. La maggiore è forse il *greenwashing*, ossia il cosiddetto ecologismo di facciata. Proprio per questo sono state coinvolte diverse fonti normative che hanno un focus sulla trasparenza in questo senso. Il consumatore che si interfaccia con tali strumenti deve essere tutelato in ogni modo, dai potenziali inganni insiti nella natura di questi prodotti. Uno dei principali compiti degli operatori di mercato è garantire che gli indicatori KPI (*Key Performance Indicators*) siano accurati e precisi rispetto agli obiettivi ESG. I KPI sono infatti alla base nella misurazione dei parametri sui quali poi si basano i derivati legati alla sostenibilità e per questo motivo c'è bisogno di chiarezza. Il documento dell'ISDA afferma che i KPI devono in qualche modo essere oggettivamente verificabili, anche secondo un principio di certezza giuridica. In particolare, questi devono essere: “specifici, misurabili, verificabili, trasparenti e adeguati”. Inoltre, per essere il più precisi possibili nello strutturare i contratti derivati va tenuto conto anche di ulteriori variabili.

2.3.1 Analisi dei derivati sostenibili e del loro effetto sulle dinamiche del mercato dell'energia sostenibile

Il mercato dei derivati legati alla finanza sostenibile è oggi più che mai variegato ed eterogeneo. La maggior parte di questi strumenti, quasi tutti in effetti, sono indissolubilmente legati alle energie rinnovabili e ai combustibili fossili. C'è da dire che quando si parla di finanza sostenibile, le principali leve sulle quali si agisce sono: sviluppo delle energie rinnovabili, progetti di efficienza energetica e miglioramento delle infrastrutture energetiche già presenti. In quest'ambito sono da evidenziare i *sustainability-linked derivatives*, sempre più popolari nei mercati finanziari. Questi sono derivati che, pur avendo un alto grado di standardizzazione, sono basati su specifici indicatori (KPI). In questo caso, la controparte del contratto si

⁹¹ <https://www.isda.org/2021/01/11/overview-of-esg-related-derivatives-products-and-transactions/> - 11/01/21

⁹² Si possono meglio conoscere i prezzi di ogni elemento presente nel mercato

impegna a perseguire obiettivi di sostenibilità ambientale, che possono consistere ad esempio in una riduzione delle emissioni di CO₂. I più utilizzati sono gli interest rate swap, che possono prevedere l'utilizzo di parametri ESG come sottostanti. Un'importante sottofamiglia sono poi i *credit derivatives*, che vengono chiaramente utilizzati per coprirsi dal rischio di credito. Possono essere attivati solo però quando ciò sia collegato a fattori per lo più climatici o ambientali. In effetti è chiaro come assumano un ruolo quasi assicurativo, soprattutto nei riguardi di eventi catastrofici. Di recente inoltre sono nati dei contratti futures o delle opzioni legati a indici di sostenibilità ESG e, paradossalmente, sono scambiati in mercati regolamentati piuttosto che in OTC. A questi si attribuisce il merito di stabilizzare di conseguenza il mercato delle energie rinnovabili e di far affluire nuovi investimenti. Un altro importante elemento da approfondire è quello dell'*emission trading*⁹³. È esemplificativo il tentativo di ridurre l'inquinamento fissando un tetto massimo nelle emissioni di diossido di carbonio nell'atmosfera, principalmente secondo limiti di natura geografica. Nel mercato energetico è comune che vengano stabilite delle quote di emissioni, e per questo è nata l'esigenza di potersi scambiare derivati basati su quote di emissione. Un esempio sono i futures sulle emissioni, i quali prevedono la vendita di una quantità specifica di emissioni a una data futura e sono utilizzati per limitare i rischi connessi alle variazioni dei prezzi delle quote di emissione. Nell'ambito delle energie rinnovabili i contratti derivati utilizzati sono molti. I *power purchase agreements* (PPA), sono accordi tra un produttore di energia rinnovabile e un altro compratore operante nel settore energetico. Di base sono utili dal momento che chi investe nelle energie rinnovabili potrà sapere in quanto tempo rientrerà dell'investimento iniziale. Ci sono poi i future basati sui *renewable energy certificates* (RECs), i quali sono certificati emessi quando viene generata una determinata quantità di energia utilizzando solo fonti rinnovabili. Peculiari sono invece i *wind index futures*, che sono strumenti derivati che permettono di coprirsi dal rischio associati alle variazioni del vento e alle conseguenti variazioni nella produzione di energia eolica. Non sono molto popolari ma sono già scambiati in mercati regolamentati in Germania e negli USA e si prevede una aumento dei volumi di scambio data la crescita costante del settore delle rinnovabili. Oltre a tutti questi ci sono poi i future standard sui combustibili a bassa emissione di carbonio (LCFS⁹⁴), che si riferiscono al LCFS, ossia un programma normativo volto a ridurre le emissioni dei carburanti utilizzati nel trasporto. Tali contratti permettono di bloccare un prezzo futuro per le quote LCFS, le quali indicano l'ammontare di riduzione di emissioni ottenuta attraverso l'utilizzo di questi carburanti. Le aziende che utilizzano carburanti spesso utilizzano queste quote per conformarsi alle normative. Un'altra importante categoria di derivati utilizzati in quest'ambito sono i derivati connessi ai rischi di catastrofi e a disastri naturali, dei quali si è già accennato nel precedente capitolo. Quello più utilizzato è il *catastrophe swap*, nel quale si ottiene una copertura dalle potenziali perdite connesse ad eventi catastrofici in cambio di un premio periodico. Molto simili sono poi i già citati *weather derivatives*, sempre più popolari negli ultimi anni. Quanto analizzato mostra chiaramente come i derivati possano essere uno strumento molto efficiente per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità preposti, i quali comprendono quindi lo sviluppo delle energie

⁹³ Negoziazione delle emissioni

⁹⁴ Low Carbon Fuel Standard

rinnovabili e la riduzione delle emissioni di gas serra. Non è da sottovalutare infatti che verranno scambiati più derivati di questa tipologia, e il loro mercato risentirà perciò sempre meno dei problemi legati alla mancanza di liquidità o di efficienza. Per tutte queste ragioni la popolarità di questi strumenti è in crescita e, se accompagnata da un'adatta regolamentazione, ne potranno scaturire enormi benefici in termini di sviluppo sostenibile e di supporto alle politiche energetiche.

CAPITOLO III

MODELLI DI VALUTAZIONE DEI DERIVATI ENERGETICI ED EVIDENZE EMPIRICHE

La valutazione dei derivati energetici è un compito che può risultare ostico e complesso date le numerosissime variabili che influenzano il mercato dell'energia e la grande incertezza che ne consegue. Sono stati sviluppati diversi modelli di valutazione, i quali hanno come obiettivo la stima del valore di questi strumenti. I principali sono il modello di Black-Scholes-Merton, il modello Binomial Tree e il modello Monte Carlo. A ognuno di questi tre modelli sono connessi specifici punti di forza e punti di debolezza e non sono tutti sempre applicabili. La loro applicabilità è relativa sia al tipo di strumento derivato da prendere in considerazione sia a una serie di assunzioni di base, diverse per ogni modello. Il modello Black-Scholes-Merton è tra i più famosi modelli e uno di quelli più utilizzati per valutare opzioni finanziarie. Alla base di questo modello c'è l'assunzione che il prezzo dell'attività sottostante si muova secondo un movimento browniano geometrico, il quale presenta una volatilità costante e rendimenti che seguono una distribuzione normale⁹⁵. C'è però da dire che il modello Black-Scholes-Merton presenta diverse limitazioni, le quali spesso sono causate da una serie di assunzioni semplificative che non sono sempre realistiche. È proprio per questo che tale modello viene, in alcuni casi, utilizzato come base teorica per valutare le opzioni. Il modello Binomial Tree, invece, valuta i derivati energetici costruendo proprio un albero binomiale, sul quale sono rappresentati i possibili valori futuri che il prezzo dell'energia sottostante può assumere⁹⁶. Questo modello rende possibile considerare ed incorporare efficientemente tutte le caratteristiche peculiari dei derivati energetici, ed un esempio fondamentale è il suo utilizzo per la valutazione delle opzioni di tipo americano. Anche in questo caso le assunzioni risultano però eccessivamente semplificative. Inoltre, spesso nell'applicare questo modello c'è bisogno di numerosi passaggi temporali che potrebbero rendere il processo eccessivamente complesso e potenzialmente oneroso. Il modello Monte Carlo, invece, prevede la simulazione di un grande numero di scenari futuri per il prezzo dell'energia sottostante, servendosi anche di tecniche di campionamento stocastico⁹⁷. Nella prassi, viene utilizzato per valutare derivati energetici molto complessi, quali ad esempio delle opzioni esotiche oppure derivati che hanno più di un sottostante. È anche vero poi che per ottenere buoni risultati, serve un gran numero di simulazioni e per questo il processo non è del tutto facile. Ognuno di questi modelli ha quindi le proprie debolezze e i propri svantaggi, ma oltre a questi ultimi, ci sono anche problematiche che sono comuni a tutti i modelli in questione. In primis, le assunzioni semplificative di tutti i modelli, le quali possono non tenere in considerazione tutte le problematiche relative al mercato dell'energia, come ad esempio la volatilità stocastica. Oltre a ciò, c'è poi l'impatto di eventi esterni quali disastri naturali o eventi geopolitici, che potrebbero modificare di molto i risultati ottenuti. Stesso discorso si può fare per le inefficienze di mercato che potrebbero portare dei risultati

⁹⁵ Study of Black-Scholes Model and its Applications – A.S. Shinde

⁹⁶ A Binomial Model of Asset and Option Pricing – Xue-Zhong He

⁹⁷ Monte Carlo Simulation Based Approach to Manage Risks in Operational Networks in Green Supply Chain – Sachin K. Mangla

che si discostano dalla realtà. Infine, c'è poi un alto livello di incertezza sulle variabili che vengono usate come input dei modelli. Queste sono ad esempio la volatilità, i prezzi futuri dell'energia ed i tassi di interesse, che non possono essere stimati con certezza e che perciò potrebbero rendere la stima del modello inesatta, generando errori nella stima del valore dei derivati energetici. Proprio a causa di tutti questi problemi nei modelli citati, sono stati sviluppati dei modelli alternativi per valutare i derivati energetici. Quelli più significativi sono il modello a due fattori, i modelli a volatilità stocastica e i modelli di Heath-Jarrow-Morton (HJM). Il modello a due fattori tiene conto di due fattori, che costituiscono due processi stocastici indipendenti tra loro per analizzare come il prezzo dell'energia sottostante si evolverà. In questo modo si cerca di capire quali sono le effettive tendenze di mercato, se ad esempio ci sono trend a lungo termine o fluttuazioni a breve termine⁹⁸. Uno dei più classici esempi sono i modelli che includono un processo di mean revision, il quale descrive come i prezzi oscillano intorno ad un valore medio, ed un processo di diffusione, che invece spiega le variazioni casuali dei prezzi. Parlando dei modelli a volatilità stocastica, essi tengono conto del fatto che la volatilità del prezzo dell'energia sottostante può in qualunque modo variare nel tempo, anche perché dipendente da fattori esterni⁹⁹. Il modello è così chiamato perché viene utilizzato un processo stocastico nel descrivere la volatilità, così da poter avere una rappresentazione più precisa della realtà. Infine, ci sono poi i modelli Heath-Jarrow-Morton che si basano sullo studio e sulla modellazione della struttura a termine dei tassi di interesse, la quale viene utilizzata per trovare il valore dei contratti a termine e delle opzioni energetiche. Tramite uno studio di diversi fattori di rischio, il modello analizza le strutture dei tassi a termine per poi determinarne l'evoluzione e l'andamento. Questo modello permette di tenere in considerazione le correlazioni tra i diversi tassi di interesse, delle asimmetrie e delle variazioni di tempo. C'è però da dire che nessun modello permette di prevedere con precisione il valore di un qualunque derivato energetico. In ogni caso diverso è importante tener conto di vari fattori per ottenere dei risultati soddisfacenti. Va infatti tenuto conto delle caratteristiche proprie di ogni derivato energetico e quindi confrontarle con le assunzioni relative ad ogni modello, per poter scegliere il metodo di valutazione più appropriato. Da non sottovalutare poi è anche la grandissima incertezza che caratterizza le variabili di input in generale e il mercato energetico, il quale è sempre in continuo mutamento. Anche per queste ragioni esistono le tecniche di analisi di scenario che permettono di comprendere come il valore dei derivati sia influenzato da diverse ipotesi di base e da diverse condizioni di mercato. È necessaria una continua attività di monitoraggio da parte di chi si serve di tali modelli, al fine di verificare la validità dei modelli stessi e di aggiornare tutti le variabili e le ipotesi di base dei modelli. Dopo aver enunciato e descritto tutti i principi teorici che sono alla base dei modelli di valutazione dei derivati energetici, ci si concentrerà in particolare sul mercato elettrico, vedendo nella pratica come vengono valutati e prezzati i derivati. La scelta del mercato elettrico è data dal fatto che esso risulta il più esplicativo nonché quello più semplice per lo scopo prefisso, che consisterebbe nel descrivere di come dalla teoria si passa alla pratica nell'applicare i modelli valutativi. Infine, si concluderà la trattazione con l'analisi di una serie di

⁹⁸ A consistent two-factor model for pricing temperature derivatives – Andreas Groll

⁹⁹ Stochastic volatility modeling in energy markets – Fred Espen Benth

evidenze empiriche riguardo questa categoria di strumenti e verrà dimostrata l'utilità di questi ultimi, tenendo conto anche di tutti i difetti che portano con sé.

Infine, ci si baserà su una serie di dati relativi agli ultimi anni per analizzare delle evidenze empiriche relative al mercato europeo dei derivati energetici, tracciando quindi le principali tendenze di questo mercato e soprattutto i rischi che lo caratterizzano. In effetti si è visto che uno degli utilizzi teorici principali dei derivati energetici è il risk management, per il quale questi strumenti possono fornire un enorme supporto. Ora dalla teoria si passerà alla pratica, vedendo effettivamente quali sono le strategie adottate dalle maggiori imprese energetiche e quali rischi queste strategie comportano, ponendo l'attenzione in particolare sullo stress di liquidità tipico di questo mercato e sul rischio di credito che ne consegue.

3.1 Modelli di valutazione dei derivati energetici

Nei prossimi paragrafi si analizzerà nello specifico ognuno dei tre principali modelli utilizzati per valutare i derivati energetici: Black-Scholes-Merton, Binomial Tree, Monte Carlo.

3.1.1 Modello di Black-Scholes-Merton

Il modello di Black-Scholes-Merton¹⁰⁰, anche detto Black-Scholes model, è tra i modelli finanziari più popolari per la valutazione dei derivati (opzioni). È stato sviluppato nel 1973, ed è ancora oggi uno dei metodi migliori per stimare correttamente il prezzo di un'opzione. È stato uno dei primi a permettere di calcolare il prezzo di un'opzione usando i prezzi correnti delle azioni, i dividendi attesi, lo strike price dell'opzione, i tassi di interesse attesi, la scadenza e la volatilità attesa. In principio, Black e Scholes utilizzarono il CAPM per analizzare la relazione che c'era tra il ritorno di mercato dell'opzione e quello del sottostante ma ciò non risultava facile, dato che tale relazione dipendeva sia dal titolo sottostante che dal tempo. Merton invece adottò un approccio diverso, creando un portafoglio senza rischio formato soltanto da opzione e sottostante e asserendo che tale portafoglio dovesse avere un rendimento uguale al rendimento privo di rischio¹⁰¹. Per parlare del modello in sé c'è bisogno prima di introdurre una serie di elementi, che sono alla base del suo funzionamento. Per prima cosa si presuppone che le variazioni percentuali nel prezzo del titolo seguano una distribuzione normale. Se si chiama μ il rendimento atteso del titolo annuo e σ la volatilità attesa annua, nell'arco di tempo Δt , la media e la deviazione standard sono: $\mu\Delta t$ e $\sigma\sqrt{\Delta t}$. Perciò: $\frac{\Delta S}{S} \sim \phi(\mu\Delta t, \sigma^2\Delta t)$ dove S è lo stock price e $\frac{\Delta S}{S}$ è la variazione percentuale del prezzo, la quale si distribuisce secondo una distribuzione con media $\mu\Delta t$ e varianza $\sigma^2\Delta t$.

Una variabile che ha una distribuzione lognormale può assumere qualsiasi valore tra 0 e infinito ma la media, la mediana e la moda non coincidono. È detta distribuzione lognormale perché il logaritmo della variabile

¹⁰⁰ BLACK F., SCHOLES M., The Pricing of Options and Corporate Liabilities, Journal of Political Economy

¹⁰¹ Risk-free return

segue una distribuzione normale. Da tutto quanto detto in precedenza, tenendo conto delle proprietà di una distribuzione lognormale, si deduce che il valore atteso del prezzo di un titolo al tempo T è uguale a:

$$E(S_T) = S_0 e^{\mu T} \quad (3.1)$$

La varianza invece:

$$\text{var}(S_T) = S_0^2 e^{2\mu T} (e^{\sigma^2 T} - 1) \quad (3.2)$$

Tenendo conto del fatto che il prezzo si distribuisca in modo lognormale, è possibile ricavare delle informazioni sulla distribuzione anche sul rendimento composto di un titolo tra il periodo 0 e T. Se infatti si chiama x il rendimento composto annuo tra 0 e T, si avrà che:

$$S_T = S_0 e^{xT} \quad (3.3)$$

Dove $S_0 e^{xT}$ indica la capitalizzazione del titolo da 0 a T. Da questo si ricava che:

$$x = \frac{1}{T} \ln \frac{S_T}{S_0} \quad (3.4)$$

Perciò $x \sim \phi\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}, \frac{\sigma^2}{T}\right)$.¹⁰² Da questa formula si capisce che, poiché x è normalmente distribuito con media $\mu - \frac{\sigma^2}{2}$ e deviazione standard σ/\sqrt{T} , all'aumentare di T la deviazione standard diminuisce. Questo avviene poiché è maggiore la certezza dei rendimenti medi se si considera un lungo periodo di tempo, piuttosto che se si considera un periodo molto breve.

Bisogna ora discutere di cosa ci sia alla base del ragionamento che ci porta a derivare l'equazione differenziale Black-Scholes-Merton. Alla base si assume che prendendo una posizione in un derivato e una posizione in un titolo (sottostante al derivato) sia possibile costruire un portafoglio che, in assenza di arbitraggio, essendo non rischioso dovrebbe generare un rendimento pari al tasso risk-free. Ciò che ci permette di arrivare a questo è che sia il prezzo di un titolo che il prezzo di un derivato su di esso sono influenzati dalla stessa cosa, ossia dalle variazioni nel prezzo del titolo stesso. Ecco che perciò, se si sceglie il giusto rapporto con cui allocare i due tipi di asset, il movimento di uno dei due sarà compensato dall'altro. C'è in effetti una relazione tra il cambiamento del prezzo di un titolo e il cambiamento del prezzo del derivato ad esso associato. L'unico elemento di criticità di questo ragionamento è che la relazione tra questi due elementi potrebbe mutare e per questo c'è bisogno di un continuo bilanciamento per assicurarsi un portafoglio privo di rischio. Nei primi anni in cui questo modello fu sviluppato, in effetti, alcuni analisti dimostrarono che il payoff di un'opzione poteva essere replicato possedendo e modificando in maniera continua il sottostante e un bond privo di rischio. Si presuppone quindi di replicare un'opzione scambiando continuamente l'attività sottostante, ma nei mercati energetici ciò non risulta realistico. L'energia elettrica, ad esempio, non è facilmente immagazzinabile e per tale ragione non è possibile seguire questa strategia. C'è però da dire che molti derivati energetici dipendono dai prezzi dei future piuttosto che dai prezzi spot e perciò si possono utilizzare i futures per replicare le posizioni delle opzioni.

¹⁰² Hull J.C – Options, Futures and Other Derivatives

Alla base del modello Black-Scholes-Merton ci sono una serie di assunzioni di base necessarie per ricavarsi l'equazione differenziale. Queste sono:

1. Il prezzo del titolo sottostante segue un moto browniano con μ e σ costanti.
2. La vendita allo scoperto è permessa.
3. Non ci sono costi di transazione o tasse. Tutte le *securities* sono perfettamente divisibili.
4. Non ci sono dividendi durante la vita del derivato.
5. Non ci sono opportunità di arbitraggio.
6. Lo scambio della *security* è continuo.
7. Il tasso privo di rischio è costante ed è lo stesso per tutte le scadenze¹⁰³.

In realtà alcune di queste assunzioni possono essere morbide, come ad esempio la prima.

Rivedendo la prima assunzione, essa spiega come i prezzi degli *asset* si muovano nel tempo. Bisogna precisare che il moto browniano geometrico è uno dei processi che più vengono utilizzati per spiegare l'andamento dei prezzi nei mercati finanziari¹⁰⁴. Due sono i principali elementi che si utilizzano nel moto browniano geometrico: il drift μ e la volatilità σ . Il drift nel moto browniano geometrico non altro è che il tasso di crescita atteso dell'asset nel tempo, ossia la componente che rappresenta il trend o la direzione del prezzo di un asset. La volatilità invece rappresenta la componente stocastica del prezzo, definendo l'incertezza e l'imprevedibilità dei prezzi degli asset nel tempo.¹⁰⁵ L'assunzione riguardante il Geometric Brownian Motion (GBM) asserisce che i cambiamenti nel prezzo dell'asset, che sarà chiamato S , sono caratterizzati da drift μ e volatilità σ costanti. Matematicamente ciò corrisponde all'equazione differenziale stocastica¹⁰⁶:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (3.5)$$

In quest'equazione dS indica l'incremento del prezzo dell'asset in un intervallo di tempo infinitesimale dt , mentre dz sta ad indicare l'incertezza che caratterizza il modello. Se si tiene conto di un'ipotesi di neutralità al rischio, si avrà che il drift potrà essere sostituito al tasso privo di rischio r ($\mu = r$). Bisogna ricordare inoltre che in ogni modello di descrizione stocastica dei prezzi degli asset, si arriverà alla conclusione che, come detto in precedenza, i prezzi seguiranno una distribuzione lognormale e che quindi i rendimenti saranno distribuiti normalmente. Si tenga conto poi del concetto di valutazione neutrale del rischio, il quale implica che le preferenze dei partecipanti al mercato non influenzino in alcun modo il prezzo dell'opzione. Virtualmente, in un mondo neutrale al rischio. Si supponga che C rappresenti il valore di un derivato (call, put, forward). È possibile, mediante quanto sviluppato dal modello BSM, ricavarsi la seguente equazione parziale differenziale, che descrive l'evoluzione del prezzo del derivato nel tempo:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + rS \frac{\partial C}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} = rC \quad (3.6)$$

¹⁰³Hull J.C – Options, Futures and Other Derivatives

¹⁰⁴ Théorie de la speculation – Louis Bachelier

¹⁰⁵ Option Pricing in a Fractional Brownian Motion Environment – Ciprian Necula

¹⁰⁶ È un'equazione differenziale in cui uno o più termini sono processi stocastici, ossia dei processi aleatori

Il valore di un qualunque derivato che abbia un rendimento, il quale rispetti l'equazione stocastica vista prima, deve necessariamente soddisfare quest'equazione. In realtà quest'equazione differenziale presenta infinite soluzioni, ma specificando quali sono le condizioni di contorno, ossia le caratteristiche specifiche dello strumento derivato in oggetto di valutazione, è possibile trovare una soluzione unica che rappresenta il prezzo di equilibrio dello strumento¹⁰⁷. Ecco perché nel valutare i prezzi di specifiche opzioni, si deve tener conto anche di altre condizioni. Nel valutare un'opzione Europea quest'equazione viene risolta e ne viene fuori una delle sue declinazioni più famose:

$$C(t) = SN(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (3.7)$$

dove poi:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (3.8)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (3.9)$$

Si ricordi nel merito che S indica il prezzo dell'asset, K indica lo strike price, t indica il tempo corrente, mentre T indica la data di scadenza del contratto. La funzione N(.) è la funzione normale cumulativa. L'elemento che rende questo metodo così popolare è la sua semplicità. In effetti gli input che si inseriscono nel modello sono osservabili dal contratto oppure dal mercato. L'unica eccezione è forse la volatilità ma esistono una moltitudine di strumenti e metodi per stimarla, sia dai dati storici che dai prezzi delle opzioni. Quello che il modello spiega, generalizzando, è che il prezzo di un'opzione si può calcolare tenendo conto di diversi fattori: prezzo corrente dell'asset sottostante (energy commodity), prezzo di esercizio dell'opzione, il tempo rimanente fino alla scadenza dell'opzione (T-t), la volatilità dell'asset e il tasso di interesse privo di rischio. Come è stato accennato prima alcune delle assunzioni del modello sono state poi allentate in seguito. Merton ha infatti esteso il modello, anche considerando tassi di interessi non costanti. Inoltre, è stato mostrato come il modello possa tener conto anche dei dividendi, in particolare considerando asset che pagano dividendi costanti proporzionali. Per fare ciò non si fa altro che ridurre il tasso di crescita atteso dell'asset dell'importo del rendimento del dividendo. Se si chiama δ il tasso del dividendo, che rappresenta un tasso costante durante tutta la vita dell'opzione, la (3.7) diventerà:

$$C(t) = Se^{-\delta(T-t)}N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (3.10)$$

Con questo aggiustamento sarà possibile valutare anche opzioni di valute straniere e oppure opzioni su ampi indici azionari.

Il modello non è però perfetto, ma anzi presenta diverse criticità che possono limitarne la validità. Le maggiori critiche che vengono mosse sono ovviamente relazionate alle assunzioni discusse in precedenza. In effetti, se si osservano i prezzi effettivi delle opzioni nel mercato, difficilmente essi coincidono con quelli che sono i

¹⁰⁷ <https://www.borsaitaliana.it>

prezzi che stima il modello. Di seguito si elencano quali sono le maggiori problematiche che hanno a che vedere con il modello:

1. Volatilità costante: Si assume che la volatilità rimanga costante per tutta la durata del contratto ma nella realtà quest'ipotesi è alquanto irrealistica. Nella stragrande maggioranza dei casi la volatilità di un qualunque titolo varia ampiamente e, spesso, essa sembra essere in qualche modo collegata ai cambiamenti di prezzo. Nella prassi, infatti, la volatilità è minore quando il prezzo aumenta ed è invece maggiore quando il prezzo diminuisce. Proprio per questo motivo, dato che il prezzo di un qualunque titolo cambia, lo stesso si presume faccia la volatilità. Questo poi ancora di più nei mercati energetici, che sono caratterizzati da periodi in cui un'alta volatilità si alterna a una molto più bassa. Detto ciò, si capisce come dei cambiamenti nella volatilità non faranno altro che aumentare il valore delle opzioni, le quali si troveranno in un ambito di ancora maggiore incertezza.
2. Costi di transazione e tasse: Nonostante si sia supposto che queste non ci siano, nella realtà queste ci sono e influenzano il valore delle opzioni
3. Dividendi: Nel mercato hanno un ruolo importante e influenzano certamente il prezzo delle opzioni. Per essere più precisi, rendono minore il valore delle opzioni call e maggiore quello delle opzioni put.
4. Trading continuo: Non è detto che lo scambio di titoli sia continuo, ma anzi si veda il caso di fusioni, acquisizioni e simili in cui i valori di mercato spesso cambiano. In effetti, anche solo l'aspettativa e la probabilità di una fusione, ad esempio, modificherà il prezzo di un'opzione.
5. Tasso di interesse: Anche il tasso di interesse varia nel tempo. C'è però da dire che quest'ultimo, a differenza della volatilità, la quale può essere soltanto stimata, può essere osservato direttamente ed è quindi più facile tenerne conto
6. Moto browniano: Non è detto che i prezzi dei titoli seguano un moto browniano e che i rendimenti sui prezzi siano distribuiti normalmente. Questo è vero se si segue la teoria *random walk*¹⁰⁸, la quale asserisce che i prezzi si muovano casualmente. C'è però da dire che ci sono alcuni eventi che influiscono sui prezzi in maniera prevedibile ed è quindi scorretto che il movimento dei prezzi sia solo frutto di movimenti casuali.

Ci sono invece problematiche che sovengono quando si applica tale modello ai mercati energetici, per valutare opzioni o derivati legati ad energy commodities. Se ne elencano quelle maggiori:

1. Replicazione imperfetta: Il modello è basato sull'ipotesi che sia possibile replicare perfettamente le opzioni con continui scambi dell'attività sottostante. Tuttavia, nei mercati energetici non è così facile scambiare continuamente l'attività sottostante e perciò quest'ipotesi potrebbe venir meno.
2. Moto Browniano Geometrico: Nel modello i prezzi seguono un moto browniano geometrico con drift e volatilità costanti. C'è però da evidenziare che, anche in luce di quanto esposto nei precedenti capitoli, nei mercati energetici la volatilità è estremamente variabile anche tenendo conto della ciclicità, stagionalità e delle tendenze che i prezzi delle energy commodities spesso mostrano.

¹⁰⁸ The application of continuous-time random walks in finance and economics – Enrico Scalas

3. Rendimenti non normali: Il modello BSM assume che i rendimenti si distribuiscano normalmente ma nei mercati energetici è talvolta possibile che i rendimenti seguano una distribuzione non normale. Non sono rari, infatti, i casi in cui ci siano asimmetria e curtosi che possono senz'altro influenzare la valutazione delle opzioni.
4. Dividendi e costi di stoccaggio: Per quanto riguarda i dividendi, si è già visto come il modello sia stato esteso per adattarsi anche a questi. Ma i costi di stoccaggio sono un ulteriore elemento che potrebbe però gravare sui prezzi delle opzioni.
5. Opzioni americane: Il modello è stato pensato principalmente per la valutazione di opzioni europee. Nel mercato energetico, però, molte delle opzioni scambiate sono americane e perciò il metodo BSM non risulta adeguato.

C'è però da dire che, nonostante tutte queste criticità, il modello BSM è comunque utilizzato per valutare opzioni e derivati energetici, anche se viene visto come un punto di partenza o un benchmark, dato che vengono nella prassi impiegati modelli più avanzati che tengono conto di tutte le caratteristiche specifiche dei mercati energetici.

3.1.2 Modello Binomial Tree

Il modello Binomial Tree è un modello molto popolare per la valutazione delle opzioni. Se paragonato ad altri modelli, come ad esempio il Black Scholes, è molto più semplice in termini di calcoli matematici e facilità di utilizzo. Di base esso valuta quanto debba valere effettivamente il diritto di acquistare o vendere una determinata quantità a una data predeterminata. Secondo questo modello, infatti, il valore attuale di un'opzione non è altro che uguale alla probabilità ponderata dei futuri payoff dell'opzione. Il concetto alla base è molto semplice. Chiunque voglia acquistare un titolo ne conosce il prezzo attuale ma non, ovviamente, i prezzi futuri. Si proverà quindi ad indovinare il prezzo futuro, che potrà essere maggiore o minore di quello presente. Di conseguenza si divide il tempo che manca alla scadenza dell'opzione in due uguali sottoperiodi. Si rifaccia lo stesso per ogni periodo, facendo in modo di considerare la possibilità che il prezzo salga oppure che esso scenda, tenendo conto delle rispettive probabilità. Ecco che in questo modo si verrà a creare una distribuzione binomiale dei possibili prezzi futuri del titolo. Il modello ovviamente implica che non ci sia alcuna opportunità di arbitraggio, dato che ciò fa in modo che il valore del titolo rimanga lo stesso e che così il modello possa funzionare. Nonostante il modello risulti molto semplice dal punto di vista matematico, i risultati che può fornire possono essere particolarmente accurati e soddisfacenti.

Nell'utilizzare questo modello, si deve essere certi che ci siano delle assunzioni di base, le quali sono tuttavia anche delle limitazioni. Queste sono:

1. In ogni intervallo di tempo, il prezzo può assumere solo due nuovi valori, uno più alto e uno più basso del precedente¹⁰⁹.
2. Il titolo sottostante non paga dividendi.

¹⁰⁹ Ecco perché è detto binomiale

3. Il tasso di interesse è costante lungo tutto il periodo.
4. Nel mercato non ci sono costi di transazione né tasse.
5. Gli investitori sono *risk-neutral*, ossia indifferenti al rischio
6. Il tasso privo di rischio è costante

Nello spiegare il modello, si può partire con la semplicistica ipotesi di un modello ad uno stadio, per poi arrivare a generalizzare ed a spiegare il modello multiperiodale.

Poste le ipotesi descritte in precedenza, si parta dal considerare un esempio¹¹⁰: un'azione ha un prezzo iniziale di $S_0 = 20\text{€}$ e al tempo $T=3$ mesi¹¹¹ potrà avere un prezzo pari a $S_T = 22\text{€}$ oppure $S_T = 18\text{€}$. Potrà quindi valere di più o di meno rispetto al prezzo iniziale. Si supponga di voler valutare un'opzione call europea per l'acquisto dell'opzione al prezzo di esercizio $K=21\text{€}$ alla scadenza T . Al periodo T quindi quest'opzione avrà un valore $f_c = S_T - K$, e quindi il valore sarà $f_c = 1\text{€}$ se $S_T = 22\text{€}$ oppure $f_c = 0\text{€}$ se $S_T = 18\text{€}$. Questo è facilmente spiegabile se si ricorda in cosa consiste un'opzione call, ossia nel diritto di acquistare un'azione¹¹² a un prezzo predeterminata a una data futura. Se l'azione al tempo T avrà un valore di 22€ , si arriverà a pagare fino ad 1€ per il diritto di acquistarla a 21€ e perciò il diritto di opzione avrà un valore di 1€ . Viceversa, se l'azione vale meno di 21€ non ci sarà nessun'utilità nell'acquistare il diritto di opzione e perciò esso non avrà valore. Si costruisca un portafoglio che consista in una posizione lunga su Q azioni e una corta su una call. Per determinare quale Q (numero di azioni) rende il portafoglio privo di rischio ci basta rendere uguale il valore del portafoglio sia nel caso in cui $S_T = 22\text{€}$, e il valore del portafoglio è $V_p = (22Q - 1)\text{€}$, sia nel caso in cui $S_T = 18\text{€}$, nel quale il valore del portafoglio è $V_p = 18Q\text{€}$. Unendo le due equazioni, per far sì che il valore sia lo stesso, ne risulta che $Q=0,25$ e perciò, sostituendo, il valore del portafoglio è: $V_p = (22 * 0,25 - 1)\text{€} = 4,5\text{€}$, indipendentemente dal fatto che il prezzo salga o scenda. Quindi il portafoglio privo di rischio sarà formato da $0,25$ azioni e l'opzione. Dal momento che per ipotesi non ci sono opportunità di arbitraggio, il tasso di rendimento di questo portafoglio non rischioso deve essere uguale al tasso di interesse privo di rischio. Se, ad esempio il tasso privo di rischio pari a 12% annuo, il valore attuale del portafoglio sarà uguale al valore al valore futuro attualizzato, tenendo conto di un tasso annuo e un periodo di 3 mesi: $4,5 \times e^{-0,12(0,25)} = 4,367\text{€}$. Se il valore corrente dell'azione è $S_0 = 20\text{€}$, il valore del portafoglio, per come è composto¹¹³ è: $20(0,25) - f_0$ e perciò $5 - f_0$, dove f_0 è il prezzo corrente dell'opzione (in assenza di arbitraggio). Quindi, se il valore del portafoglio (attualizzato) è uguale a $V_p = 4,367\text{€}$, allora: $5 - f_0 = 4,367\text{€}$, da cui $f_0=0,633\text{€}$. Ecco che se $f_0 \neq 0,633\text{€}$ ci sarebbero delle opportunità di arbitraggio. Proprio per evitare che sorgano opportunità di arbitraggio, mediante un esempio si è determinato il prezzo dell'opzione. Generalizzando è possibile dire che l'opzione scada a un tempo $T>0$ e che il prezzo dell'azione possa salire a $S_T = uS_0$ oppure scendere a $S_T = dS_0$ con $u>1$, $d<1$ con rispettivamente probabilità q e $1-q$ ¹¹⁴. Di conseguenza u sarà il

¹¹⁰Hull J.C – Options, Futures and Other Derivatives

¹¹¹ Un tempo futuro rispetto al tempo corrente

¹¹² In realtà si parla di un qualunque sottostante, ma in questo caso ci si riferisce a un'azione per semplicità

¹¹³ $0,25$ azioni e 1 posizione short su un'opzione

¹¹⁴ $0<q<1$

moltiplicatore di crescita e d il moltiplicatore di decrescita. Si chiami poi f_u il valore finale dell'opzione se il prezzo dell'azione sale e f_d se invece il prezzo scende. Se non ci sono opportunità di arbitraggio:

$$u > 1 + r^{115} > d \quad (3.11)$$

Se infatti, ad esempio, d fosse maggiore di $(1+r)$ allora si potrebbe sempre chiedere un prestito per guadagnare in qualunque caso più di quanto si dovrebbe restituire. Si consideri ora per semplicità un'opzione *call* di tipo europeo, che scade alla fine di T e ha un prezzo di esercizio K . Alla scadenza, l'opzione può assumere due possibili valori:

$$f_{u,c} = \max(0, uS_0 - K) \text{ con probabilità } q \quad (3.12)$$

$$f_{d,c} = \max(0, dS_0 - K) \text{ con probabilità } 1 - q \quad (3.13)$$

Tenendo a mente del valore Q , che sarebbe il numero di azioni sottostanti, si eguagli il valore del portafoglio nel caso il prezzo salga e il valore dello stesso nel caso il prezzo scenda:

$$S_0 u Q - f_u = S_0 d Q - f_d \quad (3.14)$$

Quindi si troverà che:

$$Q = \frac{f_u - f_d}{S_0 u - S_0 d} \quad (3.15)$$

e il portafoglio sarà così privo di rischio, dato che il suo valore sarà lo stesso sia in caso di alzamento dei prezzi che nel caso opposto. Per questo renderà il tasso privo di rischio e attualizzando si avrà che il valore attuale (presente) del portafoglio è uguale a:

$$(S_0 u Q - f_u) e^{-rT} \quad (3.16)$$

Se il costo per costruire il portafoglio è $S_0 Q - f$, e se si uniscono la (3.15) e la (3.14) semplificando si arriverà a:

$$f_0 = \frac{f_u(1 - de^{-rT}) + f_d(ue^{-rT} - 1)}{u - d} \quad (3.17)$$

Nonostante quest'ultima formula risulti complessa, è possibile subito notare un'importante proprietà del modello binomiale. In effetti il valore corrente dell'opzione non dipende in nessun modo dalle probabilità q e $1-q$. Ciò implica che il valore corrente dell'opzione f_0 rimanga lo stesso, sia in caso la probabilità di diminuzione del prezzo (del sottostante) sia alta, sia che essa sia bassa. Il portafoglio di copertura, in questi termini, non è legato alla propensione al rischio oppure alle aspettative degli operatori di mercato, ma esso è influenzato solamente dall'ipotesi che non persistano opportunità di arbitraggio.

Nella pratica computazionale però si parte da un'ipotesi di neutralità al rischio, con le probabilità neutrali al rischio p e $1-p$, dove la prima indica la probabilità che il prezzo cresca e la seconda indica la probabilità che invece scende. Per determinare queste probabilità bisogna eguagliare il valore atteso in T dell'azione sottostante al montante ottenuto investendo il prezzo dell'azione al tasso privo di rischio. Questo equivale a:

$$E(S_T) = p u S_0 + (1 - p) d S_0 = e^{rT} S_0 \quad (3.18)$$

¹¹⁵ Tasso di interesse privo di rischio

¹¹⁶ Si utilizza up , ma si sarebbe potuto utilizzare anche $down$ dato che il valore è lo stesso

Ricordando che il valore atteso è dato dai valori in caso il prezzo salga o scenda (uS_0 e dS_0) e ponderati per le rispettive probabilità (p e $1-p$). Semplificando, si otterrà perciò che:

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (3.19)$$

$$(1 - p) = \frac{u - e^{rT}}{u - d} \quad (3.20)$$

e per la (3.11) le probabilità neutrali al rischio saranno positive. Ecco che quindi, tenendo conto delle probabilità neutrali al rischio:

$$f_0 = e^{-rT} [pf_{u,c} + (1 - p)f_{d,c}] \quad (3.21)$$

Questa formula facilita di molto il problema. In effetti è qui spiegato che il prezzo corrente dell'opzione si può ottenere facilmente attualizzando il valore atteso del payoff alla scadenza tenendo conto delle probabilità neutrali al rischio piuttosto che delle effettive probabilità (1 e $1-q$).

Si può ora estendere il modello, considerando due diverse fasi (sottoperiodi). Si divida perciò l'intervallo di tempo tra il momento in cui viene valutata l'opzione e la sua scadenza in due uguali sottoperiodi. In ciascuno dei due sottoperiodi, il prezzo del sottostante può crescere di un fattore u o diminuire di un fattore d . Se si prende in esame l'intervallo di tempo $[0, T]$, dividendolo in due sottoperiodi si avranno due intervalli dall'ampiezza $T/2$. Si utilizzi S_1 per indicare il prezzo dell'azione nel primo periodo e S_2 per il prezzo dell'azione nel secondo periodo. Alla scadenza T , il prezzo finale del bene sottostante S_2 potrà assumere uno tra i tre seguenti valori:

$$u \times (uS_0) = u^2S_0 \quad \text{con probabilità } q^2 \quad (3.22)$$

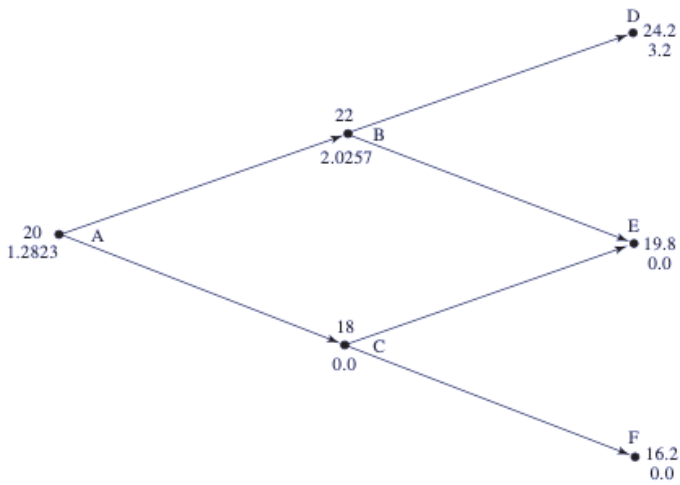
$$u \times (dS_0) = d(uS_0) = udS_0 \quad \text{con probabilità } 2 \times q(1 - q) \quad (3.23)$$

$$d \times (dS_0) = d^2S_0 \quad \text{con probabilità } (1 - q)^2 \quad (3.24)$$

L'opzione avrà quindi il payoff iniziale f_0 , i payoff alla fine del primo sottoperiodo f_u, f_d e i payoff alla fine del secondo periodo f_{uu}, f_{ud}, f_{dd} . La valutazione sarà effettuata procedendo a ritroso, partendo dai valori finali dell'opzione per poi arrivare a quello iniziale¹¹⁷.

Si consideri perciò prima un esempio per poi generalizzare la regola, partendo dalla seguente figura:

¹¹⁷ Mario Onorato, Gli strumenti derivati. Modelli e strategie di gestione



118

Figura 7 - Prezzo di un'opzione e del sottostante in un albero binomiale (esempio)

L'obiettivo è quello di calcolare il valore dell'opzione al nodo iniziale e ciò lo si può fare applicando tutti quanti i principi visti in precedenza. Si deduce dalla figura che $u = 1.1$, $d = 0.9$, $r = 0.12$. Si consideri inoltre un periodo di 6 mesi, diviso in due sottoperiodi di 3 mesi ed un prezzo di esercizio pari a 21. I prezzi delle opzioni nei nodi finali (D, E, F) sono facilmente calcolabili, dal momento che, dato il prezzo di esercizio, è facilmente calcolabile quanto convenga acquistare il diritto di opzione per ogni diverso prezzo finale. Nei nodi E ed F, ad esempio, il prezzo del titolo è minore del prezzo di esercizio e quindi l'opzione non è utile. Visto che nei nodi E ed F, il valore dell'opzione è 0, anche nel nodo C esso sarà 0, dato che quest'ultimo porta a due scenari in cui l'opzione non avrà valore. Bisogna perciò calcolare il valore dell'opzione nel nodo B, applicando la formula vista per il modello uniperiodale. In primo luogo, si calcoli p , che è uguale a 0.6523 e di conseguenza $1 - p = 0.3477$. Ora si attualizzi il valore atteso del payoff: $e^{-0.12 \times \frac{3}{12}}(0.6523 \times 3.2 + 0.3477 \times 0) = 2.0257$. Rifacendo lo stesso, si calcoli il valore nel nodo A: $e^{-0.12 \times \frac{3}{12}}(0.6523 \times 2.0257 + 0.3477 \times 0) = 1.2823$. Questo valore sarà quindi il valore dell'opzione. Ora è possibile generalizzare quanto detto, tenendo conto delle formule descritte prime e dell'esempio visto. Applicando il procedimento visto nell'esempio ai payoff f_{uu} , f_{ud} , f_{dd} , si ottiene:

$$f_u = e^{-rQT}[pf_{uu} + (1 - p)f_{ud}] \quad (3.25)$$

$$f_d = e^{-rQT}[pf_{ud} + (1 - p)f_{dd}] \quad (3.26)$$

Sostituendo alla (3.21) si avrà infine che:

$$f_0 = e^{-rQT}[p^2 f_{uu} + 2p(1 - p)f_{ud} + (1 - p)^2 f_{dd}] \quad (3.27)$$

Ecco che questa formula è perfettamente coerente con quanto visto in precedenza, dato che il prezzo corrente dell'opzione è uguale al valore atteso dei payoff nei nodi finali, attualizzato al tasso di interesse privo di rischio, considerando la neutralità al rischio¹¹⁹.

Visti tutti gli elementi che compongono questo modello, è possibile dedurre che anch'esso non può che andare incontro a limitazioni e criticità. Alcune di esse sono:

¹¹⁸ Fonte: Hull J.C – Options, Futures and Other Derivatives

¹¹⁹ Hull J.C – Options, Futures and Other Derivatives

1. Eccessiva semplificazione della realtà: È eccessivamente semplicistico supporre che il prezzo dell'attività sottostante si muova in sole due direzioni in ogni passaggio temporale. Nella realtà c'è molta più complessità che circonda il movimento dei prezzi
2. Distribuzione dei rendimenti: Come detto, il modello ipotizza una distribuzione dei rendimenti binomiali ma spesso nella realtà non è così. Si è già visto, ad esempio, la distribuzione lognormale, che potrebbe essere in molti casi più accurata e realistica.
3. Costo computazionale: Costruire e valutare un albero binomiale, soprattutto se di grandi dimensioni, potrebbe richiedere costi non indifferenti. In effetti, se si considerano lunghi intervalli di tempo, nel caso di opzioni a lunga durata, e se si aumenta il numero dei passaggi temporali, il modello diventa eccessivamente complesso. Questo anche al punto che diventi inefficiente e non fornisca quindi informazioni sufficientemente esatte.
4. Precisione: Il modello risulta maggiormente preciso se, ovviamente, si aumentano i passaggi temporali. Questo perché la distribuzione binomiale dei rendimenti risulta maggiormente corretta in intervalli di tempo sempre minori. Tutto ciò si riconduce però al punto 3, ossia all'aumento dei costi e dell'inefficienza

Visto quanto detto in precedenza, è possibile senz'altro dire che questo modello presenta sia punti di forza, che forti limitazioni. In effetti, i vantaggi non sono pochi. Innanzitutto, il modello è molto intuitivo e semplice da capire, almeno concettualmente. Oltre a questo, il modello è senz'altro molto flessibile, dato che può essere utilizzato, ad esempio, anche per le opzioni americane, a differenza del Black Scholes, che invece non era indicato per quest'ultime. È poi applicabile a molti tipi di opzioni, tra le quali opzioni su indici, tassi di interesse e materie prime. Inoltre, è più facilmente adattabile a diverse variabili quali dividendi oppure variazioni di tassi di interesse nel tempo. Gli svantaggi invece sono stati già visti e non sono trascurabili. In effetti questi sono purtroppo dovuti ad elementi intrinseci i quali sono alla base del modello e proprio per questo difficilmente sono eliminabili. Il modello, applicato al settore energetico, e più in particolare ai derivati energetici, può dover confrontarsi con diverse implicazioni. L'alta volatilità dei prezzi del settore energetico, ad esempio, potrebbe implicare l'utilizzo di un grandissimo numero di passaggi temporali, andando così a ledere l'efficienza del modello. Il modello poi potrebbe non tenere in considerazione elementi quali la stagionalità dei prezzi oppure l'alta correlazione che può esserci tra i diversi asset energetici.

3.1.3 Metodo Monte Carlo

Il metodo Monte Carlo comprende una serie di modelli che vengono utilizzati per analizzare problemi analiticamente complessi oppure che non sono risolvibili mediante soluzioni chiuse. Questo metodo risolve un determinato problema simulando più volte il processo che si trova alla base e analizzando poi il risultato medio di tutte le simulazioni. Nella pratica, si cercano di stimare tutte le variabili che generano incertezza per

poi avere dei valori plausibili che possano portare a una stima corretta di ciò che si vuole valutare. Nonostante ci siano tanti metodi Monte Carlo, essi hanno tutti la stessa struttura di base, che consiste nelle seguenti fasi¹²⁰:

1. Definizione del modello e di un dominio di input: All'inizio si deve stabilire quale sia il modello matematico adatto a descrivere il problema che si vuole analizzare. Tale modello comprende quindi una serie di variabili e di input, che andranno poi ad essere simulati.
2. Generazione di campioni casuali: Vengono generati dei campioni casuali per le variabili di input del modello, tenendo conto poi della distribuzione di probabilità di ogni variabile, la quale può essere conosciuta o stimata.
3. Eseguire un calcolo deterministico: Per ogni campione di input, si calcola l'output di interesse finale, utilizzando ovviamente il modello scelto.
4. Risultati finali: Dopo aver stimato diversi valori di output, si analizzano i risultati per ottenere informazioni riguardo la variabile di interesse. Uno degli esempi più classici è il calcolo della media o della varianza.

Quando si devono valutare i derivati e le variabili in gioco sono molte, non è più possibile utilizzare un'equazione del tipo Black-Scholes o binomiale dato che il processo diventerebbe troppo lungo e complesso. In questi casi, la soluzione Monte Carlo è la migliore e la più semplice da applicare.

Da tutto ciò che si è detto si deduce come il modello diventi sempre più efficiente all'aumentare del numero dei campioni utilizzati nella simulazione. Questo metodo sfrutta infatti un importante teorema che è il Teorema del Limite Centrale, il quale assume che "la somma di un gran numero di variabili aleatorie indipendenti e dotate della stessa distribuzione è approssimativamente normale". Quindi quando aumenta il numero di osservazioni, la media converge al valore esatto.

Ora si può entrare più nello specifico per capire come funziona effettivamente il modello. Si ponga il caso di voler calcolare il valore atteso di una funzione G nell'intervallo $[0; 1]$. Per fare ciò bisogna calcolare un integrale, ossia:

$$\alpha = \int_0^1 G(x)dx \quad (3.28)$$

Con la simulazione Monte Carlo è possibile arrivare ad una stima del parametro che si vuole ottenere, in questo caso tramite uno stimatore fatto dalla media aritmetica campionaria:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G(U_i) \quad (3.29)$$

dove $\hat{\alpha}$ è il parametro stimato e U_i non altro è che l' i -esimo campione (estrazioni casuali). Se n aumenta, e quindi il numero delle estrazioni, la stima sarà sempre più precisa, tanto che il valore stimato tenderà sempre più a coincidere con quello teorico (coinciderà con probabilità sempre più alta). Ragionamento simile si

¹²⁰ Wikipedia.com

applica per il calcolo di uno stimatore della varianza σ_g^2 , per il quale viene stimato lo scarto quadratico medio dalla stima $\hat{\alpha}$:

$$\hat{S}_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (G(U_i) - \hat{\alpha})^2} \quad (3.30)$$

Mediante l'utilizzo di questi stimatori si può così costruire un intervallo di confidenza, tenendo anche conto che per il Teorema del Limite Centrale l'errore $\alpha - \hat{\alpha}$ segue una distribuzione normale. Infatti, data la variabile standardizzata $Z = \frac{\alpha - \hat{\alpha}}{\sigma_g/\sqrt{n}}$, si chiami δ il livello di confidenza, si avrà che:

$$P\left(\hat{\alpha} - z_{\delta} \frac{\hat{S}_g}{\sqrt{n}} \leq \alpha \leq \hat{\alpha} + z_{\delta} \frac{\hat{S}_g}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \delta \quad (3.31)$$

Dove si ricordi che \hat{S}_g è lo stimatore dello scarto quadratico medio. Ciò indica che il parametro α si trova nell'intervallo di confidenza $[\hat{\alpha} - z_{\delta} \frac{\hat{S}_g}{\sqrt{n}}; \hat{\alpha} + z_{\delta} \frac{\hat{S}_g}{\sqrt{n}}]$ con probabilità $1 - \delta$. Se si volesse restringere l'intervallo di confidenza lasciando inalterato δ , ottenendo così una stima più precisa, si sarebbero dovute adottare una delle seguenti soluzioni:

- Aumentare il numero di simulazioni n
- Ridurre la varianza della stima

Per migliorare l'affidabilità del modello serve perciò o aumentare n oppure ridurre la varianza. La prima soluzione però può risultare eccessivamente dispendiosa. Questo anche perché si stima che quadruplicando il numero di simulazioni, l'errore si dimezza approssimativamente. Ad essere molto più considerata è invece la seconda soluzione. Ci sono delle tecniche di riduzione della varianza¹²¹, le quali riducono appunto l'errore di approssimazione, senza che sia necessario un numero maggiore di campioni. Le più utilizzate sono:

- **Tecnica delle variabili antitetiche:** In questo caso il numero dei valori da generare non aumenta ma vengono considerati sia i valori originari che il loro opposto (gli stesso valori hanno sia segno positivo che negativo). In effetti è come se si combinassero due diversi stimatori. Nonostante le distribuzioni dovrebbero essere indipendenti, non si può dire che queste lo siano, anche perché la seconda è funzione della prima, e per questo ci sarebbe il rischio di falsare i risultati. Matematicamente, la stima è data da:

$$\hat{E}[g(x)] = \frac{1}{2} \times (\hat{E}[g(x)] + \hat{E}[g(-x)]) \quad (3.32)$$

dove $g(x)$ è il payoff dell'opzione. C'è da dire che la varianza viene ridotta solamente se c'è correlazione negativa tra gli stimatori e la riduzione aumenterà all'aumentare della correlazione in valore assoluto.

- **Tecnica delle variabili di controllo:** Questa tecnica prende in considerazione una variabile che varia assieme a quella da stimare. Spesso questo metodo viene utilizzato quando ci sono strumenti che dipendono da molti parametri simili. Si pensi, ad esempio, al caso in cui si voglia valutare un'opzione

¹²¹ https://www.performancetrading.it/Documents/Monte/Mte_Riduzione.htm

e ci si basi su un'altra opzione con stessa scadenza, rischiosità, duration etc... Il metodo Monte Carlo in questo caso calcolerà la differenza di valore tra la variabile obiettivo e quella di controllo. Inutile dire che la variabile di controllo deve essere scelta tenendo conto dell'obiettivo finale di ridurre la varianza. Inoltre, deve essere possibile calcolare la sua distribuzione con certezza.

- **Tecnica del campionamento stratificato:** Questo metodo è semplice ma anche molto utilizzato dato che permette di fare delle stime anche con pochi campioni. Prima si definisce l'intervallo di variazione della variabile e poi lo si divide in n sotto-intervalli equiprobabili, e la simulazione sarà più efficace quanto maggiore sarà il numero degli intervalli. Si estrae casualmente un insieme di osservazioni per ogni intervallo e si effettuano m simulazioni per ogni intervallo, fintanto il numero delle simulazioni totali N , sarà uguale a: $N = m \times n$. Il risultato raggiunge la massima efficienza quando il numero degli intervalli n è uguale al numero delle simulazioni N .
- **Tecnica del campionamento Latin Hypercube:** Se ci rifà a quanto detto prima, questa metodologia non fa altro che estendere la tecnica del campione stratificato al caso d -dimensionale. Similmente a quanto prima vista, si creano dei sotto-intervalli dell'insieme di valori che la variabile può assumere. Dopo aver definito n sottoinsiemi però si definiscono d dimensioni e si creano così n^d ipercubi. Si capisce così che il numero di ipercubi diventa esponenzialmente grande, e si potrebbe venir a creare un problema di complessità computazionale. Oltre a questo, potrebbe venire a crearsi anche un problema di dipendenza tra gli elementi scelti.
- **Tecnica del campionamento degenerare:** Questa tecnica è una delle più efficienti nonché una delle più utilizzate. Infatti, come la tecnica del campionamento stratificato, rappresenta in maniera efficiente l'insieme dei valori che la variabile casuale può assumere. È un metodo deterministico, questo perché l'insieme viene ripartito in un numero predeterminato di intervalli ai quali si associa un numero rappresentativo. A differenza dei metodi visti prima però non si estraggono dei campioni bensì si sceglie un valore rappresentativo di ogni sottoinsieme. Il valore rappresentativo si può scegliere in base a diversi criteri. Spesso si sceglie in base alla densità e quindi si fa una media ponderata dei valori dell'intervallo soppesandoli in base alla loro densità. Tuttavia, si può scegliere la media aritmetica dei valori o anche un valore estremo (superiore o inferiore)
- **Tecnica del matching tra momenti:** Sulle righe della tecnica delle variabili antitetiche, anche in questo caso c'è un processo di modifica dei campioni da utilizzare. La trasformazione consiste nel far sì che i parametri (momenti) della distribuzione teorica si avvicinino il più possibile a quelli di una distribuzione reale (matching), e ovviamente ci si concentra su media e varianza in primis. Alla fine, si calcola la funzione $g(x)$ sulle n osservazioni modificate e se ne estrae il valore medio.

Si è perciò visto come tutte queste tecniche¹²² permettano di utilizzare al meglio questo metodo e sopperire, almeno in parte, alle limitazioni cui è soggetto.

Per tutti gli elementi che lo compongono, il metodo Monte Carlo può essere ritenuto molto efficace, soprattutto se paragonato ad altri metodi, per la valutazione di opzioni complesse e derivati che hanno caratteristiche non lineari. Presenta inoltre una serie di punti di forza, che lo rendono particolarmente utile e popolare tra gli attori presenti sul mercato. In primo luogo, si vede come sia massimamente flessibile, dato che è possibile applicarlo a una moltitudine di strumenti finanziari, i quali, per le loro caratteristiche, non potrebbero mai essere valutati con altri metodi. Inoltre, posto il fatto che si serve di una serie di strumenti propri della statistica, è un modello semplice da implementare dato che si basa sul concetto di simulazione, il quale è tutt'altro che complesso. Il fatto poi che vengano effettuate un gran numero di simulazioni porta senz'altro a un'alta probabilità di convergenza a quelli che sono i valori esatti, anche tenendo conto delle diverse tecniche che si utilizzano per ridurre l'ambito di incertezza. C'è però da dire che, d'altra parte, per trarne utilità bisogna effettuare un gran numero di simulazioni e quindi si potrebbe dover affrontare un ingente costo computazionale. Inoltre, è determinata la scelta del metodo di campionamento che, se non adatta, potrebbe portare a risultati quanto mai distanti dalla realtà. Paradossalmente, è un metodo controindicato per valutare strumenti semplici, come ad esempio opzioni europee, ma assolutamente consigliato per strumenti molto più complessi, quali opzioni esotiche.

L'utilizzo di questo modello per valutare i derivati energetici potrebbe costituire un buon compromesso che tenga conto di tutti quanti i fattori tipici di questa categoria di strumenti. Di base, gli strumenti derivati legati all'energia possono essere molto complessi e nel merito questo modello risulta essere molto appropriato, in quanto gli altri modelli visti non sono particolarmente adatti per strumenti così complessi e che per giunta sono influenzati da numerosissime variabili diverse. Addirittura, questo modello potrebbe permettere di gestire la volatilità legata al settore energetico, simulando una serie di scenari plausibili futuri. Inoltre, si può calcolare e gestire il rischio associato ai derivati energetici. Spesso, infatti, questo modello viene utilizzato per calcolare il VaR (Value at Risk), al fine di meglio supportare le strategie di copertura o speculative di chiunque si serva di derivati energetici.

3.2 Applicazione dei modelli nella valutazione dei derivati elettrici

Si è già detto come gran parte del risultato che si ottiene nel valutare un derivato dipenda dall'applicare un determinato modello all'asset sottostante. Il mercato elettrico non fa eccezione e quindi l'iter per valutare un derivato elettrico è pressoché lo stesso. Per valutare un derivato elettrico si deve monitorare e utilizzare al meglio il sottostante, ossia il prezzo spot dell'elettricità. Vista l'importanza che l'elettricità riveste come commodity sono stati moltissimi i metodi creati per cercare di valutarne i prezzi, e di base le tecniche si

¹²² ACWORTH P., BROADIE M., GLASSERMAN P., A Comparison of Some Monte Carlo and Quasi Monte Carlo Technique for Option Pricing in "MC and QMC Methods 1996", NIEDERREITER H., HELLEKALEK P., LARCHER G., ZINTERHOF P., Springer-Verlag, New York, 1998.

dividono in due grandi famiglie: approcci statistici, che danno vita a modelli statistici; approcci fondamentali, i quali danno vita ai modelli fondamentali. I modelli statistici sono basati su una serie di parametri e variabili che descrivono i movimenti e le caratteristiche peculiari dei prezzi spot elettrici. Quelli fondamentali, invece, fanno leva sull'equilibrio competitivo dei mercati. Da ciò ne consegue che gli approcci di tipo statistico cercano di descrivere i prezzi in maniera più diretta. Difatti, i parametri utilizzati vengono stimati, mediante metodologie statistiche, dalle cosiddette serie storiche che sono facilmente osservabili nel mercato. In effetti, per il mercato elettrico i modelli utilizzati sono stati moltissimi. Un esempio è il modello utilizzato per valutare le opzioni e i future asiatiche¹²³, che fa leva su un parametro che misura il rischio implicito nel mercato elettrico¹²⁴. Altri studiosi hanno invece supposto che anche i prezzi spot dell'elettricità seguissero un moto geometrico browniano¹²⁵, e altri ancora invece hanno superato questa assunzione, asserendo che tali prezzi seguissero un *Jump-Diffusion* model¹²⁶. Nei modelli fondamentali invece i prezzi dell'elettricità sono formati dalle aspettative sui costi di produzione e dalle aspettative di consumo elettrico¹²⁷, e calcolando da questi il prezzo di equilibrio teorico del mercato. Ovviamente per stimare e prevedere con correttezza questi elementi è necessaria un'enorme mole di dati, i quali necessitano anche di essere costantemente aggiornati. Per il seguente paragrafo si utilizzerà il modello geometrico standard, al fine di applicare il Black-Scholes ai derivati elettrici.

3.2.1 Applicazione del modello Black-Scholes ai derivati elettrici

Ci si è già soffermati sul descrivere il funzionamento del mercato elettrico. Esso si divide in tre segmenti verticali: produzione, trasmissione e distribuzione. In un mercato elettrico non regolamentato è ovviamente necessario gestire i rischi in tutti e tre gli stadi, caratterizzati ognuno dalle proprie regole e le proprie fonti di rischio. Nella produzione di energia, i produttori devono tener conto sia della capienza che del recupero dei costi. Si tenga a mente che quando si parla di produttori in questo caso ci si riferisce agli IPP ossia Independent power producer, i quali non svolgono una funzione di pubblica utilità, ma generano e vendono elettricità al fine di ricavarne un profitto. Un produttore ha l'obbligo di consegnare un determinato quantitativo di elettricità per adempiere agli obblighi contrattuali nei confronti dei propri consumatori. C'è però da dire che non c'è un produttore grande abbastanza da poter influenzare il prezzo dell'elettricità e per questa ragione i produttori sono *price takers*. Dal momento che i prezzi sono fissati, la grande volatilità dei prezzi dell'elettricità pone in essere una grossa minaccia per questi operatori. Per far fronte a questo tipo di problema ci sono una serie di strumenti, tra i quali le *spark spread derivatives*, pensati apposta per permettere ai produttori di coprirsi dalle fluttuazioni dei prezzi dell'elettricità. Lo *spark spread* è "la differenza tra il prezzo di mercato dell'elettricità e il suo costo di produzione mediante l'utilizzo di gas naturale"¹²⁸. I derivati sono delle cross-commodity options che restituiscono la differenza tra il prezzo dell'elettricità venduta dai produttori e il costo sostenuto

¹²³ Asian-style electricity options and futures

¹²⁴ Market price of risk implied by Asian-style electricity options and futures – Rafal Weron

¹²⁵ Electricity derivatives and risk management – S.J.Deng

¹²⁶ A Jump-Diffusion Model for Option Pricing – S.G.Kou

¹²⁷ Stochastic factor model for electricity spot price--the case of the Nordic market - Vehviläinen and Pyykkönen

¹²⁸ Investopedia.com

da questi per produrla¹²⁹. In effetti la principale commodity utilizzata per produrre elettricità è il petrolio e perciò ciò sarà implicito, tuttavia, il ragionamento può essere esteso anche ai casi in cui vengono utilizzate le altre *commodities*, e perciò si utilizzerà la parola combustibile per semplicità. La quantità di combustibile che un generatore (asset) impiega per produrre un'unità di elettricità dipende dall'*asset heat rate*¹³⁰. L'*asset heat rate* è il numero di *Btu* di carburante (esprese in milioni) richieste per generare un *MWh* di elettricità. Di conseguenza minore sarà questo tasso, più efficiente sarà l'asset di produzione. Lo *spark spread*, relativo a un particolare *heat rate*, è uguale al prezzo corrente dell'elettricità meno il prodotto tra *heat rate* e prezzo corrente del carburante. Perciò nel caso di un *heat rate* più basso, oppure di un prezzo del carburante più basso, oppure ancora di un prezzo dell'elettricità più alto, lo *spread* aumenterà. È chiaro che, soprattutto in un mercato non regolamentato, dove gli attori operano solamente se il profitto è positivo, tutti gli asset presenti avranno *spark spread* positivi. Visto quanto detto sopra, il costo per generare elettricità è uguale a $H \times P(\text{fuel})$, dove il primo termine indica l'*heat rate* e il secondo indica invece il prezzo del carburante. Ecco che si arriva alla conclusione che il costo per generare un megawatt ora di elettricità è finanziariamente sostenibile solo se è minore del prezzo di un megawatt ora. L'*heat rate* H è uguale a:

$$H = \frac{S_E}{S_G} \times 10^{-3} \text{MMBtu/MWh} \quad (3.33)$$

dove H è il numero di MMBtu necessario per generare un MWh di elettricità, S_E è il prezzo spot dell'elettricità per MWh e S_G è il prezzo spot del carburante per MMBtu. Chi detiene un'opzione europea call *spark spread* su un carburante G e a un *heat rate* fisso K_H (prezzo strike) ha il diritto di pagare alla scadenza K_H volte il prezzo del carburante G al tempo T (scadenza) e di ricevere il prezzo di un'unità di elettricità. Se S_E^T e S_G^T sono rispettivamente il prezzo dell'elettricità alla data T e il prezzo del carburante alla data T , il valore dell'opzione call alla data t sarà indicato con: $C_1(S_E^t, S_G^t, t)$, e il payoff dell'opzione che ha la scadenza in T sarà:

$$C_1(S_E^t, S_G^t, t) = \max(S_E^T - K_H \times S_G^T, 0) \quad (3.34)$$

È naturale che i produttori di energia acquisteranno delle opzioni put per ricevere $K_H \times S_G^T$ se $K_H \times S_G^T - S_E^T$ sarà negativo. D'altro canto, i produttori acquisteranno una call per ricevere il payoff $\max(S_E^T - K_H \times S_G^T, 0)$ se S_E^T sarà maggiore di $K_H \times S_G^T$.

Per quanto riguarda lo stadio della trasmissione invece è possibile dire che i costi e le limitazioni dello stesso sono diversi. Nel merito esistono delle opzioni sui *location spreads*, create apposta per coprirsi dalla differenza che c'è nei prezzi di diverse aree, essendo tali differenze causate da differenti costi di trasmissione e limitazioni di capacità. In realtà i costi di trasmissione sono in gran parte generati dalle cadute di tensione che si verificano quando si tramette l'elettricità. Queste cadute sono funzioni anche della distanza e perciò maggiore sarà la distanza di trasmissione, maggiori saranno i costi associati.

¹²⁹ Valuation of Spark-Spread options with mean reversion and Stochastic Volatility – K.M.Maribu

¹³⁰ Lacimagroup.com

3.3 Evidenze empiriche sul mercato europeo dei derivati energetici

Si è detto come i derivati energetici possano essere ottimi strumenti per gestire e ridurre i rischi ma, vedendo l'altra faccia della medaglia, potrebbero anche essere fonte di nuovi rischi. D'altra parte, però si noti come tali strumenti stiano divenendo sempre più popolari e, difatti, sempre più utilizzati. Nel mercato europeo dei derivati energetici, alla luce della recente crisi causata dall'invasione russa e alla luce dell'aumento di volatilità dei prezzi energetici, ci sono stati moltissimi sviluppi per quanto riguarda l'utilizzo dei derivati. In effetti, molti sono stati i cambiamenti e le strategie utilizzate dalle maggiori imprese che, secondo i dati raccolti, potrebbero aumentare di molto i rischi connessi alla stabilità finanziaria del mercato dei derivati energetici. È chiaro che, analizzando solamente i dati, non è possibile descrivere con assoluta certezza le cause che hanno generato determinati eventi, le motivazioni alla base di esse e le conseguenze delle stesse. Tuttavia, è ragionevole pensare che a determinate azioni corrispondano motivazioni e intenzioni razionali e logiche e che, tramite lo studio approfondito dei dati, è possibile, almeno in parte, capire quale sia la direzione del mercato e quindi intuirne gli sviluppi futuri, nonché metterne in luce le principali criticità.

L'obiettivo dei prossimi paragrafi è, nel conteso del mercato europeo dei derivati energetici, quello di analizzare delle evidenze empiriche riguardo questi strumenti per avere, da una parte, una prova del peso sempre maggiore che questi strumenti rivestono, mentre, dall'altra, una visione più completa sui rischi associati ai derivati energetici e sul loro ruolo nei mercati finanziari ed energetici.

3.3.1 Complessità ed esposizione al rischio nel mercato europeo dei derivati energetici

Facendo capo alla recente Financial Stability Review (FSR)¹³¹ risalente a novembre 2022, è possibile ricavare una serie di informazioni e dati statistici che mostrano quali siano tutte le criticità relative ai mercati dei derivati energetici e all'utilizzo di questi ultimi. Si sa che i derivati energetici non sono utilizzati tutti alla stessa maniera dalle imprese che operano nel settore energetico, ma vengono attuate diverse strategie che dipendono da una serie di fattori quali area di attività, modello di business e soprattutto esposizione al rischio.

Da marzo 2022 si è osservata un'impennata nei prezzi energetici, dati tutti quanti i fattori discussi in precedenza, e per questo le richieste di margine sono anch'esse aumentate, generando enormi rischi di liquidità per coloro che si servivano di tali strumenti. Questo perché le richieste di margine, se non soddisfatte, possono appunto generare rischi di liquidità. Ogni società è stata quindi portata a mettere in atto una serie di strategie per alleviare lo stress di liquidità e ciò ha provocato la nascita del rischio di un accumulo di rischio di credito per le controparti. Se i prezzi dovessero aumentare ulteriormente è chiaro che lo stress del mercato crescerebbe ancor di più e perciò i rischi sarebbero molti. In questo paragrafo si vogliono analizzare una serie di dati e informazioni per esporre i rischi effettivi legati al mercato dei derivati energetici, lo stress di liquidità che alcuni attori si trovano ad affrontare e infine come le vulnerabilità dei suddetti attori possano essere cause proprio di questi rischi. Dopo l'invasione Russa, i prezzi di tutte le commodities sono aumentati e, tra queste, l'energia è forse la commodity che ha subito un aumento maggiore dei prezzi. Ovviamente ogni diverso

¹³¹ Financial Stability Review, November 2022

prodotto energetico presenta delle diverse dinamiche di prezzo, ma si può sicuramente dire che la domanda anelastica e i vincoli posti sull'offerta a breve termine non fanno altro che contribuire all'enorme volatilità di tutti i prodotti energetici. Considerando anche il fatto che la produzione di energia è limitata alle infrastrutture già presenti, è difficile modificare il mix energetico in un lasso di tempo breve e per questo i prezzi risentono di ogni minimo evento. Nell'esempio preso in esame, ossia il recente caso Russia, è pacifico asserire che la maggior parte degli effetti sui prezzi siano stati causati dall'interruzione delle esportazioni di gas naturale russo e da ciò che ovviamente ne è conseguito. Si evince da quanto detto che l'estrema volatilità osservata nell'ultimo periodo ha posto l'accento sull'importanza dei derivati energetici come strumenti di copertura dei rischi nel settore energetico. Come già detto però, gli operatori di mercato, nel coprirsi utilizzando questi strumenti, sono esposti comunque a un rischio di credito e di liquidità.

I principali utilizzatori di derivati energetici sono ovviamente le società operanti nel settore energetico, le quali, nell'ultimo anno, sono addirittura aumentate. Le principali posizioni in essere sui derivati sono rappresentate dalle banche, dato anche e soprattutto il loro ruolo di intermediazione, ma anche dalle *non-financial corporations* (NFCs) che in realtà, se si guarda al valore netto e non lordo, sono i principali detentori di rischio del mercato dei derivati energetici. Tra il 2021 e il 2022 si contano 1700 imprese attive nel mercato dei derivati energetici e un quarto di esse opera nella catena di produzione dell'energia. Le altre invece operano in settori che hanno una stretta correlazione con quello energetico, come ad esempio il settore dei trasporti o l'industria manifatturiera. Solo nella prima metà del 2022, il numero di imprese è aumentato del 30%, e si stima che siano entrati molti nuovi operatori. Date quindi tutte le nuove posizioni aperte, sono nate delle preoccupazioni in merito alla stabilità finanziaria del mercato, tenendo anche conto che molto di queste posizioni sono prese da grandi società energetiche che utilizzano i derivati per coprirsi dal rischio di mercato. Tutte queste posizioni però potrebbero aumentare il rischio che il mercato funzioni in modo disordinato, dato che spesso, in mercati concentrati, pochi partecipanti sono capaci di influenzare i prezzi e i trend. Molti di questi rischi sono ovviamente mitigati da alcune pratiche di marginazione tipiche delle borse e da altri elementi. I derivati negoziati in borsa (ETDs¹³²) sono garantiti da clearing houses, le quali fungono da controparti (CCPs¹³³) limitando il rischio di inadempimento, dato che (in questo caso) coprono circa tre quarti del valore delle posizioni prese dagli attori in questo mercato. Oltre a questo, ci sono anche alte garanzie, costituite da margini versati dalle parti così da ridurre il rischio di controparte. Nei mercati OTC la situazione invece cambia, dato che le parti sono sicuramente soggette a requisiti meno rigorosi e perciò il rischio complessivo aumenta. In generale, i derivati energetici presentano margini elevati a garanzia dell'estrema volatilità del sottostante. I dati dimostrano chiaramente ciò: nonostante i derivati sulle commodity costituiscano "solamente" il 2% del valore lordo delle posizioni sul mercato dei derivati, essi costituiscono più del 20% della marginalità iniziale¹³⁴. Bisogna anche aggiungere che, nei periodi in cui i prezzi o la volatilità aumentano (e quindi spesso in questo mercato), gli operatori sono tenuti a versare margini aggiuntivi per

¹³² Exchange-traded derivatives

¹³³ Central clearing counterparties

¹³⁴ https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

mantenere aperte le proprie posizioni. Tra il 2021 e il 2022 a causa dell'elevata volatilità e dell'aumento dei prezzi delle commodity, i requisiti di margine iniziale sui portafogli con commodities sono aumentati. Inoltre, date le repentine fluttuazioni di valore dei portafogli contenenti derivati su commodities, ci sono stati periodi in cui sono stati richiesti alti margini di variazione e per questo alla fine del 2022 i margini totali (margini iniziali¹³⁵ e margini di variazione¹³⁶) erano a livelli da record¹³⁷. Dati questi numeri, le controparti, tra le quali le società energetiche maggiori, hanno ricevuto grandi pressioni per riuscire ad adempiere alle nuove richieste di margini, necessitando perciò di liquidità o di ulteriori garanzie per mantenere aperte le loro posizioni sui derivati energetici. Per riuscire a fare ciò, le controparti hanno richiesto nuove linee di credito e prestiti dalle banche per ottenere nuova liquidità, oppure si sono spostati, almeno parzialmente, su transazioni OTC. Si può intuire perciò che lo stress di liquidità abbia causato una transizione delle attività di mercato da un *centrally cleared space* ad un *non-centrally cleared space*. A dimostrazione di ciò si è osservato come sia aumentato l'utilizzo di swap non compensati centralmente da parte di trader di *energy commodities* e sia diminuito l'uso di futures ETD sul gas naturale. Certamente i commodity swap che vengono negoziati nei mercati OTC richiedono margini inferiori e quindi sopperiscono al fabbisogno di liquidità delle imprese. L'aumento dei contratti derivati OTC a scapito di quelli scambiati nei mercati ETD implica però ovviamente maggiori rischi, non solo per le controparti, ma anche e soprattutto per l'intero sistema finanziario. Se da una parte, infatti, questi tipi di contratti richiedono minori margini, dall'altra, il rischio di controparte è molto maggiore e il mercato risulta senz'altro meno trasparente. Considerando poi il contesto di alta volatilità in cui sta avvenendo questa transizione, il rischio di insolvenza non può che risultare ancor più elevato.

Altro elemento da prendere in considerazione è che, oltre allo spostamento dei contratti dai mercati ETD a quelli OTC, c'è stato anche uno spostamento dei derivati sul gas naturale tra le due maggiori borse energetiche europee. Dalla fine del 2021, l'open interest¹³⁸ per i futures sul gas naturale è calato nella borsa ICE Endex ed è quadruplicato sulla Borsa europea dell'energia (EEX)¹³⁹. Ecco che nel merito, è molto probabile che molti operatori di mercato abbiano deciso di mantenere le proprie posizioni verso un'unica CCP per sfruttare quelle che sono le opportunità di compensazioni dei margini tra commodities e perciò ridurre il fabbisogno totale di liquidità. In realtà però ciò non dovrebbe minare la stabilità finanziaria del mercato dato che non si sono elusi o in qualche modo evitati i requisiti di margine.

3.3.2 Evidenze sui rischi connessi ai mercati dei derivati energetici

È ora auspicabile analizzare specificamente i rischi sia per le società non finanziarie che per le banche, connessi ovviamente a questo mercato. È stato osservato che, nonostante ci si aspetti che le imprese del settore energetico operino tutte quante allo stesso modo, nei diversi sottosettori c'è un'eterogeneità di strategia da

¹³⁵ IM: Initial Margin

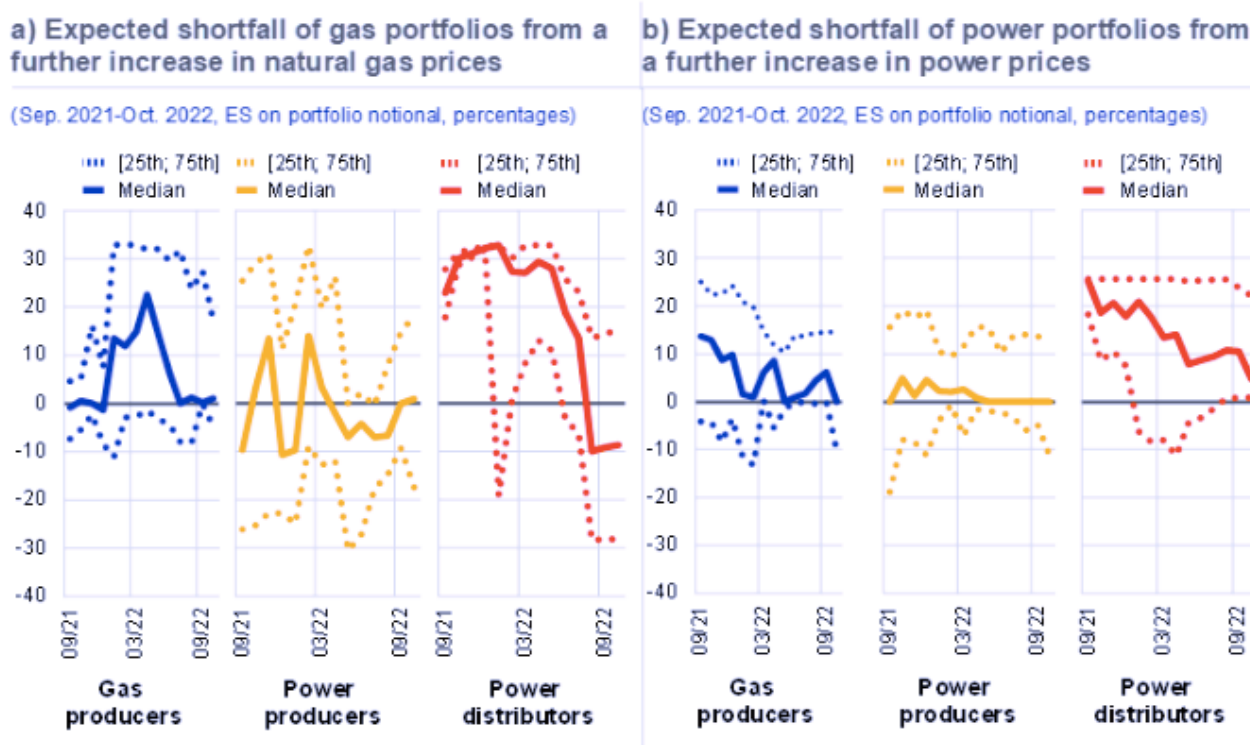
¹³⁶ VM: Vartaion margin

¹³⁷ https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

¹³⁸ Per open interest si intende "il numero di contratti derivati non ancora chiusi ad uno specifico momento temporale"

¹³⁹ https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

parte delle maggiori aziende energetiche. Allo scopo di supportare le scelte di *risk management* nel settore energetico è stato creato un tool che permette di analizzare come diversi scenari riguardanti l'aumento dei prezzi dei sottostanti possano ognuno avere effetti diversi sulle posizioni dei derivati energetici presenti nei portafogli. Questa procedura dà la possibilità di capire il posizionamento di un'impresa nel mercato e soprattutto quantificare in qualche modo i rischi, soprattutto nel caso di alzamento dei prezzi di gas naturale o elettricità. Essa consiste nell'estrarre l'expected shortfall (ES), il quale non altro è che una misura di rischio atta a valutare la perdita potenziale attesa nel caso si verificano condizioni di mercato estremamente sfavorevoli. È ovviamente una misura di rischio di coda, calcolando le perdite che si trovano nelle code delle distribuzioni di rendimenti e fornisce una stima del valore medio di perdita che si verifica in un determinato intervallo di confidenza¹⁴⁰. Un ES positivo implica una strategia lunga rispetto all'aumento dei prezzi energetici mentre un ES negativo ne indica una corta. Nel primo caso ci sarebbero afflussi di liquidità, dato l'aumento dei prezzi, visto che si parla di una posizione rialzista, che porterà beneficio (liquidità) in caso di rialzo dei prezzi. Nel caso opposto invece ci si ritorverrebbe di fronte a uno stress di liquidità che, come è stato osservato, si manifesta attraverso la richiesta di margini di variazione. I produttori, sia di gas che di elettricità, trarrebbero mediamente vantaggio dall'aumento dei prezzi dei loro prodotti (a parità di altri fattori), mentre non si può dire lo stesso dei distributori, i quali risultano molto più vulnerabili. Osservando i grafici di seguito si può osservare chiaramente quanto detto:



141

Figura 8 - Serie storica della media della distribuzione del rapporto tra ES e il notional del portafoglio tra produttori di gas, produttori di energia e distributori di energia

¹⁴⁰ Estimating the market risk of clean energy technologies companies using the expected shortfall approach – Ashis Kumar Pradham

¹⁴¹ Fonte: https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

I produttori di gas, ad esempio, hanno un ES positivo e perciò detengono posizioni lunghe sia su gas naturale che sui derivati sull'energia. I produttori di elettricità invece hanno inizialmente venduto allo scoperto i derivati del gas ma, dato l'aumento dei prezzi del gas naturale, hanno poi optato anch'essi per posizioni lunghe. Si evince che la vulnerabilità dei distributori di energia, che potrebbero ricevere in qualunque momento improvvise richieste di margini, è data dal fatto che essi detengono posizioni lunghe, le quali li esporrebbero a un grande rischio. Se infatti i prezzi dell'elettricità dovessero calare, i distributori incorrerebbero in grosse perdite nel valore del loro portafoglio. Nel caso i prezzi dell'energia dovessero aumentare c'è poi da dire che alcune società di servizi pubblici potrebbero dover fronteggiare anch'esse perdite non indifferenti. Il grosso problema è dato dal fatto che molte imprese detengono posizioni eccessivamente "profonde" sia nel positivo che nel negativo, soprattutto per quanto riguarda il gas naturale, e perciò risultano eccessivamente vulnerabili alla volatilità caratterizzante tali commodities. Ovviamente i dati presi in esame offrono una visione solo parziale del quadro completo. Ogni azienda decide la propria strategia di copertura e quindi il proprio posizionamento nel mercato dei derivati energetici potrebbe costituire solo una piccola parte di una molto più articolata strategia, la quale potrebbe comprendere l'utilizzo di strumenti fisici (in aggiunta a quelli finanziari), come ad esempio lo stoccaggio, nonché permetterebbe di sfruttare elementi tipici della singola impresa.

Una parte di questi rischi però potrebbe essere trasferita alle banche. In effetti molte delle aziende che scambiano derivati energetici spesso si servono del credito bancario per fronteggiare le conseguenze dell'aumento dei costi dell'energia. Dopo la recente invasione russa le imprese operanti nel mercato dei derivati energetici hanno aumentato le loro esposizioni bancarie mediante ulteriori prestiti e linee di credito. I dati indicano che le linee di credito sono aumentate del 200%¹⁴², e le banche hanno aumentato le loro linee di credito ai produttori di energia elettrica da 3 miliardi di euro a 6 miliardi, e questo solo tra marzo e aprile 2022. In particolare, in Germania il governo ha addirittura esteso le linee di credito garantite alle imprese che necessitavano di liquidità per venire incontro alle richieste di margini su derivati energetici. In effetti quasi la totalità delle transazioni nel mercato dell'energia ETD sono gestite da poche banche, le quali devono quindi gestire e monitorare il rischio di liquidità. Alla fine di agosto 2022 si contava che quattro banche dirigevano l'85% delle posizioni nei mercati energetici¹⁴³. Le banche ricevono delle richieste di margini dai CCPs, che fungono da "cauzione" per garantire le transazioni, dopodiché passano tali richieste ai propri clienti, spesso richiedendo un margine ulteriore (margine *add-on*) in aggiunta a quello iniziale. Le banche, perciò, operano come veri e propri membri del sistema di compensazione e, in quanto tali, sono responsabili delle transazioni con i CCPs, anche quelle per conto dei clienti. Dunque, se un cliente non dovesse essere in grado di soddisfare una richiesta di margine dovrebbe intervenire la banca fornendo tutta la liquidità necessaria. Questo fenomeno è chiamato in gergo *step-in liquidity risk*. Dato che quindi le banche sono il principale attore cui le imprese si rivolgono per ottenere prestiti a breve termine, ricoprono un duplice ruolo: da una parte partecipano direttamente alle transazioni con le CCPs; dall'altra essi forniscono credito ai propri clienti. Per questa ragione

¹⁴² https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

¹⁴³ https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html

potrebbe verificarsi un'eccessiva concentrazione delle esposizioni. È infatti possibile che le banche, per aiutare le imprese nel soddisfare nuove richieste di margine, possano estendere nuovi prestiti e linee di credito e aumentare le esposizioni in settori con rischi di liquidità e rischi di credito altissimi. I dati, in merito alla concentrazione delle esposizioni sono chiari: un quarto delle aziende energetiche tratta con le stesse banche per ottenere credito oppure servizi di compensazione per i derivati. In particolare, tre banche fungono da partecipanti diretti e cinque forniscono credito.

Dati alla mano, si può certamente affermare che la volatilità che negli ultimi mesi ha colpito i mercati energetici ha avuto pesanti effetti anche sui mercati dei derivati e quindi su tutte quante le imprese che si interfacciavano a questi strumenti al fine di utilizzarli come supporto al *risk management*. Dato l'aumento dei prezzi energetici del 2022, sono raddoppiati i margini su futures e swap utilizzati dalle imprese operanti nel settore energetico (produttori e distributori). Questo aumento ha la finalità di salvaguardare tutti i partecipanti al mercato minimizzando il rischio di controparte. Tuttavia, le maggiori richieste di margine hanno esercitato una pressione significativa in termini di liquidità nei confronti delle casse di queste società, le quali si sono viste costrette ad attingere a nuovi prestiti e aprire nuove linee di credito, oppure a spostarsi su mercati OTC per ridurre i suddetti requisiti di margine. Nonostante attualmente non si ponga un problema di stabilità finanziaria, nel futuro, il ricorso prolungato a mercati OTC potrebbe causare un accumulo del rischio di controparte e a subirne gli effetti sarebbero soprattutto le banche. Da questi problemi è chiaro che nascono nuove sfide di liquidità, al fine di gestire le richieste di margine ed evitare alle imprese eccessivi stress di liquidità. In effetti c'è bisogno di vere e proprie misure volte a questo, anche e soprattutto in un mercato così delicato come quello dei derivati energetici. I mercati dei derivati su commodities infatti risultano senz'altro centrali, rispetto agli altri mercati dei derivati, dato il legame che hanno con i mercati fisici e quindi con servizi di consegna e fornitura di prodotti fisici che sono poi spesso essenziali per l'economia reale. Tutti questi fattori fanno sì che nel settore energetico guadagni e perdite siano distribuite in modo omogeneo. Inoltre, proprio a causa degli aumenti dei prezzi e della volatilità che generano pressioni sulla liquidità delle aziende, sia i governi che la CE stanno prendendo in considerazione misure volte a fornire liquidità alle imprese che operano nei mercati energetici, per permettere a queste ultime di coprire i propri rischi e di assicurare una continuità nei servizi essenziali forniti a famiglie e imprese.

CONCLUSIONE

Questo elaborato si è focalizzato sull'analisi del ruolo dei derivati nei mercati energetici, mettendone in luce i punti di forza e quelli di debolezza, al fine di dimostrare l'utilità che questi strumenti possono avere, soprattutto nell'ottica della transizione energetica che sta avvenendo. Se infatti è vero che questi contratti in molti casi sono stati al centro di mastodontiche crisi finanziarie, è anche vero che non bisogna generalizzare la questione, omettendo così tutti i vantaggi che da essi ne derivano. Nel merito si sono dimostrati i motivi che rendono questi strumenti quasi indispensabili nei mercati energetici e i fattori che li rendono sempre più popolari. In effetti va detto, secondo quanto analizzato, che molti dei punti di debolezza di questi strumenti non sono altro che frutto di una scorretta valutazione oppure di un incauto utilizzo degli stessi. Con un'analisi dei fattori che ruotano attorno ai derivati energetici si è potuto così evidenziare, secondo quanto ci si aspettava già dall'introduzione, che la demonizzazione di tali strumenti è del tutto inesatta, anche perché spesso basata su casi passati che non possono essere in alcun modo generalizzati a tutti quelli futuri. Già dalle analisi svolte sui derivati e sul loro utilizzo nel settore energetico si sono evidenziati una serie di punti importanti. In primo luogo, si è visto come i mercati energetici siano estremamente vari ed eterogenei, e per questo ognuno è basato su diverse regole e meccanismi di formazione dei prezzi, indi per cui l'incertezza negli stessi non può che essere altissima. Coloro che si interfacciano quotidianamente con questi mercati devono necessariamente confrontarsi con l'incertezza ed ecco che i derivati riescono a fornire un enorme supporto. In particolare, dopo un'analisi dei fattori che influenzano il prezzo dell'energia e del modo in cui essi lo influenzino, sono state analizzate una serie di strategie di copertura che le aziende utilizzano soprattutto per gestire l'incertezza nei mercati energetici mediante l'utilizzo dei derivati, a dimostrazione del fatto che essi risultano talvolta centrali nell'attuazione di questi tipi di strategie. In aggiunta, si è visto come oltre a strategie di copertura, questi strumenti facciano nascere anche opportunità di investimento o speculazione, pur sapendo che sono proprio queste operazioni quelle che recano maggior rischio. Nel descrivere invece i mercati energetici è senz'altro emersa, come già detto, la loro eterogeneità. Ed è proprio questa alta eterogeneità, anche di rischi, che fornisce un valore aggiunto ai contratti derivati, i quali sono tra i pochi strumenti efficaci in quasi tutti questi contesti se si parla di copertura del rischio. In ogni mercato energetico, infatti, ci sono diverse tecniche per gestire il rischio, ma ognuno ha valenza solo nel suo mercato di riferimento e non può essere attuata ad altri mercati. I derivati invece, seppur con metodologie di utilizzo differenti, sono talmente flessibili da poter essere utilizzati in tutti i mercati energetici. Procedendo si sono poi analizzati i fattori di rischio nei mercati energetici, e si è evidenziato come la maggior parte di essi siano assolutamente imprevedibili e inattesi e proprio per questo la necessità di mitigarli è altissima e ciò lo si è osservato con la descrizione di una serie di strategie di copertura da questi rischi che sfruttano l'utilizzo di contratti derivati. In seguito, si è voluta descrivere, anche mediante l'utilizzo di modelli, la volatilità nei mercati energetici, dimostrando come questa potesse essere gestita mediante l'utilizzo dei derivati. L'esempio puntava a dimostrare come tra gli scenari posti, quello in cui si utilizzavano i derivati fosse il migliore ed in effetti così è stato. Ponendo poi l'attenzione sulle politiche energetiche, ci si è soffermati su una serie di modalità in cui i contratti derivati vengono in aiuto proprio a

queste politiche, dimostrando che essi non fungono solo da strumenti di copertura, ma possono essere attivamente utilizzati nell'attuazione di una serie di politiche energetiche volte a migliorare l'efficienza energetica e la sostenibilità. Proprio in merito a quest'ultima si è messo in luce il ruolo dei derivati nella promozione della sostenibilità, vedendo anche quelli che sono i sustainability-linked derivatives. Nel terzo capitolo ci si è posti l'obiettivo di rispondere a un'importante problematica che riguarda i derivati, che consiste nella valutazione degli stessi. Una delle maggiori criticità legate ai derivati è che, essendo il loro prezzi influenzati da una moltitudine di fattori, può risultare ostico determinarne il prezzo. Sono stati riportati perciò i tre principali metodi utilizzati per valutare i contratti derivati. Il metodo Black-Scholes ha fornito una prima spiegazione dimostrando che il prezzo di un'opzione dipende da una serie di fattori quali prezzo del sottostante, prezzo di esercizio, e altri. Il modello binomiale e il metodo Monte Carlo hanno invece fornito due diverse spiegazioni, altrettanto valide, che aggiungono ulteriori tasselli. Ovviamente si è dimostrato come questi modelli possano essere applicati ai mercati energetici, e in particolare come il modello Black-Scholes venga applicato al mercato elettrico. Infine, si sono riportate delle evidenze empiriche riguardo il mercato europeo dei derivati energetici. Da queste si è potuto evincere come i derivati stiano divenendo sempre più popolari, anche memori del fatto che essi non sono più incasellati nella definizione di strumenti di copertura o speculazione, ma possono avere utilizzi ben più ampi. Non sono poi stati omessi quelli che sono i rischi connessi al loro utilizzo e le evidenze hanno dimostrato che questi non mancano. Ciò non implica però che questi strumenti siano meno utili o necessari ma solamente che tali rischi non vadano tralasciati e debbano essere perciò gestiti nel migliore dei modi. C'è però da dire che nel corso della trattazione non si è completamente eliminata l'opacità che circonda il mondo dei derivati, nonostante le ricerche abbiano in qualche parte chiarificato quella che è la questione derivati. Questi ultimi, essendo strumenti estremamente complessi, non sono del tutto trasparenti e per questo le implicazioni della ricerca dovrebbero comunque tener conto di questo importante fattore.

È chiaro, da quanto descritto, che il ruolo dei derivati non può ridursi soltanto a strumenti di copertura o mera speculazione ma a qualcosa in più. Ponendo l'attenzione sulla finanza ESG, è possibile che i derivati ESG diventino sempre più utili nelle transizioni finanziarie, riducendo il rischio di credito e di mercato e sostenendo il cambiamento climatico. Possibili ricerche future, nel merito, dovrebbero esser basate proprio su questi strumenti e sulla loro efficacia, indagando quali siano le migliori modalità di implementazione degli stessi nella finanza sostenibile e quanto possano effettivamente supportare la transizione energetica. In più si prospetta che nel futuro i derivati di questo tipo si espanderanno sempre di più e perciò sarebbe interessante indagare quali implicazioni porterebbero nel panorama energetico e non solo. Infine, un'ulteriore opportunità di ricerca riguarderebbe la digitalizzazione di questo mondo, che potrebbe ridurre i costi di transazione e aumentare l'efficienza del mercato dei derivati energetici.

RINGRAZIAMENTI

Giunti alla fine di questo stimolante percorso ritengo doveroso dedicare uno spazio del mio elaborato a tutte le persone che hanno contribuito alla realizzazione dello stesso e soprattutto alla mia crescita professionale e personale.

Ringrazio prima di tutto la mia relatrice, Prof.ssa Fersini Paola, per la sua disponibilità nel venire incontro ad ogni mia richiesta. Grazie per avermi fornito tutto il materiale e i consigli dei quali avevo bisogno per completare questo elaborato. Grazie anche per avermi introdotto al mondo della finanza, per avermelo fatto conoscere e soprattutto apprezzare, facendomi capire che la finanza non è solamente un insieme numeri, ma è molto di più. Ringrazio inoltre il dott. Mancini Massimiliano, per il suo prezioso contributo alla stesura dell'elaborato.

Ringrazio la Dott.ssa Fontana Isabella, e tutto il personale del Dipartimento del Tesoro del Ministero di Economia e Finanza, per avermi fatto sentire a casa durante il mio percorso di tirocinio e per avermi fornito ulteriori strumenti di supporto alla mia formazione.

Grazie a tutti i miei familiari, e in particolar modo a mia nonna Maria e a mia Zia Vincenza, che mi hanno trattato come un figlio.

Grazie a tutti i miei colleghi e ai miei amici, che mi hanno sempre dato una mano durante il mio percorso.

Il mio più grande ringraziamento va però alla mia famiglia: a mio padre Giuseppe, che mi ha insegnato ad essere forte anche nei momenti più duri; a mia madre Emilia, che mi ha amato incondizionatamente; a mia sorella Maria, che con la sua innata dolcezza mi ha sempre dimostrato affetto. Grazie a tutta quanta la mia famiglia per supportarmi da sempre nonostante il mio difficile carattere. Grazie per non avermi fatto mancare mai nulla, per esserci sempre stati e grazie per avermi fatto diventare la persona che sono oggi. Non finirò mai di ringraziarvi per tutto quello che mi avete dato.

-Michele

BIBLIOGRAFIA

- Acworth, P. A., Broadie, M., & Glasserman, P. (1998). A Comparison of Some Monte Carlo and Quasi Monte Carlo Techniques for Option Pricing. In *Lecture notes in statistics* (pp. 1–18). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1690-2_1
- Ahmad, Iftikhar & Iqbal, Shahid & Khan, Salim & Vega, Alejandro & Ariza-Montes, Antonio. (2022). Macroeconomic effects of crude oil shocks: Evidence from South Asian Countries. *Frontiers in Psychology*. 13. 10.3389/fpsyg.2022.967643
- Amaglobeli, D., Hanedar, E., Hong, G. H., & Thevenot, C. (2022). *Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices*. International Monetary Fund.
- Benth, F. E., & Vos, L. (2013). Pricing of forwards and options in a multivariate non-Gaussian stochastic volatility model for energy markets. *Advances in Applied Probability*, 45(2), 572-594
- Bessembinder, H. (1992). Systematic Risk, Hedging Pressure, and Risk Premiums in Futures Markets. *The Review of Financial Studies*, 5(4), 637–667. <http://www.jstor.org/stable/2962144>
- Black, F., & Scholes, M. S. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654. <https://doi.org/10.1086/260062>
- Brockett, P. L., Wang, M., & Yang, C. (2005). Weather Derivatives and Weather Risk Management. *Risk Management and Insurance Review*, 8(1), 127–140. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6296.2005.00052.x>
- Burger, M., Graeber, B., & Schindlmayr, G. (2014). *Managing Energy Risk: An Integrated View on Power and Other Energy Markets*. John Wiley & Sons.
- Buyukkara, G., Küçüközmen, C. C., & Uysal, E. T. (2022). Optimal hedge ratios and hedging effectiveness: An analysis of the Turkish futures market. *Borsa Istanbul Review*, 22(1), 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.02.002>
- Carollo, S. (2011). *Understanding Oil Prices: A Guide to What Drives the Price of Oil in Today's Markets*. John Wiley & Sons.
- Cotter, J., & Hanly, J. (2010). Time-varying risk aversion: An application to energy hedging. *Energy Economics*, 32(2), 432–441. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.08.009>
- Deng, S., & Oren, S. S. (2006). Electricity derivatives and risk management. *Energy*, 31(6–7), 940–953. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.02.015>
- Dong, J., Liu, D., Zhang, Y., Wang, Y., & Dou, X. (2021). A Novel LCOE Pricing Model for Renewable Energy with Power Purchase Agreement: A Case Study in China. *Processes*, 9(10), 1780. <https://doi.org/10.3390/pr9101780>
- Duffie, D., & Pan, J. (1997). An overview of value at risk. *Journal of derivatives*, 4(3), 7-49
- Faruqui, A., & Eakin, K. (2012). *Pricing in Competitive Electricity Markets*. Springer Science & Business Media.

- Figueiredo, R., Soliman, M., Al-Alawi, A. N. S., & Sousa, M. J. (2022). The Impacts of Geopolitical Risks on the Energy Sector: Micro-Level Operative Analysis in the European Union. *Economies*, 10(12), 299. <https://doi.org/10.3390/economies10120299>
- Fratzscher, M., Schneider, D., & Van Robays, I. (2014). Oil Prices, Exchange Rates and Asset Prices. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2442276>
- Geman, H. (2009). *Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA72348644>
- Groll, A. H., López-Cabrera, B., & Meyer-Brandis, T. (2016). A consistent two-factor model for pricing temperature derivatives. *Energy Economics*, 55, 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.12.020>
- Gupta, S., & Pahwa, M. S. (2011). Analysis of Price Volatility in Energy Commodities. *FIIB Business Review*, 1(1), 68–74. <https://doi.org/10.1177/2455265820110112>
- Halkos, G., & Tsirivis, A. S. (2019). Energy Commodities: A Review of Optimal Hedging Strategies. *Energies*, 12(20), 3979. <https://doi.org/10.3390/en12203979>
- Haushalter, G. D. (2000). Financing Policy, Basis Risk, and Corporate Hedging: Evidence from Oil and Gas Producers. *The Journal of Finance*, 55(1), 107–152. <http://www.jstor.org/stable/222552>
- He, X., & Shi, L. (2016). A Binomial Model of Asset and Option Pricing with Heterogeneous Beliefs. *Journal of Management Science and Engineering*, 1(1), 94–113. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1383.101006>
- Hull, J., & White, A. (2017). Optimal delta hedging for options. *Journal of Banking and Finance*, 82, 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.05.006>
- Hull, J. C. (2022). *Opzioni, futures e altri derivati*. Ediz. MyLab.
- Hulshof, D., Van Der Maat, J. W., & Mulder, M. (2016). Market fundamentals, competition and natural-gas prices. *Energy Policy*, 94, 480–491. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.016>
- James, T. (2007). *Energy Markets: Price Risk Management and Trading*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA88985046>
- James, T. (2012). *Energy Markets: Price Risk Management and Trading*. John Wiley & Sons.
- Jana, R. K., Tiwari, A. K., Hammoudeh, S., & Albulescu, C. T. (2022). *Financial Modeling and Risk Management of Energy and Environmental Instruments and Derivates*.
- Johnson, L. L. (1960). The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures. *The Review of Economic Studies*, 27(3), 139. <https://doi.org/10.2307/2296076>
- Kolb, R. W., & Overdahl, J. A. (2014). *Financial Derivatives*. Lulu Press, Inc.
- Kou, S. C. (2002). A Jump-Diffusion Model for Option Pricing. *Management Science*, 48(8), 1086–1101. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.8.1086.166>

- Lautier, D. (2013). Energy Finance: The Case for Derivatives Markets. In: Chevalier, JM., Geoffron, P. (eds) *The New Energy Crisis*. Palgrave Macmillan, London. https://doi.org/10.1007/978-1-137-02118-2_8
- Liu, J., & Serletis, A. (2022). Volatility and dependence in energy markets. *Journal of Economics and Finance*, 47(1), 15–37. <https://doi.org/10.1007/s12197-022-09609-4>
- Mangla, S. K., Kumar, P., & Barua, M. K. (2014). Monte Carlo Simulation Based Approach to Manage Risks in Operational Networks in Green Supply Chain. *Procedia Engineering*, 97, 2186–2194. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.462>
- María A. Baamonde-Seoane, María del Carmen Calvo-Garrido, Carlos Vázquez. (2023). Model and numerical methods for pricing renewable energy certificate derivatives. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 118, 107066, <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2022.107066>
- Maribu, K. M., Galli, A., & Armstrong, M. (2007). Valuation of spark-spread options with mean reversion and stochastic volatility. *HAL (Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe)*. <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00797875>
- Micu, M., & Upper, C. (2006). Derivatives markets. *BIS Quarterly Review*, 43-50
- Mohammadi-Ivatloo, B., Shotorbani, A. M., & Anvari-Moghaddam, A. (2021). *Energy Storage in Energy Markets: Uncertainties, Modelling, Analysis and Optimization*. Academic Press.
- Nanumyan, V., Garas, A., & Schweitzer, F. (2015). The Network of Counterparty Risk: Analysing Correlations in OTC Derivatives. *PLOS ONE*, 10(9), e0136638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136638>
- Necula, C. (2002). Option pricing in a fractional Brownian motion environment. *Available at SSRN* 1286833
- Nguyen, M. T. T., & Ehrhardt, M. (2012). Modelling and Numerical Valuation of Power Derivatives in Energy Markets. *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 4(03), 259–293. <https://doi.org/10.4208/aamm.10-m1133>
- Nicolini, G. (2012). *Gli strumenti finanziari derivati. Definizioni, caratteristiche e modalità di utilizzo*.
- Onorato, M. (1998). *Gli strumenti derivati. Modelli e strategie di gestione*.
- Parker, E., & Perzanowski, M. (2017). *Practical Derivatives: A Transactional Approach*.
- Pilipovic, D. (2007). *Energy Risk: Valuing and Managing Energy Derivatives*. McGraw Hill Professional.
- Pineda, Salvador & Conejo, Antonio. (2013). Using electricity options to hedge against financial risks of power producers. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. 1. 101-109. [10.1007/s40565-013-0018-y](https://doi.org/10.1007/s40565-013-0018-y)

- Prabakaran, S. (2018). Modeling and Pricing of Energy Derivative Market. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.10), 148-156
- Pradhan, A. K., & Tiwari, A. K. (2021). Estimating the market risk of clean energy technologies companies using the expected shortfall approach. *Renewable Energy*, 177, 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.134>
- Razek, N. H. A., & McQuinn, B. (2021). Saudi Arabia's currency misalignment and international competitiveness, accounting for geopolitical risks and the super-contango oil market. *Resources Policy*, 72, 102057. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102057>
- Ricardo, D. (1976). Sui principi dell'economia politica e della tassazione. In *ISEDI eBooks*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA19075417>
- Scalas, E. (2006). The application of continuous-time random walks in finance and economics. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 362(2), 225-239
- Shinde, A., & Takale, K. C. (2012). Study of Black-Scholes Model and its Applications. *Procedia Engineering*, 38, 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.035>
- Stoft, S., & Division, L. B. N. L. E. E. T. (1998). *Primer on Electricity Futures and Other Derivatives*.
- Taştan, B. E., & Hayfavi, A. (2017). Modeling Temperature and Pricing Weather Derivatives Based on Temperature. *Advances in Meteorology*, 2017, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2017/3913817>
- Vehviläinen, Iivo & Pyykkönen, Tuomas. (2005). Stochastic factor model for electricity spot price - The case of the Nordic market. *Energy Economics*. 27. 351-367. 10.1016/j.eneco.2005.01.002
- Wang, L., Ahmad, F., Luo, G., Umar, M., & Kirikkaleli, D. (2021). Portfolio optimization of financial commodities with energy futures. *Annals of Operations Research*, 313(1), 401–439. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04283-x>
- Weibelzahl, M., & März, A. (2018). On the effects of storage facilities on optimal zonal pricing in electricity markets. *Energy Policy*, 113, 778–794. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.018>
- Xue, J., Ding, J., Zhao, L., Zhu, D., & Li, L. (2022). An option pricing model based on a renewable energy price index. *Energy*, 239, 122117. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122117>
- Zhang, H., Wang, Y., Yang, C. X., & Guo, Y. (2021). The impact of country risk on energy trade patterns based on complex network and panel regression analyses. *Energy*, 222, 119979. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119979>

SITOGRAFIA

- <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/capital-markets/market-risk/>
- <https://encyclopedia.pub/entry/21053>
- <https://energiaoltre.it/i-derivati-delle-societa-energetiche-per-la-bce-sono-un-rischio-per-la-stabilita-finanziaria/>
- https://energypedia.info/wiki/Comparison_of_various_Policy_Tools_for_Promoting_Renewable_Energies
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1938&from=EN>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Metodo_Monte_Carlo
- <https://kpmg.com/ie/en/home/insights/2022/10/hedging-electricity-irish-market.html>
- <https://persistent.energy/wp-content/uploads/2019/01/Currency-Risk-and-Mitigation-Strategies.pdf>
- https://www.ambientediritto.it/dottrina/Politiche%20energetiche%20ambientali/politiche%20e.a/politiche_sostenibilita_alberti.htm
- <https://www.borsaitaliana.it>
- <https://www.bruegel.org/comment/keeping-energy-policy-triangle-balance-key-reach-net-zero#:~:text=The%20multifaced%20nature%20of%20energy,%2D%20and%20short%2Dterm%20di>
[mensions](https://www.bruegel.org/comment/keeping-energy-policy-triangle-balance-key-reach-net-zero#:~:text=The%20multifaced%20nature%20of%20energy,%2D%20and%20short%2Dterm%20di)
- <https://www.degiro.it/conoscenza/strategie/strategie-opzioni/stradlle>
- https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/special/html/ecb.fsrart202211_01~173476301a.en.html
- <https://www.eia.gov/petroleum/>
- <https://www.eia.gov/petroleum/>
- <https://www.eiu.com/n/measuring-opportunity-and-risk-in-major-energy-markets/>
- <https://www.elearnmarkets.com/blog/7-factors-affecting-options-pricing/>
- <https://www.elearnmarkets.com/blog/7-factors-affecting-options-pricing/>
- https://www.fia.org/sites/default/files/2020-08/FIA%20Climate%20Change%20Policy%20Paper_0.pdf
- <https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/options/options-strategy-guide/bear-put-spread#:~:text=A%20bear%20put%20spread%20consists.underlying%20stock%20declines%20in%20>
[Oprice](https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/options/options-strategy-guide/bear-put-spread#:~:text=A%20bear%20put%20spread%20consists.underlying%20stock%20declines%20in%20)
- <https://www.fortum.com/about-us/forthedoers-blog/hedging-protects-against-electricity-price-volatility>
- [https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference#:~:text=Details-.A%20Contract%20for%20Difference%20\(%20CFD%20\)%20is%20a%20private%20law%20contrac](https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference#:~:text=Details-.A%20Contract%20for%20Difference%20(%20CFD%20)%20is%20a%20private%20law%20contrac)

[t,%2C%20a%20government%20Downed%20company.&text=Link%20to%20AR6%20page%20adde](#)
[d.&text=Added%20link%20to%20three%20phase%20evaluation%20of%20the%20CfD%20scheme](#)

- <https://www.investopedia.com/articles/active-trading/051415/how-why-interest-rates-affect-options.asp>
- <https://www.investopedia.com/articles/investing/100615/will-oil-prices-go-2017.asp>
- <https://www.investopedia.com/terms/l/liquidity.asp>
- <https://www.investopedia.com/trading/dividends-interest-rates-effect-stock-options/>
- <https://www.isda.org/2021/01/11/overview-of-esg-related-derivatives-products-and-transactions/>
- <https://www.optionsplaybook.com/option-strategies/long-straddle/>
- https://www.performancetrading.it/Documents/Monte/Mte_Riduzione.htm
- <https://www.qualenergia.it/articoli/perche-energia-rischia-altra-crisi-stile-lehman-brothers/>
- https://www.snam.it/export/sites/snam-rp/repository/file/investor_relations/bilanci_relazioni/relazioni/2013/relazione_semestrale_indicizzata/Fattori_di_rischio.pdf
- www.generali.com/doc/jcr:82153c7e-b050-416f-af95-fca223f18fdf/Risposte%20alle%20domande%20pervenute%20prima%20dell%20Assemblea_Generali.pdf/lang:it/Risposte_alle_domande_pervenute_prima_dell_Assemblea_Generali.pdf