



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

A.a. 2020/2021

**Il rischio di credito: il punto di vista del mercato azionario durante la
pandemia tramite l'applicazione dei modelli di Merton & KMV naive**

Relatore: Franco Varetto

Candidata: Cunsolo Alice

1	IL RISCHIO DI CREDITO	5
1.1	Definizione	5
1.2	Le componenti del rischio di credito	6
1.2.1	La perdita attesa	7
1.2.2	La perdita inattesa	13
1.3	Le tipologie del rischio di credito	15
2	ASPETTI REGOLAMENTARI SUL RISCHIO DI CREDITO: IL COMITATO DI BASILEA	17
2.1	BASILEA I	18
2.1.1	Limiti di Basilea I	19
2.2	BASILEA II	20
2.2.1	Minimum Capital Requirements: il primo pilastro	21
2.2.2	Supervisory review- Secondo pilastro	27
2.2.3	Market discipline- Terzo pilastro	28
2.2.4	Limiti di Basilea II	29
2.3	BASILEA III	29
2.3.1	Gli impatti di Basilea III	33
2.4	VERSO BASILEA 4	33
3	MODELLI DI STIMA DELLA PD	35
3.1	I Modelli basati sul mercato dei capitali	35
3.1.1	Modelli in forma ridotta	35
3.1.2	I modelli basati sugli spread dei corporate bond	36
3.1.3	Pregi e difetti dei modelli basati sugli spread dei corporate bond	38
3.2	I modelli basati sulle quotazioni azionarie	39

3.2.1	Il modello di Merton	40
3.2.2	Pregi e difetti del modello di Merton.....	48
3.3	Il modello KMV	50
3.3.1	Pregi e difetti del modello KMV	53
4	IL MODELLO SPERIMENTALE: APPLICAZIONE DEI MODELLI DI STIMA DELLA PD	55
4.1	Modelli applicati e mercati di riferimento.....	55
4.2	Applicazione del modello di Merton all'indice Ftse Mib	60
4.3	Applicazione del modello di Merton all'indice Ftse Aim.....	87
4.4	Applicazione del modello KMV- <i>naive</i> all'indice Ftse Mib.....	97
4.5	Applicazione del modello KMV- <i>naive</i> all'indice Ftse Aim	122
4.6	Analisi dei risultati ottenuti con i diversi modelli	132
	CONCLUSIONI.....	140

INTRODUZIONE

Tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020 si è rapidamente diffusa, a livello globale, un'infezione generata da un virus della famiglia SARS-Covid, il cosiddetto Covid-19, scoppiato a Wuhan, in Cina.

Secondo le evidenze raccolte finora, il contagio da Covid-19 può essere contenuto principalmente attraverso misure di distanziamento sociale, il cosiddetto lockdown, che ha previsto vincoli alla mobilità degli individui, comportando la chiusura di scuole, università e edifici pubblici, il fermo delle attività commerciali e dei servizi non essenziali e il ridimensionamento o la riorganizzazione delle attività produttive essenziali con lo scopo di garantire la salute dei lavoratori.

La diffusione della pandemia a livello globale è stata asincrona, traducendosi in uno shock esogeno che ha colpito in simultanea il lato della domanda e il lato dell'offerta.

L'Italia è stata colpita in una fase in cui l'economia presentava già segnali di rallentamento; le imprese non finanziarie quotate già evidenziavano una decelerazione dei tassi di crescita del fatturato e della redditività rispetto a quella dei competitors europei, distinguendosi per un maggior indebitamento.

I mercati finanziari italiani e internazionali hanno registrato nel mese di marzo 2020 una forte flessione delle quotazioni azionari e un significativo aumento della volatilità. Dall'inizio del 2020 il mercato azionario italiano ha registrato, rispetto ai principali paesi dell'euro, il calo più significativo dopo quello del mercato spagnolo. Nel secondo trimestre del 2020 i mercati hanno recuperato parzialmente le perdite grazie alle straordinarie misure di politica monetaria e di bilancio.

Alla luce di tale scenario, l'obiettivo di tale elaborato è quello di analizzare l'impatto che, nel 2020, la diffusione da coronavirus ha avuto sull'aumento della probabilità di insolvenza, calcolata per dei campioni di imprese quotati ai mercati FTSE MIB e FTSE AIM, utilizzando i modelli di Merton e KMV con approssimazione *naive*.

Il primo capitolo fa riferimento alla definizione di rischio di credito, alle sue componenti e alle diverse tipologie che lo compongono.

Nel secondo capitolo si analizzano gli Accordi di Basilea I, II, III e IV con i relativi limiti, il cui scopo è quello di eliminare o almeno ridurre il rischio di default e garantire solidità e fiducia nel sistema creditizio.

Il terzo capitolo espone i diversi modelli teorici, presenti in letteratura scientifica, con i quali è possibile stimare la probabilità di insolvenza di una società, con particolare attenzione ai modelli strutturali basati sulle quotazioni azionarie.

Il quarto capitolo descrive la procedura operativa utilizzata per l'applicazione dei modelli di Merton e KMV, con approssimazione *naive*, ad un campione di società facenti parte dell'indice FTSE MIB e FTSE AIM, ed illustra i relativi risultati.

1 IL RISCHIO DI CREDITO

Negli ultimi vent'anni tutte le grandi banche internazionali hanno effettuato investimenti per rinnovare il proprio modo di misurare e gestire il rischio di credito.

Questi investimenti riguardano non innovazione di carattere tecnico, legata alla modalità di misurazione del rischio, ma bensì le modalità di selezione delle controparti e di determinazione dei prezzi, il grado di autonomia di cui beneficiano le unità della banca che assumono il rischio di credito, i criteri di fissazione degli obiettivi, le modalità di misurazione dei risultati e quelle di determinazione degli incentivi e le logiche di composizione dei portafogli creditizi.

In questo capitolo verranno analizzate le principali tipologie del rischio di credito quali: il rischio di insolvenza, il rischio di migrazione o di *downgrading*, il rischio di spread, il rischio di recupero, il rischio di esposizione e il rischio di pre-regolamento o di sostituzione.

Dopodiché verranno analizzate le componenti principali del rischio di credito, quali la perdita attesa e inattesa.

1.1 Definizione

Il rischio di credito è definito come *“la possibilità che una variazione inattesa del merito di credito di una controparte, nei confronti della quale esiste un'esposizione, generi una corrispondente variazione inattesa del valore di mercato del credito”*¹.

In questa definizione sono impliciti alcuni concetti fondamentali che è interessante chiarire:

La variazione inattesa del merito di credito può manifestarsi in seguito all'insolvenza del debitore, in questo caso si parlerà di vero e proprio rischio di insolvenza, oppure in seguito al deterioramento del merito di credito della controparte e in tal caso si farà riferimento al rischio di migrazione (o di *downgrading*). Secondo questa logica il

¹ Resti A. & Sironi A., (2008), *Rischio e valore nelle banche*, Milano, Egea, p.351.

rischio di credito va misurato e gestito facendo riferimento non ad una semplice distribuzione binaria (due soli eventi: insolvenza/non insolvenza), ma a un modello multinomiale, la quale considera una completa distribuzione di probabilità di eventi, di cui l'insolvenza è solo l'evento estremo e gli altri eventi rappresentano diversi livelli di probabilità del realizzarsi l'evento estremo.

Affinché si possa configurare un rischio, la variazione della posizione di credito deve essere inattesa; se così non fosse sarebbe già considerata al momento della valutazione ed inclusa nel *pricing* del credito. L'evoluzione attesa delle condizioni economico-finanziarie viene sempre considerata nella stima della probabilità di insolvenza; la reale componente di rischio è rappresentata dalla possibilità che le valutazioni effettuate si manifestano a posteriori e che quindi si verifichi un deterioramento della controparte non previsto a priori.

Il concetto di rischio di credito non si limita agli impieghi² “classici” di una banca, quali i titoli di Stato, i titoli di debito, le obbligazioni, i finanziamenti alle aziende, i mutui e in generale il credito al consumo, ma deve essere esteso anche alle posizioni fuori bilancio, ossia strumenti derivati³ trattati nel mercato Over the Counter e regolamentati.

Il problema delle posizioni fuori bilancio deriva dal fatto che queste sono iscritte in bilancio al valore storico e non valutate al valore corrente⁴ (*fair value*).

1.2 Le componenti del rischio di credito

Avendo definito il rischio di credito come la possibilità che una variazione inattesa del merito di credito di una controparte, nei confronti della quale esiste un'esposizione, generi una corrispondente variazione inattesa del valore di mercato del credito, è utile

² Gli impieghi sono i finanziamenti alle aziende per grandi importi, sulla base delle valutazioni del loro merito di credito.

³ Gli strumenti derivati sono contratti il cui valore dipende dall'andamento di un'attività sottostante. Le attività sottostanti possono avere natura finanziaria (come ad esempio i titoli azionari, i tassi di interessi e di cambio, gli indici) o reale (come ad esempio il petrolio, caffè, ecc).

⁴ Il valore corrente è quel valore che si forma sul mercato per effetto dell'incontro tra domanda e offerta e prende il nome di quotazione.

che il prestatore dei fondi sia tenuto a monitorare costantemente la situazione economica-finanziaria della controparte in modo da distinguere la perdita attesa, la quale non costituisce rischio, dalla perdita inattesa, che è la vera fonte di rischio.

Quindi il rischio di credito è distinto da due componenti: la perdita attesa (EL, *expected loss*) e la perdita inattesa (UL, *unexpected loss*).

Graficamente:

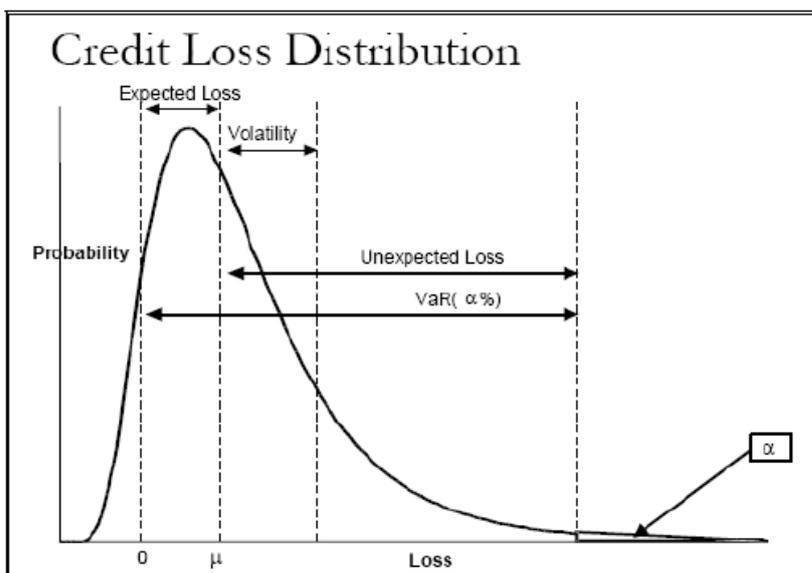


Figura 1.1.1: Distribuzione delle perdite

1.2.1 La perdita attesa

La perdita attesa viene rappresentata dal valore medio della distribuzione delle perdite. Essendo attesa, essa non rappresenta, in senso stretto, un rischio ma sostanzialmente rappresenta la perdita, quindi il costo, che l'istituzione si attende ex-ante di dover sostenere a fronte dell'esposizione creditizia e quindi viene incorporato nello spread richiesto per la remunerazione del portafoglio di crediti ceduto.

Per ogni posizione in portafoglio vengono quantificate tre grandezze:

- Il tasso di perdita attesa in caso di insolvenza (LGD, *loss given default*) ovvero la percentuale dell'esposizione che la banca prevede di non riuscire a recuperare (corrisponde al complemento a uno del tasso di recupero atteso sull'esposizione RR, *recovery rate*).

- Il valore atteso dell'esposizione in caso di insolvenza (*EAD, exposure at default*) data dall'esposizione corrente più la variazione attesa della dimensione del prestito nel lasso di tempo che va da oggi al possibile default.
- La probabilità di insolvenza della controparte (*PD, default probability*).

Combinando questi tre elementi si ottiene la perdita attesa:

$$EL = EAD * PD * LGD \quad [1.1]$$

1.2.1.1 PD

La probabilità di default può essere definita come la probabilità che un cliente non sia in grado di onorare i suoi impegni, con un orizzonte temporale definito. In quanto probabilità, la PD è un numero compreso tra 0 e 1 ed è il risultato di analisi statistiche che possono essere effettuati secondo diversi approcci.

Si possono distinguere tre approcci differenti per la stima della PD:

- ✓ Il primo approccio prevede che le PD si basino su dati di mercato dei capitali: un esempio è il modello di Merton & KMV (che sarà oggetto di analisi nei capitoli successivi) che ricorre ai prezzi delle azioni per calcolare le PD, ed i modelli di spreads che invece si basano sull'analisi di mercato di bond rischiosi.
- ✓ Il secondo approccio prevede l'utilizzo di modelli analitico/soggettivo che considerano aspetti sia quantitativi (condizioni economiche-finanziarie del debitore e prospettive reddituali), sia qualitative.
- ✓ Il terzo approccio si basa sui rating creditizi che possono essere formulate sia da agenzie specializzate (quali Standard & Poor's, Moody's), sia dalla banca stessa mediante l'utilizzo di modelli statistici (ad esempio il modello Logit).

1.2.1.2 LGD (loss given default)

La perdita in caso di default è il tasso di perdita⁵ subito dai creditori, in caso di insolvenza, dell'impresa. Essa non è mai nota ex-ante, ma si manifesta solo quando l'operazione è conclusa.

Formalmente la LGD viene calcolata come:

$$LGD = 1 - RR \quad [1.2]$$

dove RR è il tasso di recupero (Recovery- Rate).

I fattori che influenzano la LGD possono essere raggruppati in quattro principali categorie: le caratteristiche dell'esposizione, quelle del debitore, quelle della banca che gestisce il processo di recupero e i fattori esterni.

- ✓ Caratteristiche dell'esposizione: includono l'esistenza di garanzie (*collaterals*), reali o finanziarie e il grado di efficacia di tali garanzie (*security*); il grado di subordinazione (*seniority*) rispetto ad altri creditori; il tipo di contezioso previsto per il recupero (contenzioso giudiziale in procedura, non in procedura, stragiudiziale, cessioni del credito).
- ✓ Caratteristiche del debitore: includono il settore in cui la società opera, che può influenzare il grado di liquidità e di recuperabilità delle attività aziendali; il Paese in cui opera il debitore, che può influenzare velocità ed efficacia della procedura di fallimento; il rapporto tra EBITDA⁶ e fatturato.
- ✓ Caratteristiche della banca: comprendono politiche interne di recupero crediti ed efficienza dei servizi legali interni.
- ✓ Fattori esterni: includono lo stato del ciclo economico, ovvero se l'economia è in recessione, e il livello dei tassi d'interesse.

La Tab. 1.1.1.1 sintetizza le considerazioni ora elencate.

⁵ Il termine LGD viene utilizzato dalle banche per indicare il tasso di perdita, mentre la perdita assoluta viene indicato come il rapporto tra LGD e EAD.

⁶ L'EBITDA (o MOL) è l'utile operativo al lordo di tasse (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*) e risulta indicato per comparare i risultati di diverse aziende che operano in uno stesso settore.

Tabella 1.1.1.1: Fattori determinanti nella stima della LGD e relativi impatti

Tipologia di fattori	Fattore	Impatto su...
Caratteristiche dell'esposizione	Garanzie reali Grado di subordinazione Garanzie personali	Ammontare recuperato
Caratteristiche del debitore	Settore Paese Ratios di bilancio	Possibilità di trovare un compratore per l'impresa insolvente Durata del processo di recupero Ammontare recuperato
Fattori interni alla banca	Velocità ed efficienza del processo di recupero Cessione di crediti in contenzioso e utilizzo di procedure stragiudiziali	Importo recuperato e durata del processo
Fattore esterni	Stato del ciclo economico Livello dei tassi d'interesse	Ammontare recuperato Valore attuale dei recuperi

I due approcci principali per calcolare i tassi di recupero, dunque le LGD sono:

- **Market LGD:** è un approccio *market based*, ovvero utilizza i prezzi delle esposizioni in default come stima del recovery rate. Se un'obbligazione emessa da una società insolvente viene scambiata a 30 centesimi per ogni euro di capitale nominale, si può dedurre che il mercato sta stimando un tasso di recupero al 30% e quindi una LGD del 70%. Uno dei problemi è che questo modello può essere

utilizzato solo per le esposizioni dotate di un mercato secondario. Per ovviare a questo problema sono state implementate due varianti del modello; la prima (*Emergence LGD*) stima il tasso di recupero e dunque la LGD sulla base del prezzo di emissione dei nuovi strumenti finanziari offerti agli investitori come rimborso dei crediti divenuti inesigibili; la seconda (*implied market LGD*) utilizza le stime delle PD per ricavare la LGD implicita negli spread di mercato.

- **Workout LGD:** calcola il valore della LGD misurando i reali flussi di cassa recuperati in seguito all'evento di insolvenza considerando tutti gli elementi che determinano il Recovery Rate. In tal caso il tasso di recupero risulta:

$$RR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ER_t - AC_t}{(1+i)^t}}{EAD} \quad [1.3]$$

Dove:

- ER_t = Expected Recovery= importo recuperato nel periodo t ;
- AC_t = costi amministrativi sostenuti nel periodo t la quale dovrebbero includere tutte le spese dirette e indirette sostenute dalla banca a fronte dei recuperi sull'esposizione insolvente;
- i = tasso di attualizzazione:
 - Tasso di interesse di trasferimento dei fondi (=costo marginale del "funding" della banca);
 - Tasso contrattuale del finanziamento andato in default (tale tasso può non riflettere il rischio del prestito post-default)
 - Tasso congruo per rischio, tenuto conto dei rischi su ER;
 - Tasso risk free: nell'ipotesi in cui si assuma che il rischio (sistemico) e il premio per l'avversione ad esso siano già inclusi in altri parametri (*downturn LGD*, ...).
- EAD= esposizione al momento del default;
- n = periodo di tempo stimato per realizzare il recupero;
- t = durata del processo di recupero.

È interessante analizzare il legame tra PD e LGD, per dimostrare come queste due variabili siano fortemente correlate tra di loro. Possono esistere fattori sistematici che incidono contemporaneamente sui tassi di default e sui tassi di recupero, come:

- effetti a catena: in presenza di una crisi i tassi di default aumentano e di conseguenza i tassi di recupero diminuiscono;
- tassi d'interesse e attività finanziarie: se le garanzie reali che assistono le esposizioni in caso di default sono costituite da attività finanziarie, un aumento dei tassi d'interesse può portare ad un innalzamento dei tassi di default, a una riduzione del valore delle garanzie e quindi ad una diminuzione del tasso di recupero.
- Tassi d'interesse e proprietà immobiliari: se invece le garanzie sono costituite da proprietà immobiliari.
- Effetti settoriali: se il tasso di default aumenta in uno specifico settore, ad esempio per una riduzione del fatturato dovuta all'obsolescenza del prodotto, allora questo influirà negativamente sul valore degli impianti e delle scorte, e quindi sui tassi di recupero.

1.2.1.3 EAD

L'EAD indica l'esposizione attesa al momento del default ed è una variabile la cui aleatorietà cambia al variare della forma tecnica del finanziamento. Al fine di calcolare l'EAD, è utile conoscere la forma tecnica⁷ del finanziamento ovvero la tipologia di linea di credito concessa dalla banca, in quanto rende più o meno complessa la stima di EAD.

Si possono quindi distinguere due diverse tipologie di esposizione:

- A valore certo: in tal caso la banca conosce l'importo esatto del finanziamento concesso (ad esempio il mutuo);

⁷ Per forma tecnica va inteso il particolare tipo di prodotto collegato all'esposizione (come ad esempio i conti correnti, mutui, leasing, ecc...).

- A valore incerto: in tal caso la banca non può quantificare l'importo immediatamente, ma solo al manifestarsi dell'insolvenza (ad esempio l'apertura di un credito in conto corrente).

Per la stima di EAD è necessario conoscere sia la quota di fido utilizzata (*DP – Drawn Portion*), sia la quota non ancora utilizzata (*UP – Updrawn Portion*). Vi è una terza variabile che è rappresentata dalla percentuale della quota inutilizzata che si ritiene verrà utilizzata dal debitore in corrispondenza dell'insolvenza (*CCF – Credit Conversion Factor*).

In modo formale quindi la EAD può essere calcolata come:

$$EAD = DP * UP * CCF \quad [1.4]$$

1.2.2 La perdita inattesa

La perdita inattesa rappresenta una misura del grado di volatilità dei tassi di perdita attorno al proprio valor medio, cioè attorno alla *Expected Loss* (EL)⁸.

Essa rappresenta il rischio che la perdita, a posteriori, si dimostri superiore a quella stimata ex ante.

Graficamente:

⁸ Resti A. & Sironi A., (2008), *Rischio e valore nelle banche*, Milano, Egea, p. 356.

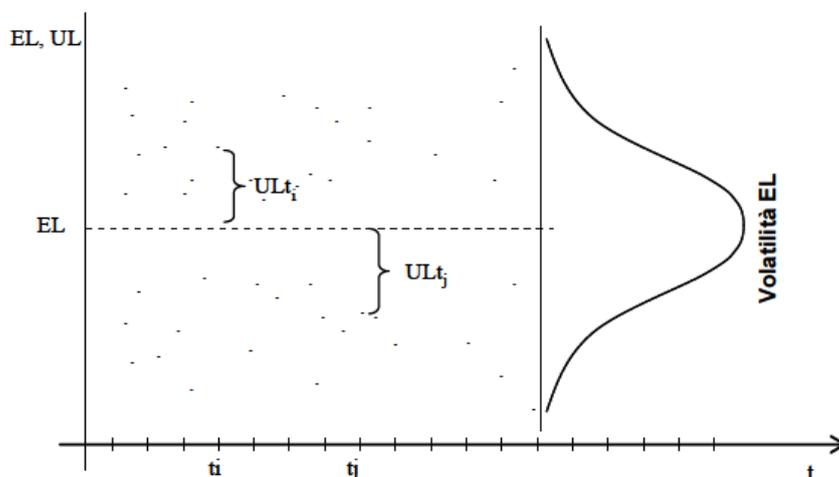


Figura 1.2.1: Perdita attesa e perdita inattesa in funzione del tempo

Una distinzione tra perdita attesa ed inattesa, dal punto di vista economico, è che se per la perdita attesa è previsto un accantonamento a riserva registrato in conto economico, la perdita inattesa non può essere contabilizzata in conto economico ma deve trovare un'adeguata copertura nel patrimonio.

Un'ulteriore distinzione, in ambito della diversificazione del portafoglio, è che la perdita attesa non può essere ridotta diversificando⁹ il portafoglio, mentre la perdita inattesa può essere ridotta tramite un'opportuna ripartizione del rischio tra settori, Paesi, ecc...

Quindi la perdita attesa di un portafoglio è semplicemente data dalla somma delle perdite attese degli impieghi che lo compongono, mentre la variabilità delle perdite totali sul portafoglio è in generale minore della somma delle variabilità delle perdite dei singoli impieghi.

Per valutare la perdita inattesa si considera un modello multinomiale che prevede due soli eventi: default/non default:

⁹ Diversificare un portafoglio vuol dire ridurre la rischiosità del suo rendimento, legata alla presenza di più attività finanziarie, i cui rendimenti non sono perfettamente correlati tra di loro. In pratica si opera sul portafoglio aggiungendo una vasta gamma di titoli con scadenza diversa che consentono di frazionare il rischio complessivo dell'operazione.

Tabella 1.2.1.: Eventi con relative probabilità e perdite

	EVENTI	
	Default	Non default
Probabilità	PD	1-PD
Perdita	LGD	0

$$\text{Perdita attesa} = EL = PD * LGD \quad [1.5]$$

$$\text{Volatilità} = \text{Perdita inattesa} = UL = LGD * \sqrt{PD * (1 - PD)} \quad [1.6]$$

Questa formula è valida sotto le ipotesi che il tasso di perdita LGD sia deterministico e che ci sia indipendenza tra la PD e LGD. Per un calcolo più preciso andrebbe considerata la LGD stocastica e andrebbe introdotta la covarianza tra la PD e la PGD.

Se si tiene quindi anche conto della volatilità del tasso di perdita, la perdita inattesa vale:

$$UL = \sqrt{PD(1 - PD) * LGD^2 + PD * \sigma^2_{LGD}} \quad [1.7]$$

Questa espressione ipotizza l'indipendenza tra la PD e la LGD: se si ritiene che possa esserci una connessione tra le due variabili, bisogna introdurre anche il termine che riguarda la covarianza, ovvero:

$$UL^2 = cov(PD^2, LGD^2) + [PD(1-PD) + PD^2] * [\sigma^2_{LGD} + LGD^2] - [cov(PD, LGD) + PD * LGD]^2 \quad [1.8]$$

E quindi:

$$UL = \sqrt{PD * \sigma^2_{LGD} + PD(1 - PD) * LGD^2} \quad [1.9]$$

Come si può notare, la volatilità del tasso di perdita ha un'influenza maggiore sulla UL quanto più è elevata la PD.

1.3 Le tipologie del rischio di credito

Il rischio di credito è complesso da analizzare perché in esso sono associati diverse tipologie di rischio:

- *Rischio di insolvenza*: rappresenta l'eventualità che una controparte affidata, la quale esiste un'esposizione di credito, diventa insolvente e che quindi non riesca ad onorare regolarmente i pagamenti previsti sul prestito. In questo caso viene quantificata come il prodotto tra EAD e LGD.
- *Rischio di migrazione o di downgrading*: è il rischio connesso al deterioramento del merito creditizio di una controparte.
- *Rischio di recupero*: dovuto al fatto che il tasso di recupero su un'esposizione, dopo un'insolvenza, sia inferiore rispetto a quello stimato in precedenza, o perché il valore di realizzo è stato inferiore al preventivato o perché il processo di recupero ha richiesto più tempo del previsto.
- *Rischio di spread*: a parità di merito di credito, è la probabilità che aumenti il premio al rischio, ossia lo spread, richiesto dal mercato dei capitali.
- *Rischio di esposizione*: è il rischio che l'ammontare dell'esposizione subisca un incremento in prossimità del default.
- *Rischio di pre-regolamento o di sostituzione*: si verifica quando la controparte di una transazione in derivati negoziati sul mercato *Over the Counter* (OTC) diventa insolvente prima della scadenza del contratto, in questo modo la banca diventa costretta a "sostituire" la posizione su mercato a condizioni contrattuali differenti.
- *Rischio Paese*: riguarda il rischio di interruzione del pagamento di un prestito a causa di eventi di natura politica o legislativa.

2 ASPETTI REGOLAMENTARI SUL RISCHIO DI CREDITO: IL COMITATO DI BASILEA

Le banche, basando la loro attività caratteristica sulla fiducia dei clienti, presentano una regolamentazione basata sulla solidità patrimoniale, con lo scopo di eliminare o almeno ridurre il rischio di default.

La documentazione viene distinta a seconda delle diverse realtà operative nazionali, ma in generale poggia sulle norme stabilite dal *Financial Stability Board* e dal Comitato di Basilea per la Vigilanza Bancaria.

Il Comitato di Basilea è stato fondato nel 1974 dai governatori delle banche centrali dei Paesi cosiddetti del G10, che comprende le dieci economie occidentali più avanzate: Belgio, Germania, Francia, Canada, Italia, Giappone, Stati Uniti, Gran Bretagna, Svezia e Svizzera (quest'ultima ne fa parte nel 1984).

Il Comitato fornisce una serie di *standards*, *best practices* e raccomandazioni, al fine di promuovere la cooperazione internazionale per garantire stabilità al sistema finanziario globale.

Gli scopi di tale organismo sono quelli di rafforzare la sicurezza e l'affidabilità del sistema finanziario e dare una definizione degli *standards* minimi per la vigilanza prudenziale.

Sotto il profilo formale, le decisioni del Comitato non hanno un valore giuridico, ma influenzano le legislazioni dei vari Paesi, non solo del G10 ma anche di molti altri Paesi che adottano volontariamente le regole emanate dal Comitato.

Prima di Basilea I, ogni Paese decideva i propri criteri per determinare l'adeguatezza patrimoniale degli intermediari fissando dei livelli minimi tra il rapporto del patrimonio netto e dell'attivo; le soglie minime del rapporto e le definizioni del contenuto del Patrimonio netto variavano da Paese a Paese. Questa difformità determinava, a livello internazionale, ingenti disparità concorrenziali tra i vari sistemi bancari.

Come si vedrà in seguito, i requisiti patrimoniali del 1988 hanno avuto un ruolo essenziale nel determinare le politiche gestionali delle singole banche e nel rafforzare la stabilità del sistema bancario a livello internazionale.

Sul piano microeconomico, i requisiti patrimoniali hanno influenzato le linee di sviluppo e la cultura aziendale delle banche negli ultimi 20 anni, mentre sul piano macroeconomico l'accordo è stato efficace nel rendere più omogenei gli standard di patrimonializzazione dei diversi sistemi bancari internazionali.

I requisiti patrimoniali, che in origine erano focalizzati sul solo rischio di credito, sono stati successivamente estesi anche ai rischi di mercato (nel 1996) e ai rischi operativi (nel 2004).

2.1 BASILEA I

Alla fine degli anni '90 il contesto normativo sul quale operavano le banche era poco regolamentato. Per questo motivo alcuni istituti bancari adottarono una condotta "aggressiva" che pose le basi per la crisi economica esplosa pochi anni dopo.

La prima forte regolamentazione fu introdotta con il primo Accordo di Basilea, raggiunto nel 1988, la quale prevedeva la costituzione di un patrimonio di vigilanza (PV) che servisse da "cuscinetto di sicurezza" in caso di perdite.

Tale regolamentazione, che inizialmente faceva riferimento alle sole banche internazionali, è stata adottata a seguito della pubblicazione di alcune proposte elaborate nel corso dei diversi anni.

L'Accordo richiedeva alle banche di rispettare un rapporto minimo dell'8% (Cookie Ratio o coefficiente patrimoniale) tra il patrimonio (definito nell'Accordo patrimonio di vigilanza) e le attività ponderate per il rischio.

In modo formale:

$$\frac{RC}{\sum_i A_i * w_i} \geq 8\% \quad [2.1]$$

Dove:

- RC è il patrimonio di vigilanza;
- A_i è l'attività i-esima;

- w_i è la relativa ponderazione per il rischio.

Il patrimonio di vigilanza (RC) è suddiviso in due categorie:

- patrimonio di base o TIER 1 composto dal capitale sociale, gli utili non distribuiti e le riserve palesi¹⁰;
- patrimonio supplementare o TIER 2, con un limite del 50% del patrimonio complessivo, è composto da riserve occulte, riserve da rivalutazione, fondi rischi, strumenti ibridi di patrimonializzazione e prestiti subordinati ordinari.

Inoltre, vi sono cinque ponderazioni:

- 0%: cassa, crediti verso governi centrali e banche centrali dei Paesi OCSE¹¹;
- 10%: crediti verso enti pubblici;
- 20%: crediti verso banche OCSE, enti bancari internazionali e banche internazionali e banche non OCSE con durata residua inferiore a 1 anno;
- 50%: crediti ipotecari su immobili residenziali;
- 100%: tutti gli altri crediti.

2.1.1 Limiti di Basilea I

Il sistema di adeguatezza patrimoniale avviato all'Accordo di Basilea nel 1988, agli inizi degli anni '90 comincia a mostrare i suoi limiti, riconducibili ai seguenti aspetti:

- *Focus sul solo rischio di credito*: anche se i pesi w_i tenevano conto della liquidità delle diverse classi di attività finanziarie, lo schema del 1988 si concentrava prevalentemente sul solo rischio di credito ignorando i restanti rischi, quali il rischio di tasso, di mercato e operativo, classi che saranno poi valorizzate nel successivo Accordo del 2004;
- *Scarsa differenziazione del rischio*: i pesi w_i consideravano come un'unica categoria di rischio tutti i crediti verso imprese private commerciali e industriali

¹⁰ Le riserve palesi sono costituite da: riserva sovrapprezzo azioni, riserva legale, utili accantonati a riserva, ecc...

¹¹ L'OCSE, che ha sede a Parigi, conta attualmente 36 Paesi membri ed è l'organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico

con una ponderazione del 100%, ma questo vuole significare che a imprese con rating diversi venivano imposti gli stessi requisiti patrimoniali;

- *Limitato riconoscimento del legame tra scadenza e rischio di credito:* all'aumentare dell'orizzonte temporale si prevede un possibile aumento del rischio di credito; questo perché, pur non essendo in default, essa potrebbe essere migrata da una classe di rating peggiore, e la riduzione di valore conseguente a tale migrazione è più marcata quanto maggiore è la sua vita residua. Esposizioni a lungo termine richiedono quindi un requisito patrimoniale maggiore.
- *Mancato riconoscimento della diversificazione di portafoglio:* per misurare in modo corretto il rischio sul portafoglio crediti di una banca non basta tener conto del grado di rischio delle singole esposizioni, ma bisogna tener conto anche della loro correlazione.
- *Limitato riconoscimento degli strumenti di risk mitigation:* quali garanzie o derivati creditizi per l'attenuazione del rischio di credito.

2.2 BASILEA II

Il mancato raggiungimento di alcuni degli obiettivi inizialmente fissati da Basilea I, portò il Comitato a presentare nel 1999 una nuova proposta: Basilea II.

Uno dei limiti, come si è visto, riguardava il fatto che l'accordo Basilea I valutava le aziende in base a requisiti molto semplificati; questa ragione portò il Comitato ad elaborare nuove linee guida, standard e raccomandazioni.

Il nuovo Accordo, sottoscritto nel giugno 2004 e operativo dal 1° gennaio 2007, si basa su una più accurata misurazione dei rischi assunti nelle attività svolte; essa si pone l'obiettivo di stimolare le banche nel migliorare le attività gestionali e le tecniche di misurazione dei rischi.

Il nuovo Accordo si basa su uno schema a tre pilastri:

- *Minimum Capital Requirements* – Requisiti patrimoniali minimi: il rapporto minimo tra il patrimonio e le attività ponderate per il rischio rimane sempre dell'8%, ma in questo Accordo deve coprire anche il rischio operativo.

- *Supervisory Review* – Supervisione del sistema finanziario: definisce il ruolo delle attività di vigilanza nazionali, comprendendo la possibilità di imporre ulteriori requisiti di patrimonio (oltre a quelli determinati nel primo pilastro). Inoltre, le autorità di vigilanza devono verificare le valutazioni e le strategie adottate dalle banche per il raggiungimento dell'adeguatezza patrimoniale ed intraprendere azioni correttive se queste vengono ritenute inadeguate.
- *Market Discipline*- Disciplina del Mercato: introduce obblighi di informativa al pubblico che riguardano l'adeguatezza patrimoniale, l'esposizione ai rischi e le caratteristiche generali dei sistemi di Controllo e Gestione. Tali obblighi di trasparenza permettevano al mercato di recepire le informazioni, elaborarle e valutare le banche fissando i prezzi.

2.2.1 Minimum Capital Requirements: il primo pilastro

Il primo pilastro prevede due innovazioni rispetto all'Accordo del 1988:

- L'introduzione di un requisito patrimoniale a fronte del rischio operativo, che interessa l'attiva bancaria, in quanto attività d'impresa;
- Una gamma di opzioni per la determinazione del requisito patrimoniale a fronte del rischio di credito.
- Il rischio operativo comprende gli errori delle risorse umane nel trattamento dei dati, nella gestione delle pratiche burocratiche ma comprende anche l'utilizzo, in modo errato, del sistema informativo.

Il nuovo schema regolamentare non va a modificare la percentuale del vincolo di capitale, ma pone l'attenzione sul denominatore del coefficiente patrimoniale: in particolare il denominatore è dato dalla somma della valorizzazione del rischio di mercato, del rischio di credito e del rischio operativo.

In formula:

$$\frac{\text{Capitale di vigilanza}}{\text{Rischio di credito} + \text{Rischio operativo} + \text{Rischio di mercato}} \geq 8\% \quad [2.2]$$

Come detto in precedenza, il coefficiente di solvibilità che le banche devono detenere in rapporto al complesso delle attività ponderate per i rischi, rimane sempre dell'8%, ma il denominatore tiene conto dei seguenti rischi:

- Rischio di mercato ovvero rischio di perdite derivati, nelle posizioni in bilancio e fuori bilancio, a seguito di variazioni sfavorevoli dei fattori di mercato. Fra i rischi ponderati sono presenti il rischio di cambio, di tasso e di controparte;
- Rischio di credito ovvero rischio derivante dalla probabilità di insolvenza della controparte;
- Rischio operativo ovvero rischio derivante da disfunzioni tecniche o informatiche, danni ai beni materiali, frode interna o esterna, ecc...

L'innovazione più importante introdotta da Basilea II riguarda le ponderazioni del rischio di credito: vengono determinate attraverso l'assegnazione delle controparti a precise classi di rating.

È possibile valutare la rischiosità della controparte sulla base dei giudizi assegnati dalle agenzie di rating attraverso il metodo standardizzato, oppure sulla base dei criteri elaborati al proprio interno attraverso il metodo dei rating interni o *internal-rating-based* (IRB).

Vi sono tre approcci per il calcolo dei requisiti patrimoniali:

- Approccio standard
- Sistema basato sui rating interni di base
- Sistema basato sui rating interni avanzato

Questi tre approcci verranno, qui di seguito, elaborati.

2.2.1.1 Approccio standard

L'approccio standard è assimilabile a quello previsto da Basilea I, ma cerca di superare alcuni limiti, quali la considerazione del ruolo delle garanzie e la considerazione delle altre tecniche di mitigazione del rischio. In questo caso i coefficienti di ponderazione dipendono non solo dalla tipologia del prestito, ma anche dalla classe di merito della controparte, determinata sulla base dei rating elaborati da agenzie esterne alle banche

autorizzate dall’Autorità di vigilanza e tenute al rispetto, nel prestare il loro servizio, di precisi requisiti (obiettività, indipendenza dalle influenze politiche, trasparenza, sufficienti risorse, credibilità e pubblicità delle informazioni).

Se il rating di un debitore non risulta disponibile, allora si applicano i coefficienti visti in precedenza da Basilea I.

Nella maggior parte dei casi l’elemento che guida il valore delle ponderazioni è il giudizio assegnato alla controparte da società specializzate, ovvero le agenzie di rating, chiamate ECAI (*External Credit Assessment Institutions*). Al 21 luglio 2011 le ECAI riconosciute da Banca d’Italia sono quattro: Fitch, Standard & Poor’s, Moody’s e Cerved Group.

Le ponderazioni variano in funzione delle varie attività. Le principali attività riguardano:

- Crediti verso Governi: a differenza di Basilea I, in questo caso la ponderazione varia in base al rating che le agenzie hanno assegnato, come in tabella:

Tabella 3.2.2.3.1: ponderazione dei crediti verso governi

Valutazione	Da AAA ad AA-	Da A+ a A-	Da BBB+ a BBB-	Da BB+ a BB-	Inferiore a B-	Senza rating
Ponderazione	0%	20%	50%	100%	150%	100%

- Crediti verso banche: vi sono due alternative. La prima assegna la ponderazione immediatamente successiva rispetto ai crediti concessi al governo del Paese di riferimento; la seconda utilizza la ponderazione assegnata dalle ECAI alle banche, favorendo i crediti a breve termine con durata uguale o inferiore a 3 mesi, la quale viene assegnata una ponderazione immediatamente precedente fino ad un minimo del 20%.

Tabella 3.2.2.3.2: ponderazione dei crediti verso banche-opzione 1

Valutazione	Da AAA ad AA-	Da A+ a A-	Da BBB+ a BBB-	Da BB+ a BB-	Inferiore a B-	Senza rating
Ponderazione	20%	50%	100%	100%	150%	100%

Tabella 3.2.2.3.3: ponderazione dei crediti verso banche-opzione 2

Valutazione	Da AAA ad AA-	Da A+ ad A-	Da BBB+ a BBB-	Da BB+ a B-	Inferiore a B-	Senza Rating
Ponderazione	20%	50%	50%	100%	150%	50%
Ponderazione per i crediti a breve termine	20%	20%	20%	50%	150%	20%

- Crediti alle imprese: la precedente disciplina prevedeva la ponderazione al 100%, in Basilea II questa ponderazione viene sostituita dal rating esterno.
- Crediti al dettaglio: essendo piccole e medie imprese, quindi prive di rating, viene attribuito un peso del 75%;
- Mutui ipotecari residenziali: viene assegnato un peso del 35%;
- Crediti ad alto rischio: viene applicata una ponderazione del 150%.

Quanto appena esposto viene riassunto nella seguente tabella:

Tabella 3.2.2.3.5 Ponderazioni per il rischio nel nuovo approccio standard.

ESPOSIZIONI		PONDERAZIONI PER IL RISCHIO						
<i>Standard & Poor's</i>		da AAA a AA-	da A+ a A-	da BBB+ a BBB-	da BB+ a BB-	da B+ a B-	< B-	Unrated
<i>Moody's</i>		da Aaa a Aa3	da A1 a A3	da Baa1 a Baa3	da Ba1 a Ba3	da B1 a B3	< B3	Unrated
<i>Enti sovrani</i>		0	20%	50%	100%	100%	150%	100%
<i>Banche</i>	<i>Opzione 1</i>	20%	20%	50%	50%	100%	50%	100%
	<i>Opzione 2</i>	100%	100%	100%	150%	150%	100%	50%
<i>Imprese private</i>		20%	50%	100%	100%	150%	150%	100%
<i>Operazioni di securitization</i>		20%	50%	100%	150%	Deduzione dal patrimonio		
<i>Retail (privati e PMI)</i>		75%						
<i>Mutui residenziali</i>		35%						
<i>Mutui commerciali</i>		Da 100% a 50%, a scelta delle Autorità di vigilanza nazionali						

2.2.1.2 Sistema basato sui rating interni di base (IRB Foundation)

La principale novità introdotta da Basilea II riguarda la modalità di calcolo dei requisiti patrimoniali minimi tramite il metodo dei rating interni. Basilea II definisce il sistema dei rating come “l’insieme di metodi, procedimenti, controlli, dati e sistemi informativi che fungono da supporto alla valutazione del rischio di credito, all’attribuzione dei gradi interni di merito ed alla stima quantitativa delle inadempienze e delle perdite.

Il rating è un giudizio che viene espresso dall’agenzia di rating, sulle capacità di una società di pagare o meno i propri debiti e rappresenta la valutazione del merito di credito di un emittente di titoli obbligazionari.

Non è obbligatorio avere un rating ma, infatti, è l’emittente delle obbligazioni che deve richiedere alla società di rating la valutazione; per cui una società può anche non essere interessata a farsi rilasciare un rating, magari perché quella società non emette obbligazioni.

Questo metodo stima, con proprie metodologie interne, soltanto la PD dei debitori, facendo invece riferimento a valori prefissati dalle Autorità per quanto riguarda la LGD, EAD e la maturity¹².

Questa metodologia può essere utilizzata come alternativa alla precedente soltanto se vengano rispettati alcuni criteri, quali:

- Valuta separatamente la PD e la LGD;
- Il rating è controllato periodicamente;
- La distribuzione dei crediti sulle varie classi avviene senza particolari concentrazioni;
- Il rating è utilizzato dalla banca nella gestione dei crediti;
- L'intermediario deve possedere un sistema di validazione dell'accuratezza e coerenza del SRI (Sistema Rating Interno) e deve rispettare i requisiti di documentazione formale.

Affinché le banche possano utilizzare i metodi dei rating interni per il calcolo dei requisiti patrimoniali, è necessario che rispettino precisi criteri qualitativi e quantitativi definite dalle Autorità, quali:

- Documentazione del sistema di rating: gli intermediari devono provvedere a documentare i dettagli operativi dei propri sistemi di rating, formalizzando le caratteristiche del modello adottato e le scelte effettuate.
- Completezza delle informazioni: gli intermediari devono dotarsi di procedure interne in grado di assicurare la sistematica analisi di tutti i dati disponibili.
- Replicabilità: le banche devono essere in grado di ripercorrere l'iter di riassegnazione del rating ed eventualmente ricalcolarlo per ogni posizione.
- Integrità del processo di attribuzione del rating: occorre evitare che l'attribuzione definitiva del rating possa essere condizionata dall'intervento di soggetti portatori di interessi in conflitto con l'obiettivo.

¹² La Maturity indica la data di rimborso di un'obbligazione.

- Omogeneità: i sistemi utilizzati dalle banche devono garantire che debitori ed attività, che comportino rischi simili, siano valutati allo stesso modo e quindi assegnati alla stessa classe di rating.
- Univocità: nel caso in cui si abbia una controparte verso cui diverse società, facenti capo ad un unico gruppo bancario sono esposte, occorre che gli venga assegnato un unico rating. Occorre quindi implementare procedure e regole per garantire che il rating sia attribuito in maniera univoco.

2.2.1.3 Sistema basato sui rating interni avanzati (IRB Advanced)

È il metodo più complesso, costoso e sofisticato. Oltre alla PD, in questo caso vengono stimate internamente anche la LGD, la EAD e la maturity (M) che invece nel sistema di rating interno di base assumono valori determinati dalla Autorità di vigilanza. Le stime devono rappresentare una media di lungo periodo, ponderata per le insolvenze, ed essere basate su dati relativi a esposizioni e controparti simili.

Per il resto segue le stesse fasi del metodo di base.

2.2.2 Supervisory review- Secondo pilastro

Il secondo pilastro ha lo scopo di affiancare, alle regole quantitative, un processo di controllo prudenziale svolto dalle Autorità di vigilanza nazionali.

In particolare, il processo di controllo prudenziale previsto dal secondo pilastro ruota attorno a quattro principi:

- Le banche devono disporre di un sistema di processi e tecniche con lo scopo di determinare l'adeguatezza patrimoniale complessiva in riferimento al profilo di rischio adottato.
- Le autorità di vigilanza devono valutare questi processi, tecniche e strategie, nonché la capacità delle banche di assicurare la conformità con i coefficienti patrimoniali obbligatori.
- Le autorità di vigilanza devono evitare che il patrimonio di una banca scenda sotto la soglia corrispondente al suo profilo di rischio.

- Le autorità di vigilanza devono poter richiedere alle banche di detenere un patrimonio superiore rispetto allo standard minimo obbligatorio. Tale margine serve solo per tener conto delle incertezze che colpiscono i vari mercati e il settore bancario.

Nell'ambito del secondo pilastro è necessario verificare:

- La conformità con i requisiti previsti nel primo pilastro;
- Il presidio dei rischi rientranti nel primo pilastro, ma quantificati in modo semplificato (rischio di concentrazione e di correlazione);
- Alcuni fattori interni alla banca, ma non considerati nel primo pilastro;
- L'effetto sui rischi di alcuni fattori esterni alla banca (come il ciclo economico e il progresso tecnologico).

Per quanto riguarda l'effetto del ciclo economico sul rischio, è previsto che le banche che adottino il metodo dei rating interni, debbano condividere con le Autorità di vigilanza i risultati dei propri esercizi di stress-testing, per simulare l'effetto sulla PD, LGD ed EAD e quindi sul capitale minimo obbligatorio.

Nel secondo pilastro, pertanto, si riconosce che il grado di rischio cui è esposta una banca non dipende solo da parametri numerici ed oggettivi, ma anche da aspetti qualitativi quali l'efficacia dell'assetto organizzativo, l'efficacia del processo di allocazione del capitale, la qualità del management e la qualità dei processi di controllo.

2.2.3 Market discipline- Terzo pilastro

Il terzo pilastro introduce l'obbligo di informare il pubblico, con adeguate tabelle informative, sulla propria adeguatezza patrimoniale all'esposizione ai rischi ed alle caratteristiche generali dei sistemi di gestione, controllo e monitoraggio dei rischi stessi.

Ciò si traduce nell'obbligo, da parte delle banche, di fornire una serie di dati riguardanti la gestione, la concentrazione dei rischi, la composizione del patrimonio di vigilanza, i metodi di rating e le misure adottate per contenere il rischio. Qualora non vengano rispettati i requisiti di trasparenza, le Autorità di vigilanza possono adottare

provvedimenti che vanno da un semplice dialogo con le direzioni bancarie o richiami, fino a sanzioni pecuniarie.

Le informazioni previste devono essere fornite con cadenza semestrale fatta eccezione per ciò che riguarda la gestione delle politiche, obiettivi, sistemi di segnalazione e definizioni in materia di gestione dei rischi: queste possono essere pubblicate con cadenza annuale.

2.2.4 Limiti di Basilea II

Nonostante Basilea II abbia permesso di superare alcuni limiti che caratterizzavano il precedente Accordo, presenta ancora delle criticità, quali:

- Le ponderazioni per il rischio previste per le diverse fasce di rating nell'approccio standard sono relativamente poco differenziate;
- La difficoltà delle banche di raccogliere tutte le informazioni e i dati necessari per sviluppare le metodologie più avanzate per la misurazione del rischio di credito;
- Il timore che il metodo basato sui rating interni vada a penalizzare le PMI (piccole e medie imprese), erroneamente considerate più rischiose andando a praticare una diminuzione dei crediti concesso e un innalzamento dei tassi di interesse;
- La prociclicità finanziaria dovuta al fatto che i requisiti patrimoniali, essendo basati sui rating, possano accentuare le fluttuazioni del ciclo economico. Un deterioramento del ciclo economico associato ad un aumento dei tassi di default e ad un conseguente downgrading dell'esposizione, determinerebbe una diminuzione dei requisiti patrimoniali imposti dalle banche, e ciò porterebbe ad una contrazione del credito.

2.3 BASILEA III

Nell'agosto del 2007 negli Stati Uniti ha avuto inizio la crisi finanziaria destinata ad investire l'intera economia mondiale. Tale crisi si è manifestata in seguito allo scoppio della bolla legata agli strumenti derivati sui mutui subprime; ciò ha avuto effetti anche sul settore bancario.

A seguito della crisi quindi, il sistema normativo dell'intermediazione finanziaria fu criticato per la sua inadeguatezza nel limitare gli effetti dell'instabilità e per la sua incapacità di prevenire una crisi di dimensioni enormi.

A quel tempo la normativa in vigore era Basilea II, la quale dettava i requisiti patrimoniali minimi che le banche dovevano rispettare, imponendo un accantonamento di quote di capitale proporzionali ai rischi assunti.

Nonostante le disposizioni, la crisi si verificò lo stesso e gli intermediari bancari si trovarono quindi impreparati, per l'insufficiente liquidità detenuta per fronteggiarla.

Quindi il Comitato di Basilea ha emanato, con l'obiettivo di migliorare la regolamentazione prudenziale del settore bancario, una serie di provvedimenti denominato Basilea III.

Anche questo Accordo si basa sulla struttura a tre pilastri ma ne rinforza le basi; in particolare interviene su ogni pilastro, fissa le direttive per le istituzioni finanziarie e i requisiti globali di liquidità.

I cambiamenti, rispetto al precedente Accordo, riguardano i requisiti patrimoniali minimi, i quali diventano più rigidi sia in termine di qualità che di quantità; ciò avviene per assicurare un maggiore assorbimento delle perdite.

Di seguito vengono elencate le modifiche trattate:

- Capitale: viene aumentato la qualità e il livello del patrimonio di vigilanza ridefinendo la composizione del *Tier 1* (Capitale di base), *Tier 2* ed eliminando il *Tier 3*. In particolare, il patrimonio di base deve essere composto da azioni ordinarie e da riserve di utili non distribuiti (*common equity*), e non da strumenti ibridi innovativi con incentivo al riacquisito; viene quindi introdotto il concetto di *Core Tier 1* composto dal *Tier 1* al netto degli strumenti ibridi. Il livello minimo del *Tier 1* passa dal 4% al 6% delle attività ponderate per il rischio e il requisito minimo del *Core Tier 1* è innalzato al 4,5% delle attività pesate per il rischio al netto degli aggiustamenti. Il *Tier 2* copre il 2% che, sommato al *Tier 1*, permette di raggiungere l'8% regolamentare.

In formula:

$$Tier\ 1 = \frac{\text{Patrimonio di base}}{\text{Attività ponderate per il rischio}} \quad [2.3]$$

$$Core\ Tier\ 1 = Tier\ 1 - \text{strumenti ibridi} \quad [2.4]$$

In aggiunta agli aumenti patrimoniali, le banche dovranno dotarsi dei cosiddetti buffer di capitale, ovvero una sorta di cuscinetti pari ad un ulteriore 2,5% che in fasi economiche critiche potrebbe essere aumentato, per garantire la stabilità patrimoniale.

Basilea III fissa, rispetto ai precedenti accordi, due tipologie di buffer: il buffer di conservazione e il buffer anticiclico.

Il ruolo del buffer di conservazione è quello di garantire che, in periodi economici positivi, le banche accumulino riserve patrimoniali in eccesso rispetto ai requisiti minimi, da cui poter attingere nelle fasi di tensione economica.

Il buffer anticiclico ha come obiettivo la protezione del sistema bancario da un'eccessiva crescita del credito, in riferimento alla gravità delle perdite subite da molti intermediari finanziari dovute ad una politica aggressiva di espansione del credito.

- Copertura dei rischi: è stato uno dei concetti su cui il Comitato di Basilea III si è soffermato maggiormente, all'indomani della crisi, per rafforzare lo schema regolamentare. In particolare, si è proceduto ad innalzare i requisiti di capitale a fronte delle esposizioni collegate al portafoglio di negoziazione e cartolarizzazione complesse.
- Contenimento della leva finanziaria: uno dei meccanismi che ha fortemente inciso sulla profondità della crisi è stato l'eccessivo ricorso delle banche all'indebitamento. Il Comitato, quindi, prevede un indice di leva finanziaria (Leverage Ratio) calcolato come il rapporto tra patrimonio di base *Tier 1* e il totale dell'attivo comprendente le esposizioni fuori bilancio. Tale indice non potrà scendere al di sotto del 3%.
- Liquidità: con l'avvento della crisi molti operatori del settore bancario, sebbene presentassero consistenti riserve patrimoniali, hanno affrontato difficoltà

finanziarie a causa di una non cauta gestione della liquidità. Per questo motivo Basilea III ha introdotto nell'Accordo due nuovi indicatori di liquidità minima.

Il primo, *Liquidity Coverage Ratio* (LCR), è un indicatore di breve termine e ha lo scopo di rafforzare la stabilità delle banche in occasione di carenza di liquidità, su un arco temporale di trenta giorni. Esso permette alle banche di dotarsi di un livello adeguato di attività liquide di alta qualità (ALAQ) non vincolate per sostenere una situazione di stress.

In formula:

$$\text{Liquidity Coverage Ratio} = \frac{\text{ALAQ}}{\text{Deflussi di cassa (30 giorni)}} > 1 \quad [2.5]$$

Il secondo requisito è il *Net Stable Funding Ratio* (NSFR) e si tratta di un indicatore di lungo termine che effettua una valutazione su un arco temporale di un anno. Questo indicatore stabilisce che gli istituti bancari debbano detenere, su un orizzonte temporale di un anno, un livello minimo di risorse stabili in funzione della composizione del loro attivo e delle loro operazioni fuori bilancio. La stabilità è garantita da una maggiore quantità di risorse finanziarie stabili (AFS) rispetto al fabbisogno di risorse stabili richiesto dalla formazione dell'attivo (RSF).

Il numeratore è formato da: *Tier 1*, *Tier 2*, azioni privilegiate e passività con scadenza maggiore o uguale ad un anno e passività con scadenza inferiore ad un anno, per le quali la banca si aspetta un rinnovo di oltre dodici mesi. Tutte le componenti sono ponderate con un coefficiente che rappresenta la stabilità della fonte; questo coefficiente va dallo 0% per le passività con scadenza inferiori ad un anno, fino al 100% per le più stabili.

In formula:

$$\text{Net Stable Funding Ratio} = \frac{\text{ASF}}{\text{RSF}} > 1 \quad [2.6]$$

- Istituzioni finanziarie di importanza sistemica: gli intermediari che rientrano in questa categoria devono avere una maggiore capacità di assorbimento delle perdite, perché un loro default risulterebbe più grave di quello di altri

intermediari. Il Comitato ha, quindi, fissato dei criteri quantitativi e qualitativi per poterle classificare ed assegnare un coefficiente patrimoniale progressivo, che va dall'1% al 2.5%, da soddisfare con *Tier 1*.

2.3.1 Gli impatti di Basilea III

L'Accordo di Basilea III ha inciso in maniera positiva sulla quantità del credito disponibile. L'introduzione dei vari buffer e l'incremento dei requisiti minimi di capitale hanno aumentato la capacità di assorbimento di capitale e hanno diminuito il ricorso a forme di debito meno onerose.

Altro aspetto positivo è rappresentato dalla maggiore qualità del capitale di *Tier 1* che aumenta dal 2% al 7% evidenziando l'incapacità nell'assorbimento delle perdite da parte degli strumenti ibridi che non rientrano nel patrimonio di base.

2.4 VERSO BASILEA 4

Con la denominazione Basilea IV si fa riferimento a normative di diversa origine e natura che modificano le precedenti regole prudenziali adottate dalle banche denominate Basilea III.

Le nuove riforme regolamentari entreranno in vigore dal 2021 al 2027, pertanto, Basilea IV non è ancora in vigore e, in questo paragrafo, verranno trattati solo gli scopi e le proiezioni e non i risultati e conclusioni, come per gli altri Accordi.

Lo scopo di Basilea IV è quello di aumentare l'attendibilità ai calcoli delle attività ponderate per il rischio (RWA) e rendere più facilmente confrontabili gli indicatori patrimoniali delle banche.

Ripetute analisi hanno messo in luce una variabilità eccessiva dei RWA tra le diverse banche; i modelli interni di valutazione dei rischi possono essere usati per minimizzare il requisito patrimoniale: vi è quindi un incentivo a sviluppare dei modelli interni che vadano in questa direzione.

Per questi motivi Basilea IV introduce una serie di vincoli all'uso dei modelli interni:

- La sensitività dei rischi all'Approccio standard viene aumentata con una più dettagliata ponderazione dei crediti.
- Le banche devono aggiornarsi maggiormente tramite ricerche sull'attendibilità delle valutazioni espressa dai rating esterni, per sviluppare un approccio che non sia basato appunto sui rating esterni.
- Vengono fissati dei livelli minimi di PD, EAD ed LGD da utilizzare nella valutazione dei rischi.
- Saranno, inoltre, introdotti degli *output floor* in cui l'ammontare dei RWA ottenuti con i modelli interni non può essere inferiore al 72.5% di quello calcolato con l'approccio standard.

In conclusione, emerge quindi che le nuove riforme renderanno sempre meno elastica l'operatività delle banche, incentivando l'utilizzo dei mezzi propri o di strumenti alternativi di accesso del credito.

3 MODELLI DI STIMA DELLA PD

In questo capitolo verranno esaminati due tipi di modelli statistici: i modelli basati sul mercato dei capitali, distinti a loro volta in modelli in forma ridotta, la quale uno dei principali è il modello basato sugli spread dei corporate bond e i modelli strutturali, il quale verrà analizzato dettagliatamente il modello di Merton e il modello KMV (con delle approssimazioni *naive*), in quanto saranno oggetto dell'analisi del capitolo IV.

Verranno anche esaminati i pregi e i difetti dei modelli prima citati.

3.1 I Modelli basati sul mercato dei capitali

Negli ultimi anni si sono affermati i modelli per la stima dei tassi di insolvenza fondati sul mercato dei capitali, in seguito allo sviluppo dei mercati azionari che obbligazionari e degli studi teorici in materia di determinazione dei prezzi delle attività finanziarie rischiose.

3.1.1 Modelli in forma ridotta

All'interno della categoria dei modelli basati sul mercato dei capitali, si distinguono i modelli in forma ridotta, che non hanno come obiettivo la descrizione analitica del processo economico- finanziario che conduce al default l'impresa (come il modello di Merton che verrà analizzato più avanti), ma tendono semplicemente a descrivere, dal punto di vista statistico, l'evento di default senza approfondirne le cause economiche.

Il default è modellato ricorrendo ad una distribuzione di Poisson: probabilità che nell'unità di tempo si verifichi un predeterminato numero di eventi λ (intensità della distribuzione).

Probabilità che X (variabile causale Poissoniana) assuma il valore k (numero eventi):

$$P(x = k) = \frac{1}{k!} \lambda^k e^{-\lambda} \quad [3.1]$$

Poiché la somma di distribuzioni di Poisson indipendenti con identica intensità è una distribuzione di Poisson con intensità pari alla somma delle intensità, il numero degli eventi N nel periodo da 0 a T, si distribuisce come:

$$P(N = K) = \frac{1}{K!} (\lambda T)^K e^{-\lambda T} \quad [3.2]$$

La probabilità che l'impresa non fallisca, cioè sopravviva per il periodo T è modellabile con una distribuzione di Poisson con cui si calcola l'evento nullo:

$$P(N = 0) = e^{-\lambda T} \quad [3.3]$$

Mentre la probabilità che fallisca entro il periodo T:

$$1 - P(N = 0) = 1 - e^{-\lambda T} \quad [3.4]$$

Quindi questi modelli si limitano a considerare il default come una variabile aleatoria, che assume valori diversi da 0 in ogni intervallo di tempo.

3.1.2 I modelli basati sugli spread dei corporate bond

Il modello fondato sugli spread dei corporate, uno dei principali modelli ridotti, parte da una valutazione semplice ed intuitiva: lo spread richiesto dal mercato ai titoli obbligazionari rischiosi rispetto al rendimento di titoli di uguale scadenza, ma privi di rischi di insolvenza, riflette le aspettative del mercato per quanto riguarda la probabilità di insolvenza degli investitori.

Gli spread, dunque, sintetizzano tutte le informazioni disponibili sui fattori che influiscono sulla probabilità di insolvenza.

I principali dati di input di questo modello sono:

- La curva dei differenziali tra i rendimenti zero coupon dei titoli risk free, ovvero dai titoli di Stato, e i rendimenti zero coupon dei corporate bond dei titoli obbligazionari rischiosi;
- Stima del tasso di recupero atteso, sui corporate bond, in caso di insolvenza.

Inoltre, si ipotizza di esprimere i tassi di interesse come tassi composti continui, per cui il montante M di un debito a fine anno sarà dato dal capitale iniziale C moltiplicato per un fattore di montante di tipo esponenziale, ovvero:

$$M = C e^i$$

Per capire come è strutturato il modello, bisogna partire dalla stima della probabilità di insolvenza. Ipotizzando che la PD di un'impresa, che ha emesso un titolo obbligazionario, sia p e che, in caso di insolvenza dell'emittente, gli investitori perdano l'intero capitale, ovvero $LGD=100\%$ (quindi $recovery\ rate=0\%$) ed indicando con i il tasso di rendimento risk free a un anno (approssimato dal tasso di rendimento dei titoli di Stato) e con i^* il tasso di rendimento del titolo obbligazionario a un anno (che in termini di spread, denominato d , può essere scritto come $i^*=i+d$), allora si può affermare che un investitore neutrale al rischio¹³ è indifferente fra i due investimenti quando il montante di un euro investito nel titolo risk free è pari al montante di un euro investito nel corporate bond, ponderato per la probabilità che questo venga poi restituito.

In formula:

$$e^i = (1 - p)e^{i+d}$$

dalla quale si ricava:

$$p = 1 - e^{-d} \quad [3.1]$$

Come si evince dalla formula, quanto maggiore è lo spread d richiesto dal mercato, tanto maggiore è la probabilità di default p .

Ipotizzando invece un caso più realistico, dove il tasso di recupero non sarà dello 0% ma superiore a quest'ultimo, allora un investitore neutrale al rischio sarà indifferente tra i due investimenti se:

$$e^i = [(1 - p) + pR]e^{i+d} \quad [3.2]$$

da cui è possibile ricavare p :

$$p = \frac{1 - e^{-d}}{1 - R} \quad [3.3]$$

¹³ Neutralità al rischio vuol dire che un investitore dovrebbe essere indifferente tra un investimento certo e uno rischioso, se il valore atteso del secondo sia pari al valore finale certo del primo.

Da qui si evince che la p dipende, non solo dallo spread d richiesto dal mercato, ma dipende, in modo inversamente proporzionale, anche dalla loss given default ($LGD=1-R$), ovvero il complemento a uno del tasso di recupero.

Se si estende l'analisi ad un caso più complesso e realistico, ovvero a scadenze pluriennali, è possibile ricavare la stima della PD relative a diversi orizzonti temporali.

Indicando con p_T la probabilità di default cumulata relativa a un periodo di T anni, ovvero la probabilità che l'emittente fallisca tra oggi e la fine del T -esimo anno, allora la [3.4] può essere scritta come:

$$e^{i_T T} = [1 - p_T p_T R] e^{(i_T + d_T) T} \quad [3.4]$$

ovvero, in termini di probabilità:

$$p_T \frac{1 - e^{-d_T T}}{1 - R} \quad [3.5]$$

Se indichiamo con $s_T = 1 - p_T$ la probabilità che il debitore non fallisca tra oggi e la fine del T -esimo anno e con s'_T la probabilità che il debitore non fallisca nel corso dell'anno T , allora per ogni anno sia avrà:

$$s_T = s_{T-1} * s'_T$$

e:

$$s'_T = \frac{s_T}{s_{T-1}}$$

quindi, la probabilità di default marginale durante l'anno T (p'_T), che è il complemento a uno della probabilità di sopravvivenza, si può esprimere come:

$$p'_T = 1 - s'_T = 1 - \frac{1 - p_T}{1 - p_{T-1}}$$

3.1.3 Pregi e difetti dei modelli basati sugli spread dei corporate bond

I principali vantaggi del metodo appena descritto sono:

- Utilizza dati di mercato e quindi valutazioni oggettive e non soggettive della singola istituzione finanziaria;
- È un modello “*forward looking*” ovvero stima i tassi di insolvenza attesi dal mercato per il futuro, e non i tassi già verificati in passato.

Ma a fronte di tali vantaggi, il modello presenta anche numerosi svantaggi. Innanzitutto, tale modello si basa su due ipotesi molto forti, quali:

- La validità della teoria delle aspettative, non sostenibile nel lungo periodo, poiché i premi per la liquidità sono crescenti e non sono direttamente legati al rischio di insolvenza dell'emittente.

Si può quindi dedurre come lo spread, spesso vada a riflettere la maggiore o minore liquidità dei titoli stessi più che il loro effettivo rischio di credito;

- L'ipotesi di neutralità al rischio, alla base dell'equazione [3.2] la quale si supponeva che l'acquirente di un bond sia indifferente a ricevere il montante certo oppure il montante rischioso, salvo che il loro valore atteso sia uguale. Nella realtà invece, gli investitori richiedono un certo premio P per il rischio per scambiare un investimento certo con uno rischioso.

La [3.4] diventa, quindi:

$$e^i + P = [(1 - p^*)(1 - R)]e^{i+d} \quad [3.6]$$

Dal confronto tra le due espressioni si evince che il valore di p nella [3.2] è maggiore rispetto al valore di p^* nella [3.6], poiché quest'ultima riflette il reale comportamento degli investitori. La [3.6] produrrà quindi PD distorte verso l'alto e, poiché sono basate sull'ipotesi di neutralità al rischio, vengono chiamate PD *risk neutral* e possono essere usate in numerosi modelli di asset pricing.

3.2 I modelli basati sulle quotazioni azionarie

Questa tipologia di modelli, a differenza dei modelli in forma ridotta, tenta di stimare l'andamento complessivo dell'attività dell'impresa, e dunque, la probabilità di

insolvenza ad esse associate attraverso le valutazioni delle caratteristiche strutturali o intrinseche dell'impresa.

Questi modelli sono anche denominati *firm value models* in quanto il processo alla base del modello di valutazione è il valore dell'impresa.

I modelli strutturali sono generalmente indicati per lo studio delle probabilità di insolvenze in aziende corporate in quanto necessitano, come dati di input, informazioni generate dai mercati azionari.

Questo tipo di approccio è stato il primo tentativo di fornire un modello qualitativo del rischio di credito con finalità di valutazione; i primi lavori in questo campo sono gli studi compiuti da Merton nel 1974 sulla base del modello di Black e Scholes, seguiti dagli studi sviluppati dalla società KMV.

3.2.1 Il modello di Merton

Il modello di Merton fonda la sua analisi sulla teoria dell'option pricing fondata da Black & Scholes nel 1973. Merton, nel 1974, fu il primo a applicare questa teoria al rischio di insolvenza, sviluppando un modello che parte dal presupposto secondo il quale il default si manifesta per l'impresa esattamente nel momento in cui il valore delle attività risulta inferiore al valore delle passività; se tale condizione dovesse essere verificata allora il patrimonio netto risulterebbe negativo e diventerebbe sconveniente per gli azionisti saldare i crediti dovuti.

Questo modello descrive la struttura finanziaria dell'impresa debitrice in maniera semplificata: si ipotizza che l'impresa abbia una sola forma di passività verso terzi, rappresentata da un prestito bancario o obbligazionario, che prevede il rimborso del capitale in un'unica soluzione alla scadenza.

Il modello si basa su alcune ipotesi fondamentali, formulate da Merton:

- Il mercato in cui operano le imprese è perfetto: non vi sono costi di transazione (costi da sostenere per effettuare gli scambi), né tasse, le informazioni sono disponibili in maniera equa tra gli agenti che operano nei mercati e gli investitori possono concedere o prendere a prestito allo stesso tasso di interesse;

- Il tasso di interesse privo di rischio è costante: ciò implica che non ci siano effetti rilevanti nella curva dei tassi;
- L'impresa ha una sola forma di passività verso terzi, assimilabile ad uno zero coupon bond il quale, dunque, prevede il rimborso del capitale in un'unica soluzione a scadenza e non prevede il pagamento di cedole intermedie.
- Il valore di mercato (V) dell'attivo aziendale varia in ogni istante, in modo imprevedibile; Merton ipotizza che le sue variazioni istantanee percentuali possono essere rappresentata con il moto browniano geometrico¹⁴ descritto dalla seguente relazione:

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma_V dz \quad [3.7]$$

Le componenti della 3.7 sono:

- V rappresenta il valore di mercato degli asset;
- μ indica il tasso istantaneo di rendimento degli attivi, noto come *drift rate*;
- σ_V rappresenta la volatilità dell'attivo;
- dz , dato dal prodotto tra un termine ε distribuito secondo una normale standard e la radice quadrata del tempo, è un disturbo casuale.

La soluzione dell'equazione differenziale stocastica è la seguente:

$$V(t) = V(0) * e^{\left(\mu - \frac{\sigma_V^2}{2}\right) * t + \sigma_V * d_z(t)} \quad [3.8]$$

In base alle assunzioni appena fatte, è possibile enunciare quanto proposto da Merton nel modello di stima della probabilità di insolvenza. I parametri di input sono:

- V: valore di mercato dell'attivo dell'impresa
- E: il patrimonio netto

¹⁴ Il moto browniano geometrico è un processo stocastico definito nel continuo in cui il *logaritmo* della variabile aleatoria nel tempo segue un moto browniano o più precisamente un processo di Wiener.

- B: rappresenta il valore di mercato del debito, con valore nominale F rimborsato alla scadenza.

La probabilità di insolvenza, relativa ad un'impresa quotata, è pari alla probabilità che alla data di scadenza del debito, il valore di mercato dell'attivo (V) sia inferiore al valore di rimborso del debito stesso.

$$PD = \text{Prob}[V_T < F] \quad [3.9]$$

La figura seguente mostra la condizione per cui si verifica l'insolvenza:

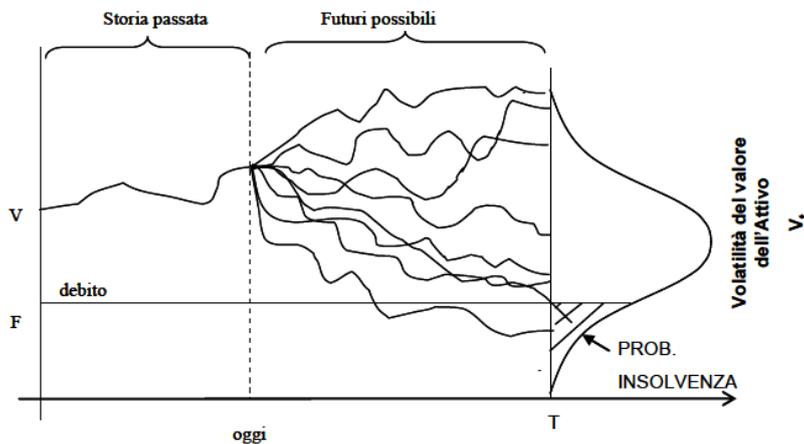


Figura 3.2.1.1: Rappresentazione dello stato di insolvenza

Come già detto, il moto descritto dell'attivo è di tipo stocastico e la probabilità di insolvenza è rappresentata dall'area destra sottesa alla curva normale ed interseca il valore di rimborso del debito a scadenza; dalla figura si evince che la probabilità di insolvenza è tanto maggiore quanto:

- Maggiore è il valore nominale del debito F;
- Maggiore è la volatilità del valore di mercato dell'attivo;
- Maggiore è la scadenza del debito;
- Minore è il valore iniziale dell'attivo (V_0)

All'inizio si è detto che il modello di Merton si basa sulla teoria dell'option pricing, per questo motivo è necessario introdurre il concetto di opzione, per poter rendere più chiara la lettura successiva.

Le opzioni sono strumenti finanziari il cui valore deriva dal prezzo di un'attività sottostante di varia natura. Sono quindi dei contratti finanziari che danno il diritto, ma non l'obbligo, all'acquirente dietro il pagamento di un prezzo (premio), di esercitare o meno la facoltà di acquistare o vendere una data quantità di una determinata attività finanziaria, detta sottostante, ad una certa scadenza e a un determinato prezzo di esercizio, che è il prezzo specificato nel contratto.

Gli acquirenti delle opzioni hanno una posizione lunga, mentre i venditori delle opzioni hanno una posizione corta.

Le opzioni che possono essere esercitate alla scadenza sono definite *European Options*, mentre quelle che possono essere esercitate in qualunque momento sono definite *American Options*.

Le opzioni sono trattate sia in borsa che fuori borsa.

Le opzioni di base sono:

- CALL: danno all'acquirente la facoltà di comperare una certa attività ad una certa data, ad un certo prezzo; il venditore della call è invece obbligato a vendere al possessore della call l'attività, al prezzo ed alla data indicati nel contratto.

Il payoff di una call lunga alla scadenza è il seguente:

$$\text{payoff}=\max[S_T-k;0] \quad [3.10]$$

dove:

- S_T indica il prezzo dell'azione sottostante alla scadenza T dell'opzione;
- K indica il prezzo di esercizio

La call viene esercitata se $S_T > K$.

- PUT: danno all'acquirente la facoltà di vendere una certa attività ad una certa data ad un certo prezzo; il venditore dell'opzione put è invece obbligato ad

acquistare dal possessore dell'opzione put l'attività al prezzo ed alla data definiti nel contratto.

Il payoff di una Put lunga alla scadenza è il seguente:

$$\text{payoff} = \max[K - S_T; 0] \quad [3.11]$$

L'opzione put viene esercitata se $K > S_T$.

La definizione di opzione ci permette di proseguire con le assunzioni fatte da Merton per l'enunciazione del suo modello. L'assunzione di Merton consiste nell'associare la proprietà dell'impresa all'opzione call detenuta dagli azionisti. Alla scadenza possono verificarsi due condizioni:

- $V_T < F$: il valore di mercato dell'attivo non è sufficiente a rimborsare il valore nominale del debito F ; gli azionisti non esercitano il diritto di opzione, cedono la proprietà dell'azienda ed il payoff risulta pari a 0;
- $V_T > F$: in questo caso il valore di mercato dell'attivo è maggiore del valore nominale del debito F , quindi la proprietà dell'impresa resta in mano agli azionisti ed il payoff sarà $V_T - K$.

In figura è rappresentato la struttura dei payoff degli azionisti:

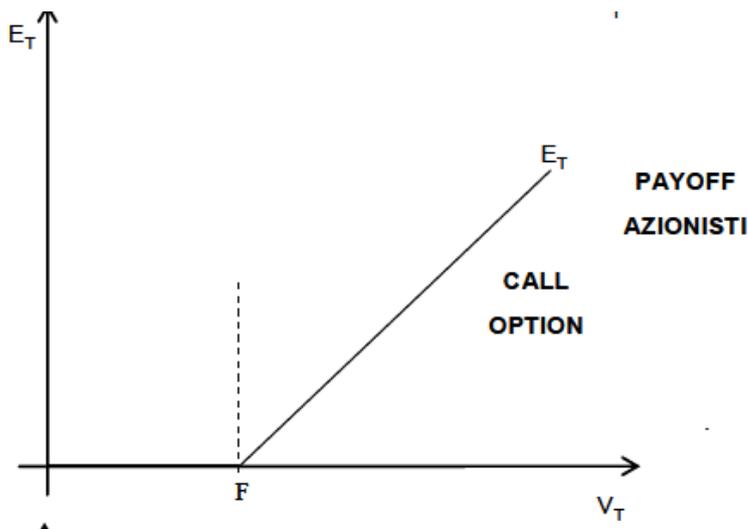


Figura 3.2.1.2: payoff degli azionisti

Per quanto riguarda i creditori, Merton assume che essi siano in possesso di una opzione put lunga che ha come sottostante l'attivo dell'impresa e prezzo strike coincidente con il valore nominale del debito alla scadenza (F).

Alla scadenza si possono verificare due condizioni:

- $V_T < F$: il valore di mercato dell'attivo non è sufficiente a rimborsare il valore nominale del debito F , gli azionisti cedono la proprietà dell'azienda ai creditori, con payoff per i creditori pari a V_T ;
- $V_T > F$: il valore di mercato dell'attivo è maggiore del valore nominale del debito da rimborsare, gli azionisti saranno in grado di ripagare il debito e dunque il payoff per i creditori sarà pari a F , senza necessità di esercitare l'opzione put.

La situazione appena descritta viene riportata nella seguente tabella:

Tabella 3.2.1.1: Payoff azionisti e creditori

		<i>PAYOFF</i>	
		Azionisti	Creditori
<i>Se $V_T \leq F$</i>		0	V_T
<i>Se $V_T > F$</i>		$V_T - F$	F

In effetti, si può dimostrare che per coprire il rischio di credito connesso al prestito, una banca potrebbe acquistare un'opzione put sul valore dell'attivo dell'impresa (V), con scadenza pari alla scadenza del prestito (T) e prezzo di esercizio pari al valore di rimborso del debito (F). Ciò produce un payoff garantito pari a F , come dimostrato nella tabella 3.2 (dove con P_0 è il premio pagato, al tempo 0, per l'acquisto dell'opzione put):

Tabella 3.2.1.2: Payoff al tempo 0 e al tempo T

	Payoff in T_0	Payoff in T	
		Se $A_T < F$	Se $A_T > F$
Finanziamento	$-B_0$	V_T	F
Acquisto Put	$-P_0$	$F - V_T$	0
Totale	$-B_0 - P_0$	F	F

L'ultima riga mostra come la banca, acquistando un'opzione put sul valore dell'attivo dell'impresa, potrebbe eliminare il rischio di credito.

Dunque, in equilibrio, il valore B_0+P_0 deve essere pari a quello di un titolo privo di rischio che a scadenza paga F , ovvero:

$$P_0 + B_0 = Fe^{iT} \quad [3.12]$$

ove i è il tasso risk free.

Il valore dell'opzione P_0 può essere determinato facendo riferimento al modello di pricing delle opzioni sviluppato da Black & Scholes¹⁵:

$$P_0 = Fe^{-iT} N(-d_2) - N(-d_1) * V_0 \quad [3.13]$$

Ove:

- F : valore nominale del debito a scadenza;
- e^{-iT} : fattore di attualizzazione nel continuo con i pari al tasso di interesse risk free;
- $N(\cdot)$: normale cumulata standard;
- d_1, d_2 : parametri di input della funzione di ripartizione;
- V_0 : valore di mercato dell'attivo al tempo 0

I valori d_1 e d_2 si ottengono dalle seguenti relazioni:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{F}\right) + \left(i + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad [3.14]$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{F}\right) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad [3.15]$$

¹⁵ Il modello di Black & Scholes è un modello di "non arbitraggio" ossia calcola il prezzo di equilibrio delle opzioni partendo

dall'assunto che nel mercato non esistano opportunità di arbitraggio.

Secondo le ipotesi di Merton, il valore del capitale proprio è una funzione del valore dell'azienda, quindi dal Lemma di Ito segue che:

$$\sigma_E = \frac{V}{E} * N(d_1) * \sigma_V \quad [3.16]$$

Avendo definito come calcolare i valori d_1 e d_2 , è possibile dare un significato alle componenti $N(-d_1)$ e $N(-d_2)$:

- $N(-d_1)$ è il delta¹⁶ dell'opzione e svolge un ruolo importante nelle strategie di immunizzazione dei rischi;
- $N(-d_2)$ rappresenta la probabilità, in un mondo *risk neutral*, che l'opzione venga esercitata alla scadenza.

Partendo dalla [3.12] e sostituendo il valore di P_0 , è possibile ottenere il valore di mercato del prestito B_0 :

$$B_0 = Fe^{-iT}[1 - N(-d_2)] + N(-d_1)A_0 \quad [3.17]$$

La seguente relazione mostra come il valore del prestito sia tanto maggiore quanto minore è la scadenza del prestito e quanto minore è il valore di leva finanziaria dell'impresa, definita come:

$$\text{Leva finanziaria} = \frac{Fe^{-iT}}{V_0} \quad [3.18]$$

Conoscendo B_0 , è possibile stimare il tasso di rendimento del debito rischioso, come quel tasso r che rende uguali B_0 ed il valore attuale di F , come mostrato nella seguente relazione:

$$B_0 = Fe^{-iT}$$

E quindi:

¹⁶ Il delta dell'opzione è la derivata del prezzo dell'opzione rispetto al prezzo del sottostante.

$$i = \frac{\ln\left(\frac{B_0}{F}\right)}{T} \quad [3.19]$$

Un elemento di ulteriore importanza che è possibile calcolare dal modello di Merton è la probabilità di insolvenza, che è l'obiettivo principale di questo elaborato.

Quindi la probabilità di insolvenza, che equivale alla probabilità che alla scadenza del prestito il valore dell'attivo (V_T) risulti inferiore al valore di rimborso del debito F , può essere calcolato come segue:

$$PD = \text{Prob}[V_T < F] \quad [3.20]$$

Questo corrisponde, come enunciato prima, alla probabilità che i creditori esercitano l'opzione put, acquistata per immunizzarsi dal rischio, ovvero:

$$PD = \text{Prob}[V_T < F] = 1 - N(d_2) \quad [3.21]$$

Le probabilità calcolate sono probabilità *risk neutral*, in quanto si utilizza come tasso di rendimento un tasso risk free; se si volesse calcolare una PD reale occorrerebbe sostituire il tasso risk free i con il tasso di crescita reale dell'attivo μ .

3.2.2 Pregi e difetti del modello di Merton

Il modello di Merton presenta alcuni pregi, quali:

- La chiarezza nella definizione delle variabili determinanti per ottenere la probabilità di default, ovvero la leva finanziaria (rapporto fra valore del debito e valore dell'attivo) che rappresenta il *financial risk* e la variabilità dell'attivo che invece rappresenta il *business risk*;
- La facilità e la rapidità nella stima dei risultati, ai quali si arriva mediante l'applicazione della teoria delle opzioni di Black & Scholes;
- Partendo da questi input, il modello di Merton consente di ricavare PD e spread in modo oggettivo e chiaro.

Ma questo modello presenta anche diversi limiti, che diventano rilevanti quando si passa da un'analisi teorica ad un'applicazione pratica del modello. I limiti sono:

- Ipotesi di un'unica passività che prevede il rimborso del capitale e degli interessi in un'unica soluzione a scadenza. Nella realtà le imprese presentano una struttura finanziaria complessa, composta da passività verso terzi di diverse scadenze; inoltre, le imprese possono divenire insolventi in qualsiasi momento, indipendentemente dalla scadenza delle proprie passività;

Ipotesi che la distribuzione dei rendimenti dell'attivo sia normale, ipotesi irrealistica;

- Alcune variabili di input del modello, quali il valore di mercato dell'attivo (V_0) e la volatilità del suo rendimento (σ_V), non sono direttamente osservabili sul mercato. Infatti, come si può notare nell'analisi successiva, il valore di mercato dell'attivo è stato ricavato dalla somma del valore del capitale e del valore del debito ($V=E+B$); il valore della prima componente è facilmente osservabile se l'impresa è quotata, il valore della seconda componente potrebbe essere osservabile solo nel caso in cui tutte le passività dell'impresa verso terzi fossero rappresentate da obbligazioni scambiate sul mercato secondario (ipotesi poco plausibile). A partire da questa componente si è poi ricavato il valore della volatilità dell'attivo.
- Ipotesi di un tasso risk free costante;
- Assenza di opportunità di arbitraggio, ipotesi su cui si fonda la teoria delle opzioni sviluppata da Black & Scholes, mediante la quale si presuppone che si possano effettuare arbitraggi sull'attività sottostante, ma nella realtà gli attivi di un'impresa non sono liberamente negoziabili sul mercato finanziario;
- Il modello si concentra solo sul rischio di insolvenza, non considerando il rischio di migrazione, ovvero, come detto in precedenza, il rischio di deterioramento del merito creditizio dell'emittente. Questo modello non prende in considerazione il fatto che, pur restando solvibile, l'impresa possa subire un deterioramento della qualità creditizia.

Il modello successivo sopperisce ad alcuni di questi limiti.

3.3 Il modello KMV

Uno degli svantaggi riferiti al modello di Merton si riferiva al fatto che V_0 e σ_V non sono direttamente osservabili sul mercato: questi problemi vengono affrontati dal modello sviluppato da KMV, una società californiana acquisita, qualche anno fa, da Moody's Investor Services e oggi conosciuta come "Moody's KMV".

Facendo sempre riferimento alla teoria dell'option pricing, il modello KMV assume che il valore dell'equity di un'impresa sia uguale all'acquisto di un'opzione call, il cui prezzo è il seguente:

$$E_0 = V_0 * N(d_1) - F * e^{-iT} * N(d_2) \quad [3.22]$$

Graficamente:

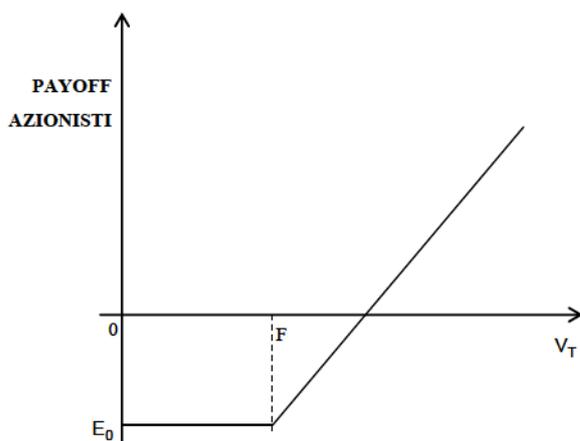


Figura 3.2.3.1: Payoff azionisti

Il valore di E_0 è noto, poiché se si analizza un'impresa quotata, esso sarà dato dal valore della capitalizzazione di Borsa; si può quindi cercare il valore di V_0 coerente con il valore di E_0 , ma V_0 non è la sola quantità ignota, infatti d_1 e d_2 dipendono da σ_V .

Possono quindi esistere infinite coppie di valori per V_0 e σ_V , ma non è possibile individuare, tra esse, quale sia quella corretta.

Per trovare una soluzione unica, vi è la necessità di disporre di un'altra equazione che leghi i valori di V_0 e σ_V , in modo da ottenere un sistema di equazioni in due incognite.

La seconda equazione si può ricavare partendo dal teorema del calcolo stocastico noto come lemma di Ito¹⁷:

$$\sigma_E = \frac{V_0}{E_0} * N(d_1) * \sigma_V \quad [3.23]$$

Mettendo a sistema le equazioni [3.21] e [3.22] si ottiene il valore di mercato dell'attivo e della volatilità dell'attivo necessarie per calcolare la PD:

$$V = \frac{1}{N(d_1)} \left[1 + \frac{F e^{-iT}}{E} N(d_2) \right] \quad [3.24]$$

$$\sigma_V = \sigma_E \frac{1}{1 + \frac{F e^{-iT}}{E} N(d_2)} \quad [3.25]$$

Poiché i valori di V e σ_V entrano anche nel calcolo di d_1 e d_2 , la soluzione del sistema deve essere ottenuta con procedimenti iterativi.

KMV non stima direttamente la PD a partire dalle relazioni analitiche del valore delle opzioni, ma calcola una variabile intermedia definita *distance to default* calcolata come segue:

$$DD = \frac{E(V_T) - DPT}{\sigma_V * E(V_T)} \quad [3.26]$$

Dove:

- $E(V_T)$ è il valore atteso dell'attivo alla scadenza del debito, calcolato come $V_0 * e^{\mu T}$;
- DPT è il default point, pari alla somma dei debiti a breve termine più 50% dei debiti a lungo termine;
- μ è il rendimento atteso dell'attivo.

¹⁷

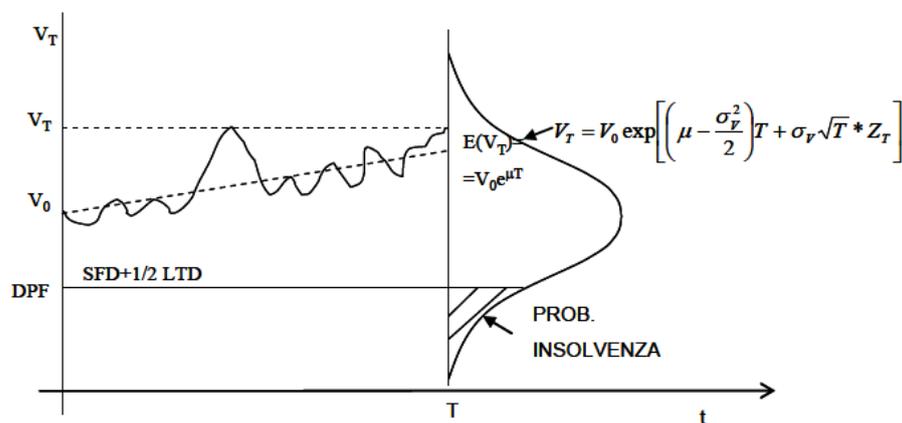
Come si può notare, in KMV il punto di default non include tutto il debito, come nel modello di Merton, ma un valore inferiore; questo vuol dire che l'azienda può continuare a sopravvivere se il valore dell'attivo è inferiore al totale dei debiti se questi ultimi hanno una componente a lungo termine che non richiede pagamenti a breve termine.

La probabilità di insolvenza, definita da KMV, è la seguente:

$$EDF=N(-DD) \quad [3.27]$$

Graficamente:

Figura 3.2.3.2 : La logica sottostante al modello di KMV



Un'ulteriore approssimazione della *distance to default* è stata proposta da S.Bharath e T.Shumway, la quale hanno proposto una versione definita "naive" della DD e della volatilità del valore dell'attivo, quali:

$$naive\ DD = \frac{LN\left(\frac{V}{DPF_T}\right) + (i - 0,5 * naive\ \sigma_V^2)T}{naive\ \sigma_V \sqrt{T}} \quad [3.28]$$

$$naive\ \sigma_V = \frac{E}{E+F} \sigma_E + \frac{F}{E+F} (0,05 + 0,25 \sigma_E) \quad [3.29]$$

Nell'alternativa "naive" vengono inclusi i cinque punti percentuali per rappresentare la volatilità della struttura e il venticinque per cento di volatilità azionaria per tenere conto della volatilità associata al rischio di insolvenza.

Questo modello “naive” è facile da calcolare e non richiede di risolvere le equazioni in modo simultaneo.

La probabilità di default viene quindi calcolata come:

$$PD_{naive} = N(-naiveDD) \quad [3.30]$$

Questa ultima approssimazione “naive” sarà quella analizzata nel capitolo successivo.

3.3.1 Pregi e difetti del modello KMV

I principali vantaggi nel modello di KMV, rispetto ad altri strumenti di stima della PD, basati sui rating prodotti da agenzie quali Moody’s Standard & Poor’s e Fitch, sono:

- Le EDF si adeguano rapidamente alle condizioni economico-finanziarie delle imprese valutate. Si dimostra infatti che, a seguito di un peggioramento del merito creditizio delle imprese, le EDF di KMV tendono a subire rapidi incrementi, in particolare tendono ad anticipare di circa un anno i downgrading dei rating da parte delle agenzie, mentre i rating assegnati dalle agenzie tendono a essere modificati con significativo ritardo;
- Le EDF non subiscono variazioni significative al variare del ciclo economico, diversamente da quanto accade ai tassi di insolvenza, in quanto tendono ad aumentare nelle fasi recessive e a diminuire nelle fasi di espansione. Questo è dovuto al fatto che le agenzie di rating adottano un approccio *through the cycle* per calcolare i punteggi di rating, che si basa su valutazioni medie di lungo periodo dell’affidabilità dei debitori e non su una stima puntuale della PD a breve termine; al contrario, il modello KMV adotta un approccio detto *point in time* mediante il quale il peggioramento del merito creditizio di un’impresa, legato alla recessione economica, si traduce in una diminuzione della sua *distance to default* con conseguente spostamento in una classe di DD peggiore;
- Mentre tutte le imprese assegnate da un’agenzia a una certa classe di rating condividono la stessa stima della PD, il modello KMV consente di assegnare a ogni impresa un valore di EDF specifico, ottenuto in base alla relazione che lega le EDF alle DD.

I principali limiti sono:

- Non possono essere utilizzate per la stima della probabilità di insolvenza per imprese non quotate sul mercato, per i quali non possono essere determinati i dati relativi al valore di mercato e alla volatilità dell'equity, necessari per il modello. Una prima soluzione potrebbe essere quello di utilizzare dati di mercato relativi ad imprese quotate simili (per settore produttivo, livello di leva finanziaria, dimensioni dell'impresa), a quella presa in esame;
- Il modello KMV si basa sull'ipotesi di efficienza dei mercati azionari, quindi è necessario che i prezzi riflettano tutte le informazioni disponibili sul mercato, altrimenti le stime sulle PD saranno distorte.

Con la discussione della stima *naive* per il calcolo della *distance to default* si conclude la trattazione teorica dei modelli che permettono di calcolare la probabilità di default per le imprese quotate sul mercato. Nel capitolo successivo si applicano i modelli di Merton e il modello di KMV con approssimazione *naive* per un campione di 14 società appartenenti all'indice FTSE MIB e 10 società appartenenti all'indice FTSE AIM.

4 IL MODELLO SPERIMENTALE: APPLICAZIONE DEI MODELLI DI STIMA DELLA PD

4.1 Modelli applicati e mercati di riferimento

In questo capitolo verrà affrontata l'analisi della stima della probabilità di insolvenza, calcolata per il periodo che va dal 1° gennaio 2016 al 30 dicembre 2020, per dei campioni di imprese che concorrono alla composizione dell'indice FTSE MIB (Financial Times Stock Exchange Milano Indice di Borsa) e FTSE AIM (Financial Times Stock Exchange Alternative Investment Market).

Per l'analisi si è scelto un periodo di riferimento pari a cinque anni in modo da evidenziare l'impatto della pandemia distinguendo il periodo antecedente il COVID-19 da quello successivo. La probabilità di insolvenza, calcolata giornalmente per tutti i 5 anni, considera il periodo compreso tra il 1° gennaio 2016 e il 31 dicembre 2020.

I modelli teorici, sottostanti all'applicazione pratica, rientrano nella categoria dei modelli che calibrano la probabilità di insolvenza con riferimento ai dati di input che provengono dal mercato dei capitali; in particolare, i modelli utilizzati sono:

- Modello di Merton;
- Modello KMV con il calcolo della Distance to Default approssimato dalla stima *naive* proposta da S.Bharath e T.Shumway.

I dati di input dei modelli sono reperiti dai mercati azionari; il mercato di riferimento da cui sono state selezionate le imprese analizzate è il Mercato Telematico Azionario (MTA) in cui si negoziano azioni, obbligazioni convertibili, diritti di opzione e warrant¹⁸.

¹⁸ Il warrant è uno strumento finanziario, quotato in Borsa, che conferisce la facoltà di sottoscrivere l'acquisto o la vendita di una certa attività finanziaria sottostante a un prezzo prefissato e ad una scadenza stabilita. L'esercizio di questo strumento finanziario comporta l'emissione di nuove azioni da parte della società.

L'MTA è un mercato *order driven* in cui la negoziazione e lo scambio degli strumenti finanziari avvengono tramite l'incrocio tra domanda e offerta: lo scambio ha luogo tra chi offre il prezzo più basso in vendita e chi offre il prezzo più alto in acquisto.

In particolare, il Mercato Telematico Azionario è suddiviso in tre segmenti:

- Il segmento Blue Chip, dedicato alle società con capitalizzazione superiore ad un miliardo di euro;
- Il segmento Star (Segmento con Titoli ad alti Requisiti) per le medie imprese, con capitalizzazione compresa tra quaranta milioni di euro e un miliardo, che hanno requisiti di eccellenza in termini di liquidità, trasparenza e corporate governance.
- Il segmento Standard comprende le aziende con capitalizzazione pari a quella richiesta per il segmento Star, ma che non rispettano i requisiti di eccellenza.

La selezione del campione delle imprese è guidata da due degli indici più rappresentativi del mercato azionario italiano, ossia:

- L'indice FTSE MIB, ovvero il paniere costituito dalle quaranta società italiane con maggiore capitalizzazione, flottante e liquidità quotate nei mercati MTA (Mercato Telematico Azionario) o MIV (Mercato degli Investimenti Vehicles) della Borsa Italiana; essendo un indice di prezzo, il FTSE MIB non tiene conto dello stacco di dividendi o di eventuali frutti periodici pagati dalle società che lo compongono.
- L'indice FTSE AIM, ovvero il mercato della Borsa Italiana dedicato alle piccole e medie imprese ad alto potenziale di crescita. AIM è l'acronimo di Alternative Investment Market e ha l'obiettivo di raccogliere fondi per le PMI.

Le diverse metodologie che stanno alla base dell'indice riguardano essenzialmente le modalità di ponderazione, ossia il peso che viene attribuito nell'indice ai vari titoli che lo compongono.

Gli indici si dividono nelle seguenti categorie:

- *Equally weighted*: non tengono conto della capitalizzazione delle società sottostanti l'indice, ma attribuiscono ad ogni titolo la stessa ponderazione;
- *Price weighted*: danno priorità ai titoli con prezzo più elevato, variando il peso in funzione del prezzo;
- *Value weighted*: attribuiscono ad ogni titolo una ponderazione in base alla capitalizzazione del titolo, cioè al valore per azione per numero di azioni in circolazione.

L'analisi utilizza un campione di aziende che concorrono alla composizione dell'indice FTSE MIB, poiché quest'ultimo rappresenta circa l'80% dell'intera capitalizzazione del mercato finanziario italiano e permette di avere una valutazione generale sul mercato azionario italiano. L'indice FTSE AIM è stato utilizzato poiché le PMI forniscono circa i due terzi del valore aggiunto dell'intero settore industriale e occupano l'80% del totale degli addetti. Tra il 2015 e il 2020, oltre che salito il numero delle società quotate, la capitalizzazione delle PMI è raddoppiata, raggiungendo i 5,8 milioni di euro.

Analizzare l'andamento dell'indice FTSE MIB permette di verificare l'impatto della pandemia sulla capitalizzazione delle imprese componenti il paniere, per causa delle aspettative future degli investitori. Durante il 2020 il paniere, che raggruppa le società italiane a maggiore capitalizzazione, ha registrato una variazione negativa del 5,42%, passando da 23.506 punti di inizio anno ai 22.233 punti della chiusura di lunedì 30 dicembre.

Di seguito viene riportato l'andamento dell'indice FTSE MIB dal 1° gennaio 2016 al 30 dicembre 2020:

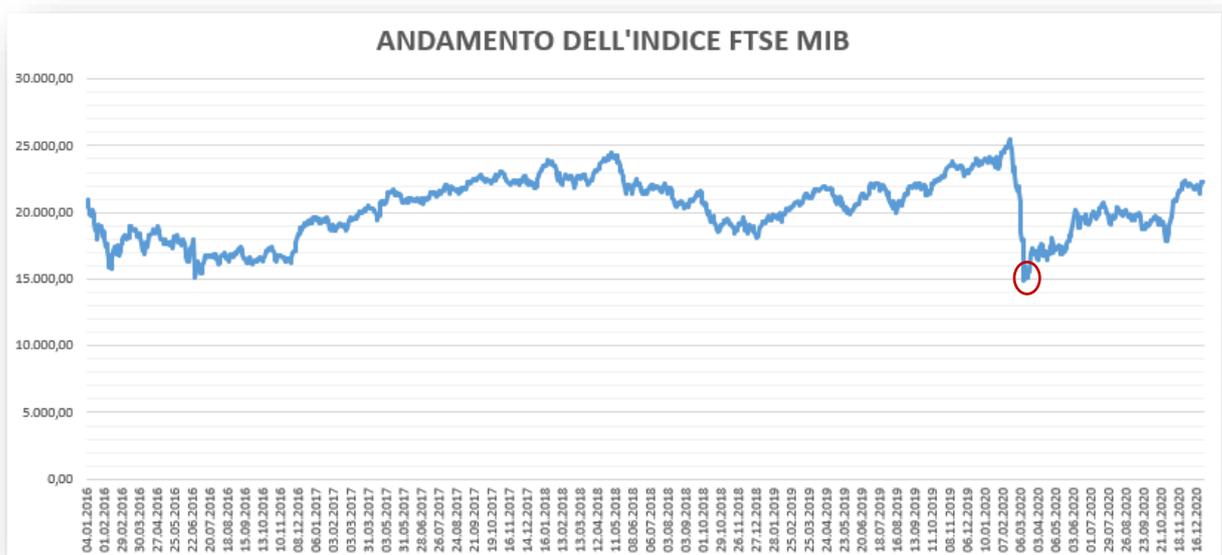


Figura 4.1.1: Andamento dell'indice FTSE MIB

L'indice ha registrato una tendenza moderatamente positiva fino a metà febbraio 2020, raggiungendo il picco annuale (25.478 punti) il 19 febbraio.

Nelle tre settimane successive, l'indice ha registrato un impressionante crollo, raggiungendo il minimo dell'anno (14.894 punti) il 12 marzo, per causa della diffusione del Covid-19 e dalle misure precauzionali imposte dai governi. Nei mesi successivi il FTSE MIB si aggirava tra i 18.500 punti e i 20.500 punti. Nell'ultima settimana di ottobre l'indice ha subito una breve flessione scendendo sotto i 18.000 punti, in seguito alla seconda ondata di contagi e ai timori per nuovi lockdown.

Tuttavia, l'approvazione dei primi vaccini e i risultati delle elezioni USA hanno dato la spinta ai mercati azionari nel penultimo mese del 2020.

Per quanto concerne l'indice FTSE AIM Italia, il listino ha subito in generale una perdita minore rispetto al FTSE MIB ed è risultato più reattivo nella fase di recupero.

Di seguito viene riportato l'andamento dell'indice FTSE AIM dal 1° gennaio 2016 al 30 dicembre 2020:

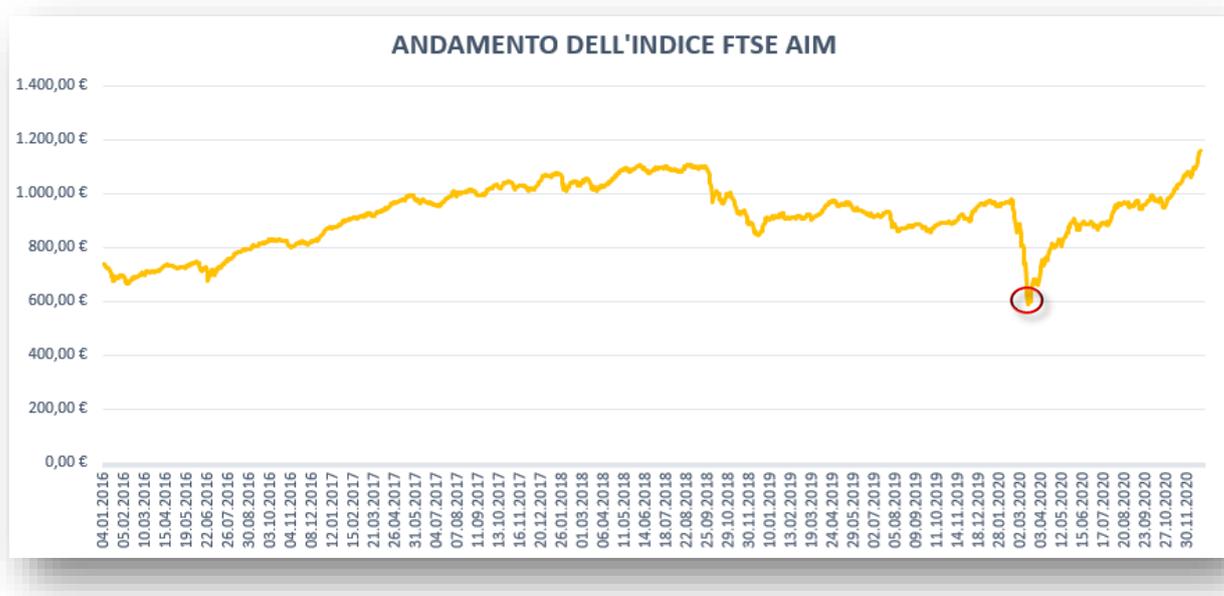


Figura 4.1.2: Andamento dell'indice FTSE AIM

Considerando le performance da inizio anno, la perdita maggiore si è verificata verso la fine di febbraio e le prime tre settimane di marzo, in linea con tutti i principali indici che hanno perso il 20% o più del loro valore.

Sebbene i numeri siano inferiori rispetto a quelli del 2019, il segmento AIM si è dimostrato più resiliente rispetto agli altri listini: la volatilità di AIM nel corso del 2020 è pari al 16%, inferiore rispetto a quella, per esempio, del segmento STAR pari a circa il 27%.

Dalla ricerca emerge come la crisi da COVID-19 abbia avuto un impatto notevolmente maggiore rispetto alla crisi del 2008. Infatti, se nel 2008, nei cinquanta giorni successivi alla crisi, il FTSE MIB aveva perso il 15%, registrando il valore più basso pari al 18%, con l'epidemia il FTSE MIB è diminuito del 42% in quindici giorni, arrivando anche ad un calo del 32% dopo cinquanta giorni. Tra tutti i segmenti che fanno parte del mercato italiano, l'indice FTSE AIM è quello che ha registrato la perdita più bassa, ovvero -15% dalla diffusione del COVID-19.

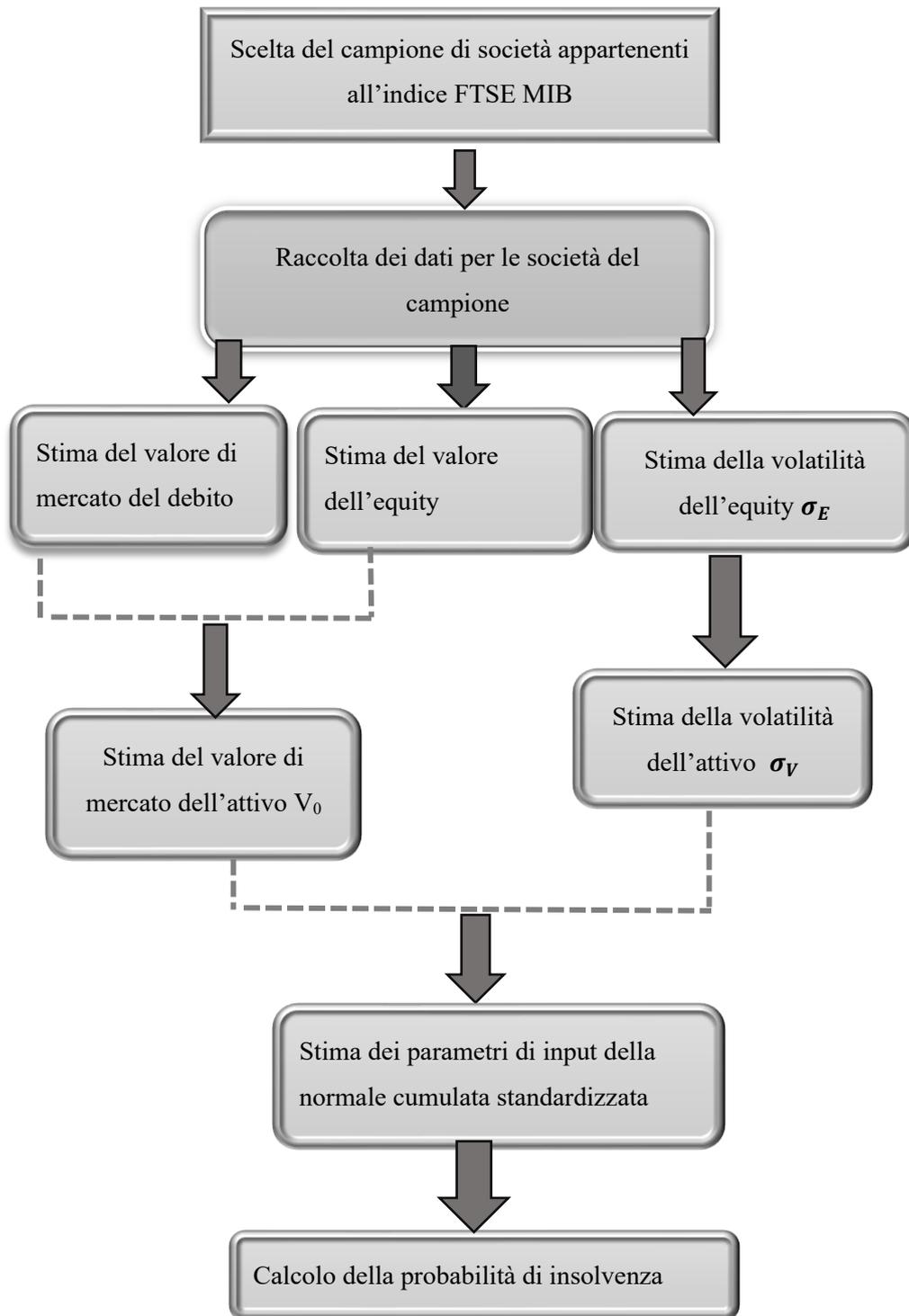
Avendo chiarito il mercato in cui operano le imprese, oggetto dell'analisi, e l'orizzonte temporale utilizzato per la stima della probabilità di insolvenza, nei paragrafi successivi

verranno applicate le metodologie per il calcolo della probabilità di default, analizzando solo un campione di imprese facenti parte dell'indice FTSE MIB e dell'indice FTSE AIM Italia, in modo da coprire un'ampia gamma di settori inclusi quelli che hanno resistito meglio al Covid e quelli che, invece, hanno subito i maggiori danni.

4.2 Applicazione del modello di Merton all'indice Ftse Mib

In questo paragrafo sarà discussa l'applicazione del modello di Merton per la stima della probabilità di insolvenza, per un orizzonte temporale di cinque anni.

Al fine di rendere più comprensibili i passaggi eseguiti per il calcolo della probabilità di insolvenza, di seguito viene rappresentato, tramite un diagramma di flusso, il percorso logico che sarà poi argomentato dettagliatamente nelle pagine seguenti.



Nelle tabelle successive verrà riportato solo un estratto del calcolo dei valori di ogni percorso logico; non vengono riportati tutti i valori del periodo di riferimento per non appesantire troppo l'elaborato.

Scelta del campione di aziende

Il primo passo riguarda la scelta del campione delle società: in questo paragrafo saranno analizzate un campione di 14 società che appartengono all'indice FTSE MIB.

La scelta del campione delle aziende è stata effettuata cercando di coprire una varietà di settori, inclusi quelli che hanno subito i minori danni dalla crisi da Covid-19 e i settori, invece che sono stati più colpiti, oltre che dalla disponibilità di informazioni necessarie per il calcolo della probabilità di insolvenza.

Di seguito viene riportata una tabella in cui si elenca la lista delle società su cui è stata effettuata l'analisi con il relativo settore di appartenenza (Tabella 4.2.1):

Tabella 4.2.1: Aziende del campione appartenente all'indice FTSE MIB e relativo settore di appartenenza

AZIENDA	SETTORE
MONCLER	BENI DI CONSUMO CICLICI
RECORDATI	SALUTE
DIASORIN	
AMPLIFON	
LEONARDO	BENI INDUSTRIALI
PRYSMIAN	
ATLANTIA	
CAMPARI	BENI DI CONSUMO DIFENSIVI
STMICROELECTRONICS	TECNOLOGIA
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	SERVIZI
ENEL	UTILITIES
A2A	
ENI	
IREN	

Raccolta dati

Dal sito ufficiale della Borsa Italiana sono state scaricate le quotazioni giornaliere, per un orizzonte temporale di 5 anni, per ogni azienda oggetto di analisi; il periodo di riferimento va dal 01/01/2016 al 31/12/2020 per un totale di 1269 giorni di mercato aperto.

Il passo successivo è stato quello di calcolare i log rendimenti giornalieri come:

$$r = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad [4.1]$$

In cui t è il giorno di osservazione e $t-1$ è il giorno antecedente.

Di seguito viene indicato un esempio del calcolo effettuato:

RENDIMENTO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	-1,180%	0,000%	-0,243%	-1,822%	-1,052%	-1,951%	-0,657%
05/01/2016	0,386%	-1,609%	0,813%	1,687%	0,494%	0,513%	0,330%
06/01/2016	-1,235%	-0,421%	-0,257%	-1,025%	-0,282%	-1,533%	-0,468%
.....
28/12/2020	0,061%	-0,153%	-0,026%	0,309%	0,949%	1,140%	0,338%
29/12/2020	-0,172%	1,348%	0,155%	0,423%	0,401%	-0,105%	0,387%
30/12/2020	-0,071%	0,495%	0,565%	-0,511%	-0,083%	0,300%	0,307%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	-1,270%	0,000%	-0,820%	-1,060%	-1,289%	-1,212%	-0,660%
05/01/2016	0,820%	0,884%	1,320%	0,520%	-1,130%	-0,452%	0,487%
06/01/2016	-1,100%	-0,067%	0,000%	-0,810%	-0,998%	0,151%	-0,087%
.....
28/12/2020	0,387%	1,387%	0,420%	-0,585%	0,096%	0,531%	0,283%
29/12/2020	-0,361%	1,344%	0,271%	1,088%	-0,096%	0,081%	-0,109%
30/12/2020	0,000%	-0,316%	0,317%	-0,118%	-0,064%	-0,326%	-0,240%

Tabella 4.2.2: Rendimenti logaritmici giornalieri per le società

Stima della volatilità dell'equity

Una volta calcolati i rendimenti logaritmici, è possibile ottenere la volatilità dell'equity: essa rappresenta la volatilità della capitalizzazione di mercato delle imprese.

Il metodo più diffuso per ottenere una previsione della volatilità del rendimento, in un determinato fattore di mercato, relativa a un certo periodo futuro è quello che si basa sulla stima della volatilità passata. La volatilità, o deviazione standard, può essere stimata utilizzando come campione una serie storica di n osservazioni; in particolare, la volatilità al tempo t può essere calcolata utilizzando le n osservazioni dal tempo $t-n$ al tempo $t-1$, come mostrato dalla seguente formula:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=t-n}^{t-1} (r_i - \bar{r}_t)^2}{n-1}} \quad [4.5]$$

Dove:

- \bar{r}_t è la media campionaria dei log rendimenti calcolata al tempo t

Al periodo successivo ($t+1$), la volatilità verrà stimata sulla base dei dati da $(t-n+1)$ a t , spostando in avanti di un periodo la finestra temporale del campione: tale approccio viene definito “metodo delle medie mobili”.

Per il modello in questione occorre considerare che, in tutto l'orizzonte temporale oggetto di analisi (5 anni), ci sono 1269 i giorni di mercato aperto, corrispondenti a circa 63 giorni all'anno per trimestre. Si è dunque utilizzata una finestra mobile trimestrale che parte dal 30 settembre 2015 per arrivare al primo giorno di mercato aperto da analizzare (il 4 gennaio 2016), calcolando lo scarto quadratico medio dei log rendimenti dei 63 giorni, utilizzando la funzione DEV.ST.C di MS Excel.

Si procede in questo modo andando avanti di giorno in giorno, fino ad arrivare all'ultimo giorno di mercato aperto da analizzare, ossia il 30 dicembre 2020 (Tabella 4.2.3).

Tale valore è stato poi riportato in ragione d'anno moltiplicando la volatilità giornaliera per la radice quadrata di 254 giorni ($\sqrt{254}$).

VOLATILITA' EQUITY								
DATA	DATA INZIALE DELLA FINESTRA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	30/09/2015	11,845%	15,179%	12,608%	13,790%	11,673%	13,447%	8,904%
05/01/2016	01/10/2015	11,651%	15,365%	12,636%	14,009%	11,475%	13,422%	8,887%
06/01/2016	02/10/2015	11,894%	15,372%	12,534%	14,182%	11,271%	13,772%	8,908%
.....
28/12/2020	25/09/2020	18,035%	14,158%	19,571%	24,236%	12,442%	12,961%	14,441%
29/12/2020	28/09/2020	17,947%	14,329%	19,520%	24,243%	12,430%	12,961%	14,445%
30/12/2020	29/09/2020	17,855%	14,247%	19,553%	24,122%	11,955%	12,895%	13,565%
DATA	DATA INZIALE DELLA FINESTRA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	30/09/2015	11,276%	12,035%	11,915%	10,053%	12,517%	9,752%	2,987%
05/01/2016	01/10/2015	11,057%	12,149%	12,072%	9,732%	12,682%	9,377%	3,483%
06/01/2016	02/10/2015	11,063%	12,216%	12,073%	9,801%	12,823%	9,364%	1,198%
.....
28/12/2020	25/09/2020	12,370%	9,658%	11,673%	19,030%	15,501%	10,552%	0,208%
29/12/2020	28/09/2020	12,388%	9,688%	11,685%	19,017%	15,500%	10,554%	5,372%
30/12/2020	29/09/2020	12,333%	9,527%	11,699%	18,987%	15,300%	10,517%	0,893%

Tabella 4.2.3: Valori stimati della volatilità dell'equity per le società

Stima del valore dell'equity

Dai bilanci ufficiali di ogni società, sono state ricavate, per ogni anno, il numero delle azioni in circolazione, necessarie per il calcolo del valore dell'equity.

Il valore di mercato dell'equity può essere stimato come segue:

$$E_t = P_t * n. \text{azioni} \quad [4.3]$$

In cui P_t è la quotazione azionaria al tempo t .

E rappresenta, quindi, la capitalizzazione di mercato dell'impresa oggetto di analisi, data dal prodotto tra il prezzo di mercato delle azioni e il numero delle azioni in circolazione.

Il calcolo è stato effettuato per ogni giorno del modello.

Poiché gli unici valori che cambiano giornalmente sono il prezzo delle azioni, è possibile ricavare il valore dell'equity giornaliero (Tabella 4.2.4).

CAPITALIZZAZIONE							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	48.807.108.981,90 €	3.232.774.234,08 €	57.331.791,00 €	7.151.720.386,15 €	3.834.676.059,05 €	4.058.499.114,55 €	1.781.417.940,75 €
05/01/2016	49.243.211.221,50 €	3.115.173.313,80 €	58.414.645,50 €	7.435.014.079,70 €	3.878.536.732,93 €	4.106.689.612,21 €	1.794.990.648,87 €
06/01/2016	47.862.220.796,10 €	3.085.147.546,92 €	58.069.558,81 €	7.261.568.961,20 €	3.853.473.490,71 €	3.964.212.726,95 €	1.775.762.645,70 €
07/01/2016	47.498.802.263,10 €	3.050.117.485,56 €	57.914.864,12 €	7.255.787.457,25 €	3.894.201.259,31 €	3.943.260.364,93 €	1.789.335.353,82 €
.....
23/12/2020	30.950.426.175,23 €	12.499.100.207,47 €	205.251.141,44 €	3.399.524.322,60 €	3.969.390.985,96 €	7.561.668.005,34 €	7.525.158.181,58 €
28/12/2020	30.993.693.313,41 €	12.455.179.744,69 €	205.128.541,28 €	3.423.806.639,19 €	4.057.112.333,72 €	7.762.776.189,84 €	7.584.018.770,00 €
29/12/2020	30.871.103.088,58 €	12.847.875.991,52 €	205.864.197,44 €	3.457.339.362,10 €	4.094.707.197,04 €	7.744.005.556,34 €	7.651.935.129,61 €
30/12/2020	30.820.624.760,70 €	12.995.136.728,85 €	208.561.658,56 €	3.416.868.834,45 €	4.086.874.933,85 €	7.797.634.673,68 €	7.706.268.851,19 €
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	38.430.050.195,88 €	2.323.200.000,00 €	4.943.718.478,71 €	19.744.495.200,90 €	2.057.106.688,36 €	1.849.251.005,97 €	815.608.522,04 €
05/01/2016	39.162.051.151,99 €	2.252.052.000,00 €	5.096.380.260,85 €	19.983.973.383,78 €	2.004.266.924,00 €	1.830.107.620,82 €	794.658.436,00 €
06/01/2016	38.186.049.877,18 €	2.289.804.000,00 €	5.096.380.260,85 €	19.612.369.762,50 €	1.958.715.403,00 €	1.836.488.749,20 €	776.598.017,00 €
07/01/2016	38.348.716.756,31 €	2.254.956.000,00 €	5.010.638.528,63 €	19.331.603.205,90 €	1.884.010.908,56 €	1.826.278.943,79 €	746.978.929,84 €
.....
23/12/2020	84.088.609.833,37 €	10.691.366.400,00 €	9.262.153.368,37 €	12.044.059.494,15 €	2.460.346.434,00 €	2.747.567.068,22 €	967.014.838,80 €
28/12/2020	84.840.944.149,37 €	10.682.073.600,00 €	9.352.077.185,45 €	11.883.031.616,10 €	2.465.813.870,52 €	2.781.391.284,03 €	969.163.760,66 €
29/12/2020	84.139.443.233,10 €	10.784.294.400,00 €	9.410.632.020,00 €	12.184.442.772,45 €	2.460.346.434,00 €	2.786.595.009,53 €	967.014.838,80 €
30/12/2020	84.139.443.233,10 €	10.991.059.200,00 €	9.479.643.739,73 €	12.151.411.412,85 €	2.456.701.476,32 €	2.765.780.107,50 €	965.582.224,22 €

Tabella 4.2.4: Valori di mercato della capitalizzazione per le società

Stima del valore di mercato del debito

Per calcolare la probabilità di default associata ad ogni impresa, con il modello di Merton, sono necessarie alcune precise informazioni finanziarie, quali il valore di mercato dell'equity, determinato a pagina precedente, e il valore di mercato del debito. Quest'ultima variabile è di difficile determinazione, ma sfruttando le ipotesi alla base del modello, in merito alla struttura semplificata del bilancio di un'impresa, può essere calcolato come il valore di mercato di uno zero coupon bond, dunque come:

$$VM_{Passività} = \frac{VC_{Passività}}{(1+r_f)^T} \quad [4.4]$$

In cui:

- $VC_{Passività}$ è il valore contabile dei debiti finanziari totali rilevati in bilancio a fine anno;
- r_f è il tasso privo di rischio.

Poiché il valore della probabilità di default dipende, oltre che da altre variabili, anche dal valore di mercato del debito, è opportuno effettuare una sensitivity analysis sul valore del tasso privo di rischio, al fine di verificare come la probabilità di insolvenza cambia al modificarsi di r_f . Per queste ragioni, per il calcolo del valore di mercato del debito, si è ipotizzato sia un tasso del 1% che del 5%.

Da qui in avanti, per ogni variabile dipendente dal tasso risk-free, verranno proposti due risultati, uno calcolato con $r_f=1\%$ e un altro con $r_f=5\%$.

- T rappresenta la scadenza media del debito.

Poiché il valore di mercato del debito, secondo l'ipotesi di Merton, può essere approssimato ad uno zero coupon bond, la quale prevede il rimborso del capitale in un'unica soluzione, è necessario uniformare tali scadenze per ottenere un'unica *maturity* corrispondente allo zero coupon emesso. Si ipotizza quindi di approssimare T con la media ponderata dei debiti, come:

$$T = \frac{1*DC + 8*DNC}{DC + DNC} \quad [4.5]$$

In cui con DC si indica il totale dei debiti finanziari correnti, per le quali si ipotizza una scadenza media pari ad 1 anno e con DNC si intendono il totale dei debiti finanziari non correnti, per le quali è prevista una scadenza media pari ad 8 anni.

Come si è detto in precedenza, gli unici valori che cambiano giornalmente sono quelli delle azioni. Segue che il valore dell'equity può essere calcolato giornalmente, mentre per il calcolo del valore di mercato del debito si ipotizza che il debito dell'anno precedente rimanga costante fino alla nuova osservazione del debito; in alternativa si potrebbe stimare l'effetto del debito in ogni trimestre dell'anno, costruendo un modello econometrico a livello d'impresa.

Di seguito viene riportato un esempio del calcolo delle scadenze medie per ogni impresa e un esempio del calcolo del valore di mercato delle passività:

	SCADENZE MEDIE				
	FINE 2015	FINE 2016	FINE 2017	FINE 2018	FINE 2019
ENI	5,93	5,97	6,28	5,93	5,84
MONCLER	5,63	1,00	5,03	1,00	6,32
DIASORIN	1,00	3,31	1,00	1,00	1,78
LEONARDO	4,71	4,87	4,87	5,31	5,48
A2A	5,76	6,41	7,09	6,15	6,90
CAMPARI	6,19	6,93	6,75	5,61	3,94
AMPLIFON	7,50	7,58	3,13	7,64	6,29
INWIT	7,99	6,82	5,19	6,34	6,91
ENEL	5,60	5,69	5,39	5,88	5,30
STMelectronics	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
RECORDATI	4,31	4,02	5,44	5,38	5,75
ATLANTIA	7,01	3,67	5,23	7,04	7,85
IREN	7,13	6,69	7,28	6,92	6,97
PRYSMIAN	7,51	7,51	6,76	7,93	7,68

Tabella 4.2.5: Scadenze medie del passivo per le società

AZIENDE	VALORE DI MERCATO PASSIVITA' (€)				
	FINE 2015	FINE 2016	FINE 2017	FINE 2018	FINE 2019
ENI	18.480.925.233,04	18.311.655.324,19	18.370.818.724,61	19.235.167.955,20	18.760.035.599,05
MONCLER	68.379.402,73	31.740.792,50	22.137.746,27	22.221.104,92	1.563.132,57
DIASORIN	22.683.909,52	70.355.808,90	148.264.416,19	174.994.285,71	94.040.913,81
LEONARDO	5.273.407.334,84	4.181.154.110,45	4.160.462.024,84	3.832.359.636,54	4.570.335.179,50
A2A	3.302.903.154,83	2.764.293.553,05	2.762.366.604,11	2.860.218.380,77	2.684.299.751,29
CAMPARI	1.172.909.358,91	835.199.112,07	871.190.908,68	899.333.415,26	686.828.803,54
AMPLIFON	293.819.715,14	292.542.369,65	353.728.777,55	634.964.391,67	735.018.970,01
INWIT	81.204.700,73	86.032.334,05	77.680.885,21	125.163.692,91	566.814.168,73
ENEL	19.940.687.947,25	18.949.456.723,44	13.208.800.270,38	15.936.513.998,07	19.788.380.775,05
STMelectronics	281.809.267,21	59.000.001,25	357.279.555,30	357.279.555,30	403.846.328,80
RECORDATI	333.813.410,09	526.363.522,80	727.909.151,49	853.941.986,95	1.091.058.363,90
ATLANTIA	5.483.139.341,07	2.170.737.199,54	2.221.439.061,70	4.145.302.396,61	4.162.373.135,68
IREN	2.158.823.220,14	2.278.486.940,83	2.078.274.993,46	2.274.731.870,15	2.382.845.452,28
PRYSMIAN	823.446.266,06	818.516.293,14	1.275.236.281,66	2.160.521.447,74	2.088.752.756,93

Tabella 4.2.6: Valore di mercato delle passività per le società con tasso pari al 5%

AZIENDE	VALORE DI MERCATO PASSIVITA' (€)				
	FINE 2015	FINE 2016	FINE 2017	FINE 2018	FINE 2019
ENI	23.271.054.385,33	23.090.801.366,79	23.449.159.499,09	24.212.441.650,81	23.534.974.864,53
MONCLER	68.379.402,73	31.740.792,50	22.137.746,27	22.221.104,92	1.563.132,57
DIASORIN	23.582.282,18	80.009.320,84	154.136.274,26	181.924.752,48	100.759.614,76
LEONARDO	6.332.914.046,89	5.051.660.185,52	5.027.072.043,86	4.709.880.410,08	5.655.321.364,05
A2A	4.130.821.588,51	3.546.017.493,64	3.637.406.797,06	3.632.073.750,45	3.509.514.817,07
CAMPARI	1.491.600.294,68	1.093.213.859,33	1.132.494.768,73	1.118.276.859,13	800.347.725,09
AMPLIFON	393.170.600,96	392.675.601,56	399.492.167,38	854.270.457,17	938.426.446,81
INWIT	110.738.059,31	112.123.421,38	95.026.859,43	160.133.879,03	741.303.521,89
ENEL	24.785.349.969,12	23.633.558.630,72	16.285.711.361,97	20.023.290.897,75	24.311.154.856,71
STMelectronics	335.630.124,82	59.000.001,05	425.513.975,91	425.513.975,91	480.974.224,46
RECORDATI	394.616.884,40	615.405.780,62	899.303.871,96	1.052.416.024,46	1.364.023.787,43
ATLANTIA	7.198.974.131,53	2.503.038.567,95	2.721.661.436,22	5.448.740.927,89	5.645.122.866,79
IREN	2.829.172.145,40	2.928.022.785,36	2.741.927.717,47	2.953.239.921,81	3.100.508.143,60
PRYSMIAN	1.102.420.256,12	1.095.803.084,20	1.658.323.785,27	2.939.533.920,91	2.814.913.506,21

Tabella 4.2.7: Valore di mercato delle passività per le società con tasso pari all'1%.

Stima del valore di mercato dell'attivo

A questo punto è facile ricavare il valore di mercato dell'attivo giornaliero, semplicemente come somma dei due valori precedentemente ottenuti, ovvero:

$$V = E + D_{T-1} \quad [4.6]$$

Entrambi i componenti di destra dell'equazione (4.6) sono osservabili e ricavabili tramite la (4.3) e (4.4).

Di seguito i risultati ottenuti:

VALORE DI MERCATO DELL'ATTIVO (€)							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	67.288.034.214,94	3.301.153.636,81	80.015.700,52	12.425.127.720,99	7.137.579.213,88	4.881.945.380,61	2.075.237.655,89
05/01/2016	67.724.136.454,54	3.183.552.716,53	81.098.555,02	12.708.421.414,54	7.181.439.887,75	4.930.135.878,27	2.088.810.364,01
06/01/2016	66.343.146.029,14	3.153.526.949,65	80.753.468,33	12.534.976.296,04	7.156.376.645,54	4.787.658.993,00	2.069.582.360,84
07/01/2016	65.979.727.496,14	3.118.496.888,29	80.598.773,64	12.529.194.792,09	7.197.104.414,14	4.766.706.630,99	2.083.155.068,96
08/01/2016	64.635.078.924,04	3.133.509.771,73	80.455.980,83	12.430.909.224,94	7.172.041.171,92	4.638.896.550,84	2.031.126.354,50
.....
23/12/2020	49.710.461.774,28	12.500.663.340,04	299.292.055,25	7.969.859.502,10	6.653.690.737,24	9.650.420.762,27 €	8.260.177.151,58
28/12/2020	49.753.728.912,46	12.456.742.877,26	299.169.455,09	7.994.141.818,69	6.741.412.085,00	9.851.528.946,77 €	8.319.037.740,01
29/12/2020	49.631.138.687,63	12.849.439.124,09	299.905.111,25	8.027.674.541,60	6.779.006.948,32	9.832.758.313,26 €	8.386.954.099,62
30/12/2020	49.580.660.359,75	12.996.699.861,42	302.602.572,37	7.987.204.013,95	6.771.174.685,13	9.886.387.430,61 €	8.441.287.821,20
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	58.370.738.143,13	3.496.109.358,91	5.277.531.888,80	25.227.634.541,97	2.338.915.955,57	4.008.074.226,11	3.059.604.700,73
05/01/2016	59.102.739.099,25	3.424.961.358,91	5.430.193.670,93	25.467.112.724,86	2.286.076.191,21	3.988.930.840,96	3.093.204.700,73
06/01/2016	58.126.737.824,43	3.462.713.358,91	5.430.193.670,93	25.095.509.103,57	2.240.524.670,21	3.995.311.969,34	3.087.204.700,73
07/01/2016	58.289.404.703,57	3.427.865.358,91	5.344.451.938,72	24.814.742.546,97	2.165.820.175,77	3.985.102.163,93	3.099.204.700,73
08/01/2016	57.984.404.305,19	3.375.593.358,91	5.250.345.827,65	24.608.296.549,47	2.112.980.411,41	3.945.539.167,94	3.102.204.700,73
.....
23/12/2020	103.876.990.608,42	11.378.195.203,54	10.353.211.732,27	16.206.432.629,83	2.864.192.762,80	5.130.412.520,51	6.533.814.168,73
28/12/2020	104.629.324.924,42	11.368.902.403,54	10.443.135.549,35	16.045.404.751,78	2.869.660.199,32	5.164.236.736,31	6.572.814.168,73
29/12/2020	103.927.824.008,15	11.471.123.203,54	10.501.690.383,90	16.346.815.908,13	2.864.192.762,80	5.169.440.461,82	6.557.814.168,73
30/12/2020	103.927.824.008,15	11.677.888.003,54	10.570.702.103,63	16.313.784.548,53	2.860.547.805,12	5.148.625.559,79	6.524.814.168,73

Tabella 4.2.8: Valore di mercato delle attività per le imprese con tasso pari al 5%

VALORE DI MERCATO DELL'ATTIVO (€)							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	72.078.163.367,23	3.301.153.636,81	80.914.073,18	13.484.634.433,04	7.965.497.647,55	5.160.919.370,67	2.174.588.541,71
05/01/2016	72.514.265.606,83	3.183.552.716,53	81.996.927,68	13.767.928.126,59	8.009.358.321,43	5.209.109.868,32	2.188.161.249,83
06/01/2016	71.133.275.181,43	3.153.526.949,65	81.651.840,99	13.594.483.008,09	7.984.295.079,22	5.066.632.983,06	2.168.933.246,66
07/01/2016	70.769.856.648,43	3.118.496.888,29	81.497.146,30	13.588.701.504,14	8.025.022.847,82	5.045.680.621,04	2.182.505.954,78
08/01/2016	69.425.208.076,33	3.133.509.771,73	81.354.353,49	13.490.415.936,99	7.999.959.605,60	4.917.870.540,90	2.130.477.240,32
.....
23/12/2020	54.485.401.039,76	12.500.663.340,04	306.010.756,20	9.054.845.686,65	7.478.905.803,03	10.376.581.511,55 €	8.463.584.628,38
28/12/2020	54.528.668.177,93	12.456.742.877,26	305.888.156,03	9.079.128.003,24	7.566.627.150,78	10.577.689.696,05 €	8.522.445.216,81
29/12/2020	54.406.077.953,10	12.849.439.124,09	306.623.812,20	9.112.660.726,15	7.604.222.014,11	10.558.919.062,54 €	8.590.361.576,42
30/12/2020	54.355.599.625,23	12.996.699.861,42	309.321.273,31	9.072.190.198,50	7.596.389.750,91	10.612.548.179,89 €	8.644.695.298,00
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	63.215.400.165,00	3.814.800.294,68	5.338.335.363,11	26.943.469.332,43	2.392.736.813,18	4.678.423.151,37	3.089.138.059,31
05/01/2016	63.947.401.121,11	3.743.652.294,68	5.490.997.145,24	27.182.947.515,31	2.339.897.048,82	4.659.279.766,22	3.122.738.059,31
06/01/2016	62.971.399.846,29	3.781.404.294,68	5.490.997.145,24	26.811.343.894,03	2.294.345.527,82	4.665.660.894,60	3.116.738.059,31
07/01/2016	63.134.066.725,43	3.746.556.294,68	5.405.255.413,03	26.530.577.337,43	2.219.641.033,38	4.655.451.089,19	3.128.738.059,31
08/01/2016	62.829.066.327,05	3.694.284.294,68	5.311.149.301,96	26.324.131.339,93	2.166.801.269,02	4.615.888.093,20	3.131.738.059,31
.....
23/12/2020	108.399.764.690,08	11.491.714.125,09	10.626.177.155,80	17.689.182.360,94	2.941.320.658,46	5.848.075.211,82	6.708.303.521,89
28/12/2020	109.152.099.006,08	11.482.421.325,09	10.716.100.972,88	17.528.154.482,89	2.946.788.094,98	5.881.899.427,62	6.747.303.521,89
29/12/2020	108.450.598.089,81	11.584.642.125,09	10.774.655.807,43	17.829.565.639,24	2.941.320.658,46	5.887.103.153,13	6.732.303.521,89
30/12/2020	108.450.598.089,81	11.791.406.925,09	10.843.667.527,16	17.796.534.279,64	2.937.675.700,78	5.866.288.251,10	6.699.303.521,89

Tabella 4.2.9: Valore di mercato delle attività per le imprese con tasso pari all'1%

Essendo che il valore di mercato del debito aumenta al diminuire del tasso risk free, dai risultati si evince che con tasso pari al 5%, il valore di mercato dell'attivo (somma tra equity e debito) diminuisce.

Stima della volatilità del valore dell'attivo

Il valore della volatilità del valore dell'attivo è un valore di difficile determinazione: dalla (3.16) ne è stata proposta una stima:

$$\sigma_V = \sigma_E * \frac{E}{V} * 1 \quad [4.7]$$

Le componenti di σ_V sono:

- σ_E rappresenta la volatilità della capitalizzazione di mercato delle imprese;
- E rappresenta la capitalizzazione di mercato dell'impresa;
- V è il valore di mercato dell'attivo;

Anche in questo caso, i valori di σ_V sono stati calcolati giornalmente.

Di seguito viene indicato un esempio di calcolo:

VOLATILITA' ATTIVO								
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON	
04/01/2016	8,591%	14,864%	9,034%	7,937%	6,271%	11,179%	7,643%	
05/01/2016	8,471%	15,035%	9,102%	8,196%	6,197%	11,180%	7,637%	
06/01/2016	8,581%	15,039%	9,013%	8,216%	6,069%	11,403%	7,643%	
07/01/2016	8,458%	14,937%	8,919%	8,206%	6,017%	11,270%	7,470%	
.....	
23/12/2020	11,282%	14,193%	13,433%	10,369%	7,344%	10,040%	13,160%	
28/12/2020	11,235%	14,157%	13,419%	10,380%	7,488%	10,213%	13,165%	
29/12/2020	11,163%	14,327%	13,399%	10,441%	7,508%	10,208%	13,179%	
30/12/2020	11,099%	14,245%	13,476%	10,319%	7,216%	10,170%	12,384%	
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT	
04/01/2016	7,424%	7,998%	11,162%	7,868%	11,009%	4,499%	2,908%	
05/01/2016	7,327%	7,988%	11,330%	7,637%	11,119%	4,302%	3,392%	
06/01/2016	7,268%	8,078%	11,331%	7,660%	11,210%	4,304%	1,167%	
07/01/2016	7,180%	8,092%	11,425%	7,672%	11,526%	4,286%	4,556%	
.....	
23/12/2020	10,048%	9,102%	10,416%	14,145%	13,393%	5,621%	4,489%	
28/12/2020	10,031%	9,075%	10,454%	14,094%	13,320%	5,683%	0,190%	
29/12/2020	10,029%	9,108%	10,471%	14,175%	13,314%	5,689%	4,907%	
30/12/2020	9,985%	8,967%	10,491%	14,143%	13,140%	5,650%	0,815%	

Tabella 4.2.10: Valore della volatilità giornaliera dell'attivo con tasso pari al 5%

VOLATILITA' ATTIVO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	8,020%	14,864%	8,933%	7,314%	5,619%	10,574%	7,294%
05/01/2016	7,912%	15,035%	9,002%	7,565%	5,557%	10,582%	7,290%
06/01/2016	8,003%	15,039%	8,914%	7,575%	5,440%	10,776%	7,293%
07/01/2016	7,886%	14,937%	8,821%	7,566%	5,396%	10,647%	7,130%
.....
23/12/2020	10,293%	14,193%	13,138%	9,126%	6,534%	9,337%	12,844%
28/12/2020	10,251%	14,157%	13,124%	9,140%	6,671%	9,512%	12,851%
29/12/2020	10,184%	14,327%	13,106%	9,198%	6,693%	9,506%	12,867%
30/12/2020	10,124%	14,245%	13,184%	9,085%	6,432%	9,474%	12,092%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	6,855%	7,330%	11,034%	7,367%	10,761%	3,855%	2,880%
05/01/2016	6,772%	7,308%	11,204%	7,155%	10,863%	3,683%	3,360%
06/01/2016	6,709%	7,397%	11,206%	7,170%	10,947%	3,686%	1,156%
07/01/2016	6,629%	7,404%	11,297%	7,176%	11,246%	3,668%	4,513%
.....
23/12/2020	9,629%	9,012%	10,149%	12,959%	13,042%	4,931%	4,372%
28/12/2020	9,615%	8,985%	10,188%	12,901%	12,971%	4,990%	0,185%
29/12/2020	9,611%	9,019%	10,206%	12,996%	12,965%	4,996%	4,780%
30/12/2020	9,569%	8,881%	10,227%	12,965%	12,795%	4,959%	0,794%

Tabella 4.2.11: Valore della volatilità giornaliera dell'attivo con tasso pari all'1%

Dai risultati ottenuti si evince che, a parità di altre condizioni, per $r_f=5\%$ la volatilità dell'attivo risulta maggiore, in quanto dipende in modo inversamente proporzionale dal valore di mercato del debito (che a sua volta maggiore è il tasso risk free, minore sarà il valore di mercato del debito).

Stima dei parametri di input della normale cumulata standardizzata

Avendo a disposizione tutti i dati necessari, è possibile calcolare i parametri di input della normale cumulata standardizzata, necessari poi per il calcolo della probabilità di default, nel seguente modo:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{F}\right) + \left(i + \frac{\sigma_V^2}{2}\right)T}{\sigma_V \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_V * \sqrt{T} \quad [4.8]$$

in cui:

- V rappresenta il valore dell'attivo calcolato come (4.6);
- $F e^{-iT}$ rappresenta il valore attualizzato del debito calcolato come (4.4);

- σ_v rappresenta la volatilità dell'attivo calcolata come (4.7);
- T rappresenta la maturity del debito calcolata come (4.5);

I parametri di input d_1 e d_2 sono stati calcolati anch'essi giornalmente per tutto l'orizzonte temporale di riferimento.

Di seguito un esempio di stima dei parametri:

d1									
AZIENDE	04/01/2016	05/01/2016	06/01/2016	07/01/2016	....	23/12/2020	28/12/2020	29/12/2020	30/12/2020
ENI	6,2792	6,3967	6,2192	6,2797	....	3,7112	3,7287	3,7417	3,7580
MONCLER	10,9401	10,7118	10,6812	10,7183	....	25,3537	25,4078	25,1961	25,3710
DIASORIN	10,0305	10,1151	10,1631	10,2461	....	4,4954	4,4976	4,5185	4,5461
LEONARDO	5,0594	5,0321	4,9433	4,9464	....	2,4115	2,4216	2,4261	2,4309
A2A	5,1955	5,2969	5,3818	5,4661	....	4,8011	4,7796	4,7955	4,9756
CAMPARI	5,5890	5,4917	5,4876	5,4280	....	15,6319	15,6743	15,6666	16,0115
AMPLIFON	9,4442	9,4832	9,4311	9,6774	....	7,4951	7,5136	7,5306	8,0147
INWIT	44,2034	38,0230	110,3356	28,3479	....	20,7774	491,3921	19,0448	113,9948
ENEL	6,2015	6,3534	6,3066	6,3981	....	7,2837	7,3274	7,2991	7,3304
STMelectronics	9,1786	8,9932	8,8372	8,4630	....	7,0373	7,0813	7,0772	7,1628
RECORDATI	12,0318	11,9780	11,9766	11,8129	....	9,1343	9,1370	9,1448	9,1537
ATLANTIA	6,1932	6,4015	6,3084	6,2413	....	3,1477	3,1306	3,1651	3,1654
IREN	2,7556	2,8073	2,8165	2,8082	....	3,2153	3,2273	3,2307	3,2237
PRYSMIAN	5,9622	5,9934	5,7884	5,8391	....	5,6390	5,6211	5,6171	5,6560

Tabella 4.2.12: Stima di d_1 con tasso pari al 5%

d2									
AZIENDE	04/01/2016	05/01/2016	06/01/2016	07/01/2016	....	23/12/2020	28/12/2020	29/12/2020	30/12/2020
ENI	3,4386	3,4573	3,4719	3,4898	....	6,0699	6,1903	6,0101	6,0737
MONCLER	10,5875	10,3552	10,3244	10,3640	....	24,9968	25,0517	24,8357	25,0128
DIASORIN	9,9402	9,9887	10,0378	10,1220	....	4,2343	4,2367	4,2584	4,2855
LEONARDO	4,8870	4,8541	4,7649	4,7682	....	2,1687	2,1785	2,1816	2,1892
A2A	5,0451	5,1481	5,2362	5,3217	....	4,6082	4,5829	4,5983	4,7861
CAMPARI	5,3900	5,2930	5,2867	5,2267	....	15,4512	15,4942	15,4859	15,8335
AMPLIFON	9,2348	9,2740	9,2218	9,4729	....	7,1651	7,1834	7,2001	7,7042
INWIT	44,1213	37,9271	110,3026	28,2191	....	20,6594	491,3871	18,9158	113,9734
ENEL	6,0258	6,1800	6,1346	6,2282	....	7,0524	7,0965	7,0682	7,1005
STMelectronics	8,9451	8,7573	8,5993	8,2185	....	6,7532	6,7987	6,7947	6,8841
RECORDATI	11,8001	11,7428	11,7414	11,5758	....	8,8845	8,8864	8,8938	8,9022
ATLANTIA	5,9849	6,1993	6,1056	6,0381	....	2,7515	2,7358	2,7680	2,7693
IREN	2,4952	2,5569	2,5664	2,5584	....	2,9381	2,9486	2,9520	2,9460
PRYSMIAN	5,6558	5,6869	5,4759	5,5302	....	5,3607	5,3380	5,3342	5,3741

Tabella 4.2.13: Stima di d_2 con tasso pari al 5%

d1									
AZIENDE	04/01/2016	05/01/2016	06/01/2016	07/01/2016	....	23/12/2020	28/12/2020	29/12/2020	30/12/2020
ENI	5,884	5,994	5,829	5,886	....	3,500	3,516	3,529	3,544
MONCLER	10,940	10,712	10,681	10,718	....	25,354	25,408	25,196	25,371
DIASORIN	9,810	9,894	9,941	10,022	....	4,313	4,316	4,336	4,363
LEONARDO	4,839	4,810	4,727	4,730	....	2,309	2,319	2,323	2,328
AZA	4,937	5,032	5,114	5,193	....	4,493	4,471	4,485	4,654
CAMPARI	5,241	5,152	5,147	5,092	....	14,986	15,027	15,020	15,352
AMPLIFON	8,662	8,698	8,650	8,876	....	6,989	7,006	7,023	7,473
INWIT	40,936	35,218	102,186	26,259	....	19,223	454,588	17,621	105,452
ENEL	5,853	5,995	5,953	6,039	....	6,855	6,896	6,869	6,899
STMelectronics	8,719	8,542	8,393	8,038	....	6,684	6,725	6,721	6,803
RECORDATI	11,487	11,438	11,437	11,279	....	8,558	8,561	8,568	8,577
ATLANTIA	5,442	5,621	5,537	5,476	....	2,762	2,746	2,778	2,778
IREN	2,279	2,316	2,324	2,317	....	2,714	2,726	2,729	2,722
PRYSMIAN	5,471	5,499	5,312	5,358	....	5,171	5,153	5,150	5,185

Tabella 4.2.14: Stima di d_1 con tasso pari al 1%

d2									
AZIENDE	04/01/2016	05/01/2016	06/01/2016	07/01/2016	....	23/12/2020	28/12/2020	29/12/2020	30/12/2020
ENI	5,689	5,801	5,634	5,694	....	3,251	3,268	3,283	3,300
MONCLER	10,587	10,355	10,324	10,364	....	24,997	25,052	24,836	25,013
DIASORIN	9,721	9,768	9,815	9,898	....	4,052	4,055	4,076	4,102
LEONARDO	4,680	4,646	4,562	4,566	....	2,096	2,105	2,107	2,115
AZA	4,802	4,899	4,983	5,063	....	4,322	4,296	4,310	4,485
CAMPARI	5,059	4,971	4,963	4,908	....	14,807	14,849	14,841	15,176
AMPLIFON	8,463	8,499	8,451	8,681	....	6,667	6,684	6,700	7,170
INWIT	40,855	35,123	102,153	26,132	....	19,108	454,583	17,496	105,431
ENEL	5,691	5,835	5,794	5,882	....	6,633	6,674	6,648	6,678
STMelectronics	8,490	8,311	8,161	7,799	....	6,407	6,450	6,446	6,531
RECORDATI	11,258	11,205	11,204	11,045	....	8,315	8,317	8,324	8,332
ATLANTIA	5,247	5,432	5,347	5,286	....	2,399	2,385	2,414	2,415
IREN	2,018	2,066	2,074	2,067	....	2,436	2,447	2,450	2,444
PRYSMIAN	5,181	5,209	5,017	5,066	....	4,912	4,890	4,886	4,923

Tabella 4.2.15: Stima di d_2 con tasso pari al 1%

Si dimostra, quindi, che per r_f maggiori, i valori di stima dei parametri di input aumentano.

Calcolo della probabilità di insolvenza

A questo punto sono disponibili tutti gli input necessari per stimare la probabilità di default delle società.

Con riferimento al modello di Merton, la probabilità di insolvenza corrisponde alla probabilità che alla scadenza del prestito il valore dell'attivo (V_T) risulti inferiore al

valore di rimborso del debito F; questo corrisponde alla probabilità che i creditori esercitano l'opzione put, acquistata per immunizzarsi dal rischio, ovvero:

$$PD=1-N(d_2) \quad [4.9]$$

Avendo usato come tasso di rendimento il tasso risk free, le probabilità calcolate sono probabilità “neutrali al rischio”.

Seguono nelle pagine successive i risultati del calcolo della probabilità di default giornaliera, con media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari all'1% e 5%, applicato al campione di imprese componenti l'indice FTSE MIB.

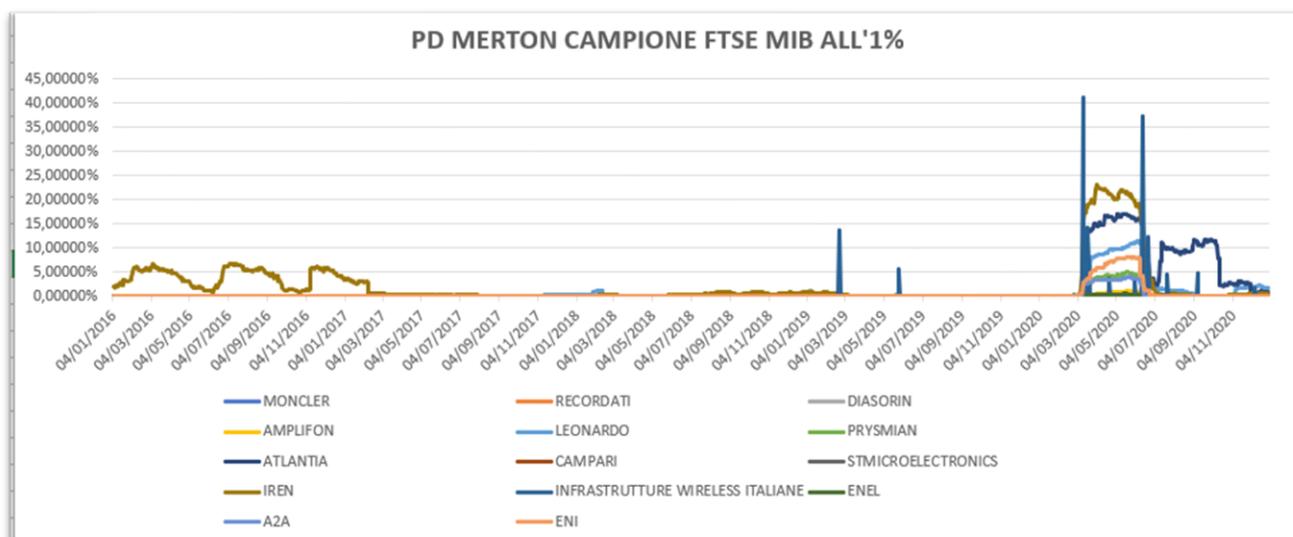


Figura 4.2.1: PD del campione appartenente all'indice FTSE MIB e tasso risk free pari all'1%

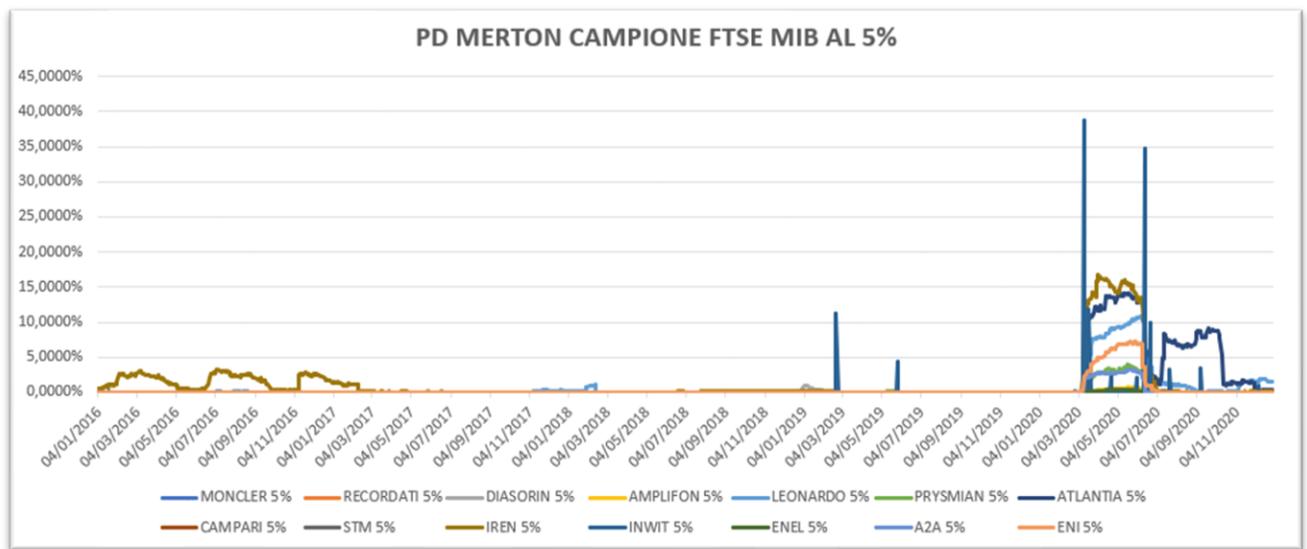


Figura 4.2.2: PD del campione appartenente all'indice FTSE MIB con tasso risk pari al 5%

Ciò che risulta evidente dal grafico è l'aumento della PD per quasi tutte le aziende sottoposte ad analisi, in corrispondenza della metà di marzo 2020 ovvero a ridosso del DPCM che in Italia imponeva il blocco delle attività considerate non essenziali.

In figura (4.2.3) viene rappresentata la PD media annuale per i diversi settori in cui sono state classificate le varie società. La PD è stata ottenuta calcolando la media giornaliera delle probabilità di default delle società appartenenti ai diversi settori (con tasso risk free pari all'1%).

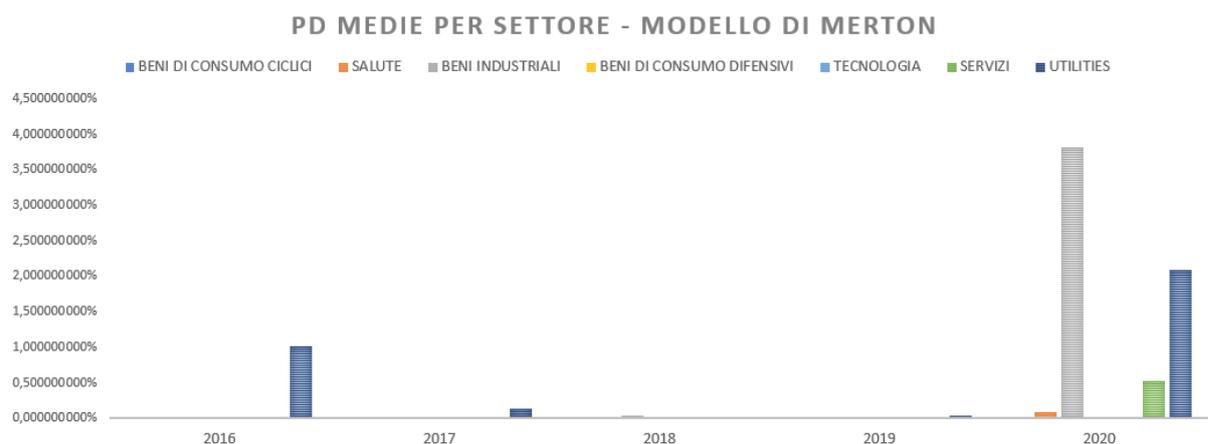


Figura 4.2.3: Andamento delle PD medie per settore con tasso risk free pari all' 1%

Anche in questo caso risulta evidente un aumento delle PD nel 2020 per quasi tutti i settori sottoposti ad analisi. I settori più colpiti che presentano un notevole aumento della

PD sono il settore dei beni industriali, utilities e servizi, mentre gli altri settori, come il settore della salute, beni di consumo ciclici, il settore tecnologico e beni di consumo difensivi presentano un aumento della PD meno marcato ma comunque anch'essi colpiti dalla pandemia.

Bisogna comunque tenere in considerazione che oltre dalla volatilità del valore di mercato degli asset, la probabilità di default è influenzata anche dalla leva finanziaria con cui operano le imprese, dalla *maturity* del debito e dalla composizione del settore, in quanto settori composti da più imprese possono beneficiare di effetti di compensazione tra le varie PD.

La PD media di tutte le società nel 2019 è pari a 0,0271%, mentre nel 2020 è pari a 1,4724%; il differenziale tra i due valori rappresenta l'aumento della PD e risulta pari a 1,4453%.

Agli indici di posizione, come la media, è sempre utile abbinare un indice di variabilità, come lo scarto quadratico medio, in modo da misurare quante sono lontane le unità statistiche dalla media; si è quindi calcolata la variabilità relativa ad ogni società per ogni singolo anno.

In tabella (4.2.18) sono rappresentati gli scarti quadratici medi dal 2016 al 2020 di ogni azienda, in modo da individuare l'anno che presenta una maggiore variabilità.

Tabella 4.2.18 : Scarto quadratico medio delle società appartenenti all' indice FTSE MIB.

	SCARTO QUADRATICO MEDIO				
	2016	2017	2018	2019	2020
MONCLER	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,000000%
RECORDATI	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,036835%
DIASORIN	0,000000%	0,000000%	0,044043%	0,719889%	0,097853%
AMPLIFON	0,000014%	0,000007%	0,000000%	0,003756%	0,360194%
LEONARDO	0,045586%	0,127405%	0,248391%	0,003093%	3,860201%
PRYSMIAN	0,005589%	0,000000%	0,004056%	0,159260%	1,753030%
ATLANTIA	0,001237%	0,000000%	0,021075%	0,000011%	6,116864%
CAMPARI	0,002139%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,000108%
STMICROELECTRONICS	0,000138%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,053242%
IREN	1,857859%	0,950517%	0,284123%	0,666757%	8,680626%
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	0,013485%	0,013485%	0,000000%	0,000000%	3,696311%
ENEL	0,000047%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	0,185809%
A2A	0,004164%	0,000021%	0,000007%	0,000001%	1,505827%
ENI	0,002527%	0,000000%	0,000000%	0,000000%	2,943623%

Si evince un aumento, per quasi tutte le società, dello scarto quadratico medio e quindi della variabilità nell'anno 2020, dovuta all'incertezza economica e sociale della pandemia.

Di seguito, vengono rappresentati graficamente i risultati della variabilità di ogni azienda per singolo settore:

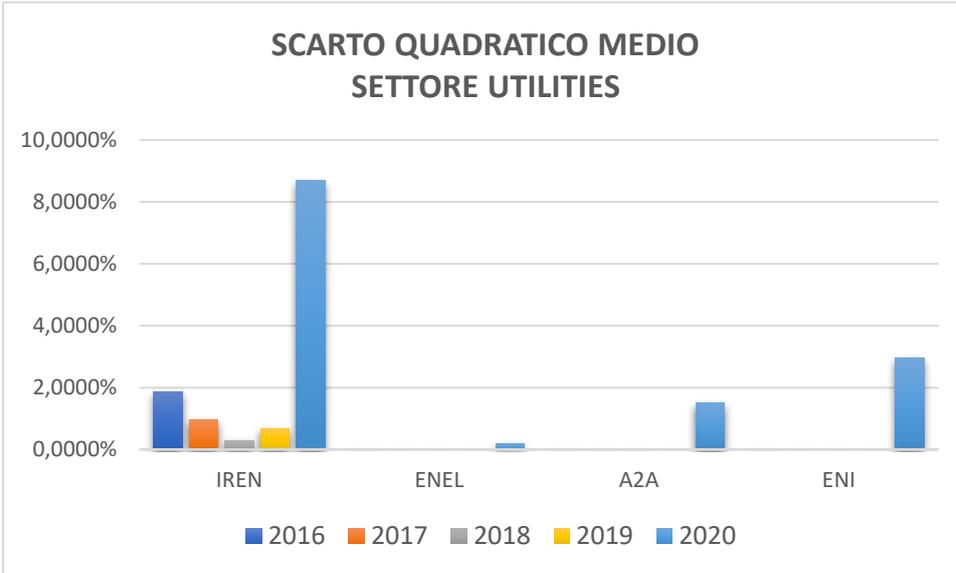


Figura 4.2.4: Scarto quadratico medio settore utilities

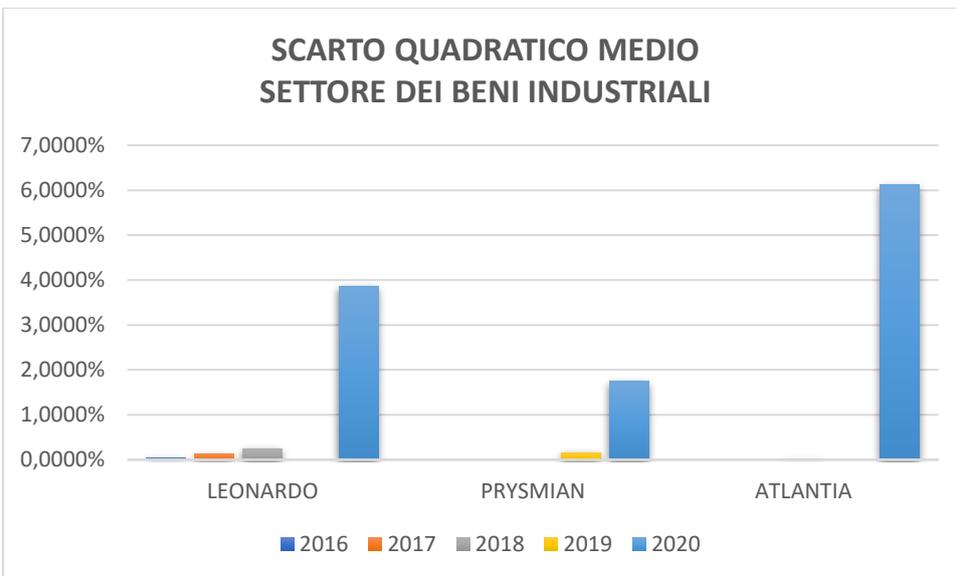


Figura 4.2.5: Scarto quadratico medio del settore dei beni industriali

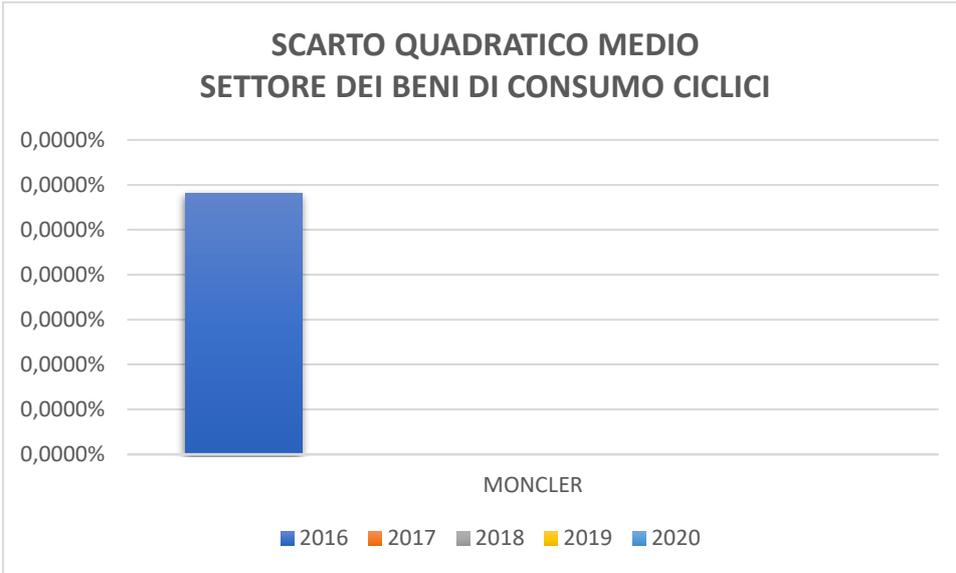


Figura 4.2.6: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo ciclici

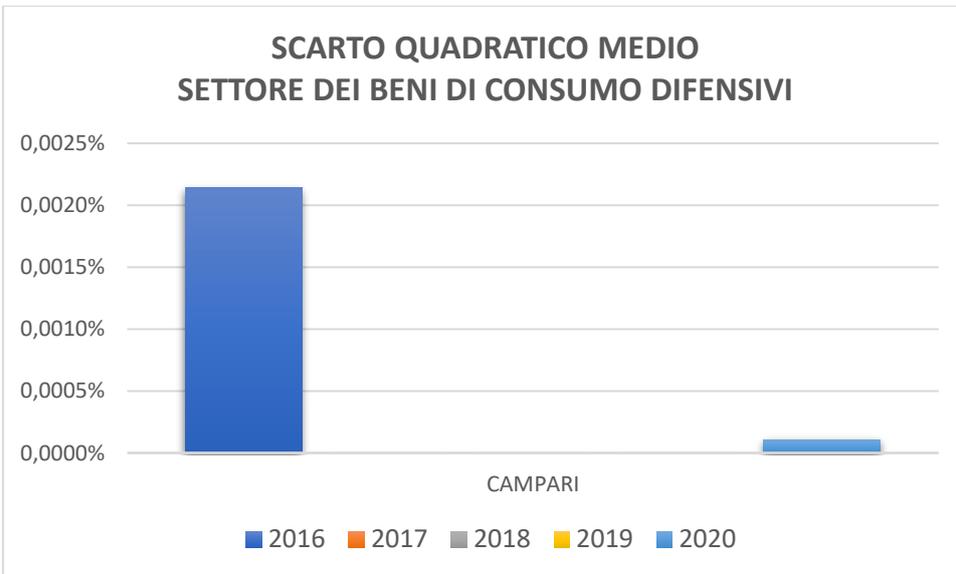


Figura 4.2.7: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo difensivi



Figura 4.2.8: Scarto quadratico medio del settore salute

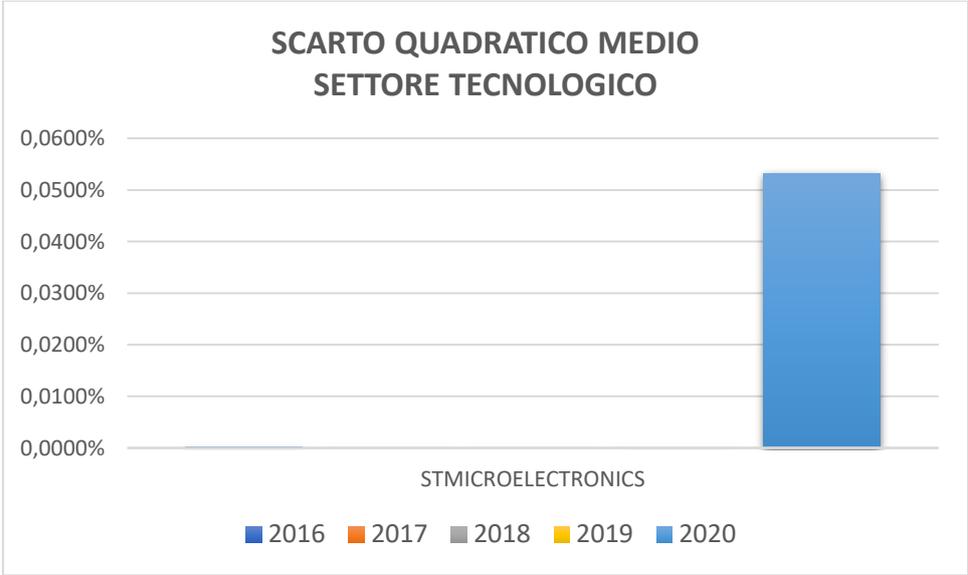


Figura 4.2.9: Scarto quadratico medio del settore tecnologia

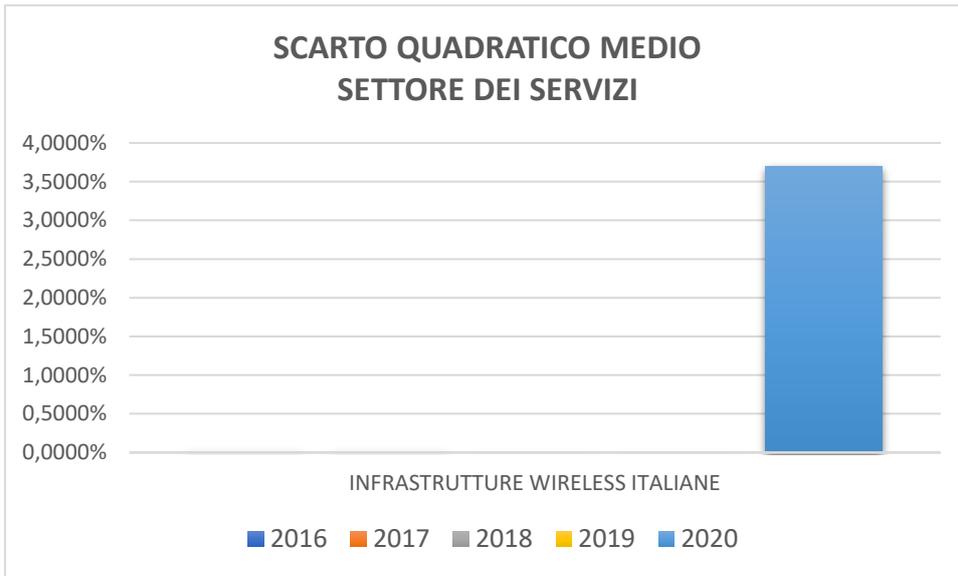


Figura 4.2.10: Scarto quadratico medio del settore dei servizi

In media, il settore che presenta nel 2020, rispetto agli anni precedenti, il più alto indice di variabilità è il settore dei beni industriali, mentre il settore dei beni di consumo ciclici registra un minor indice di variabilità.

Segue, nei grafici successivi, l'evoluzione nel tempo della probabilità di default di ogni società appartenente ad uno specifico settore, con una media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari al 5% e all'1%.

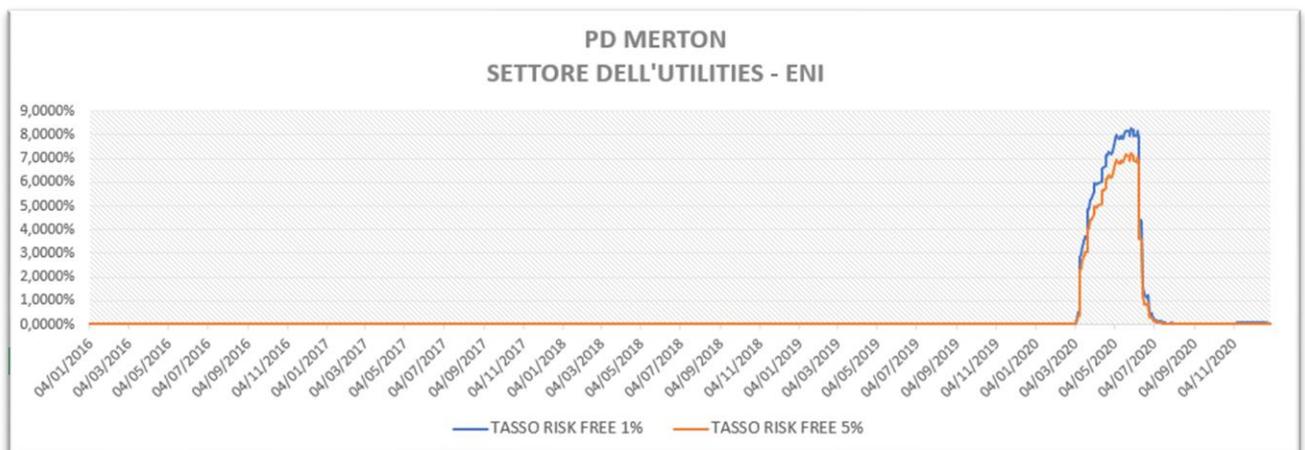


Figura 4.2.11: Andamento della PD della società Eni

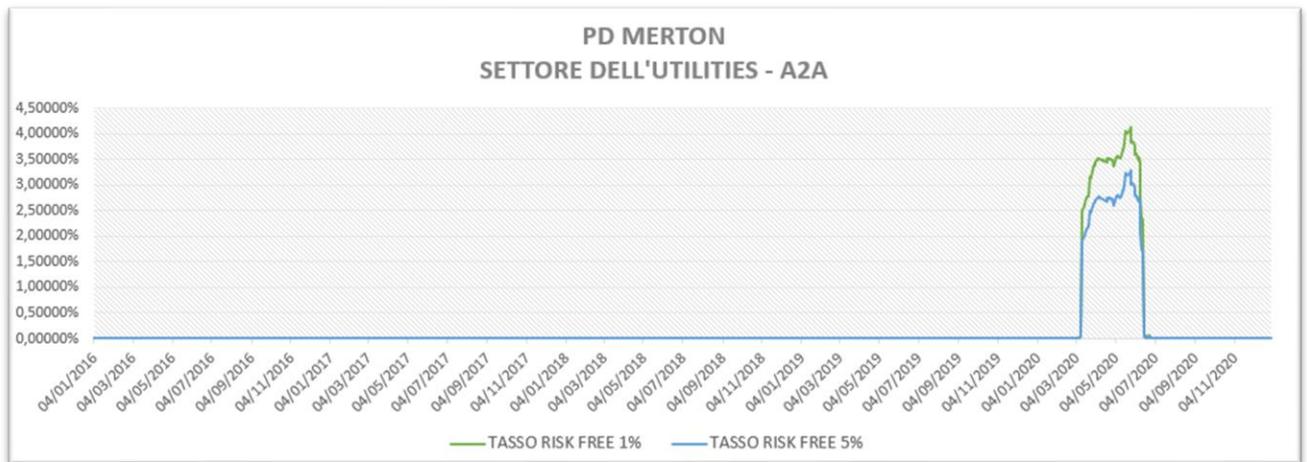


Figura 4.2.12: Andamento della PD della società A2A

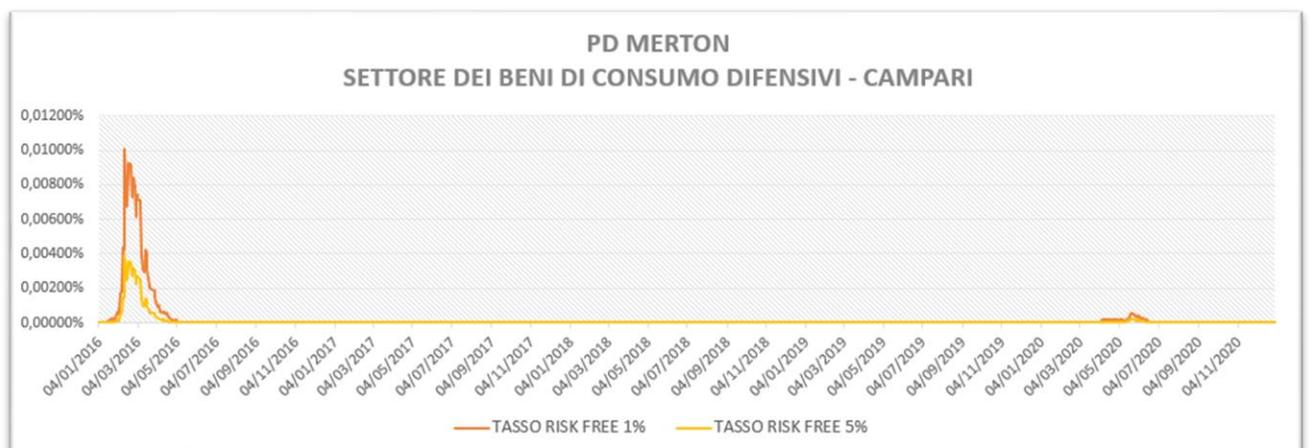


Figura 4.2.13: Andamento della PD della società Campari

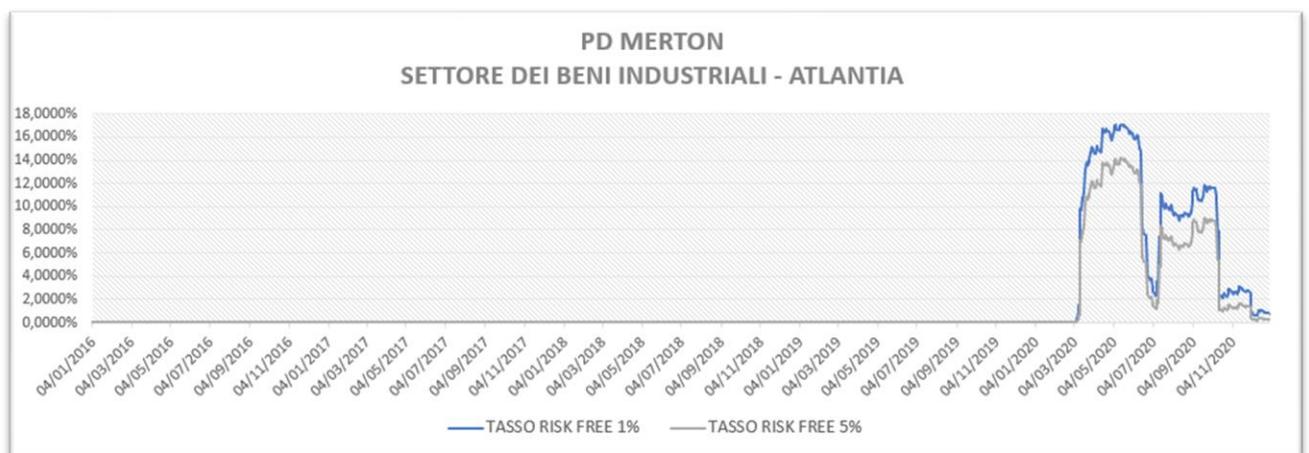


Figura 4.2.14: Andamento della PD della società Atlantia

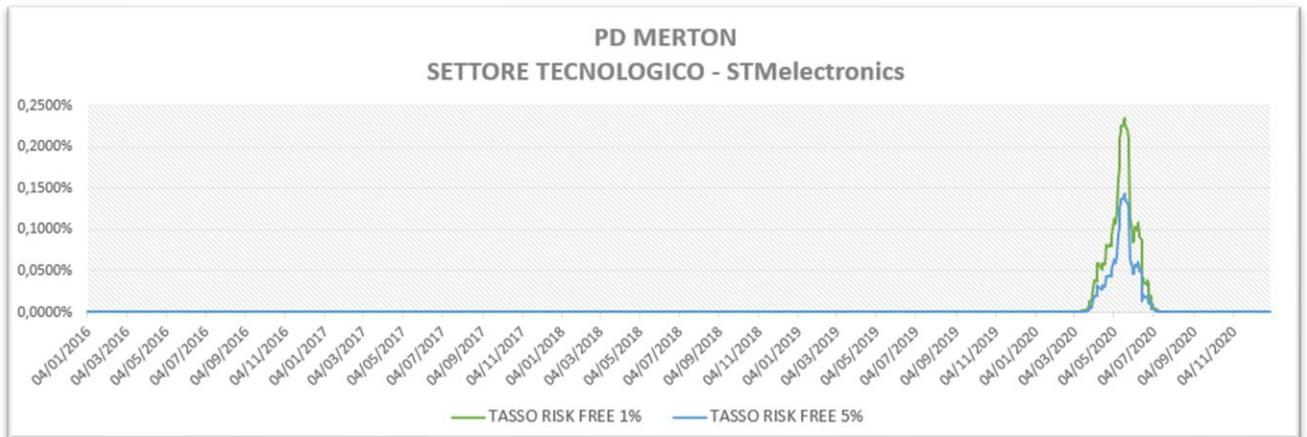


Figura 4.2.15: Andamento della PD della società STMicroelectronics

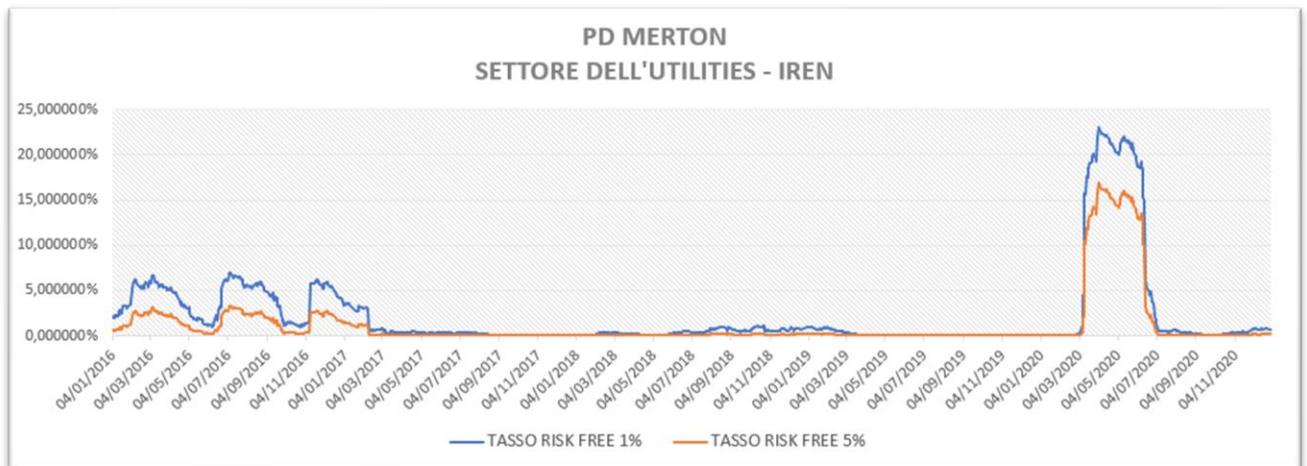


Figura 4.2.16: Andamento della PD della società Iren

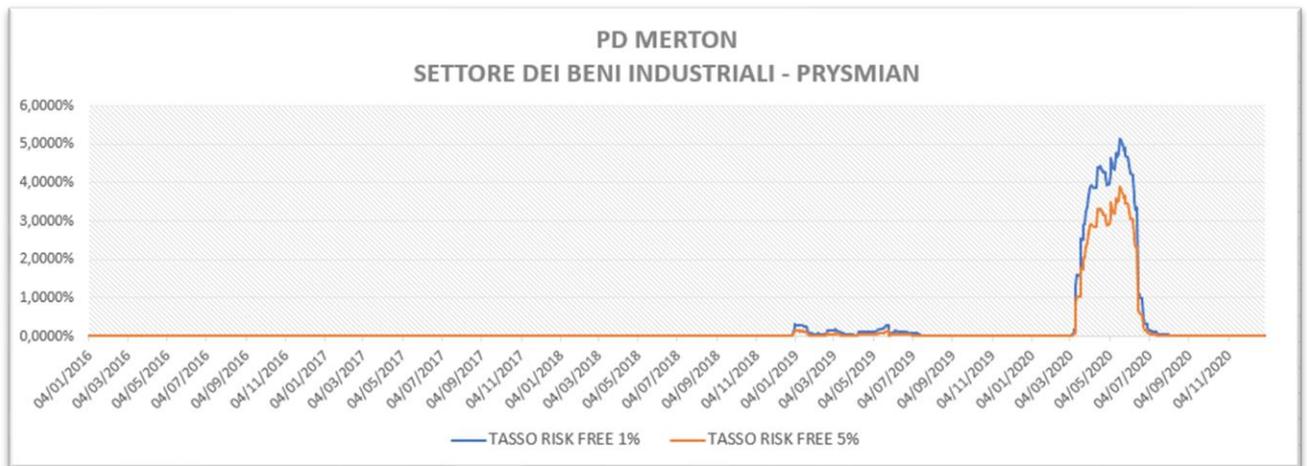


Figura 4.2.17: Andamento della PD della società Prysmian

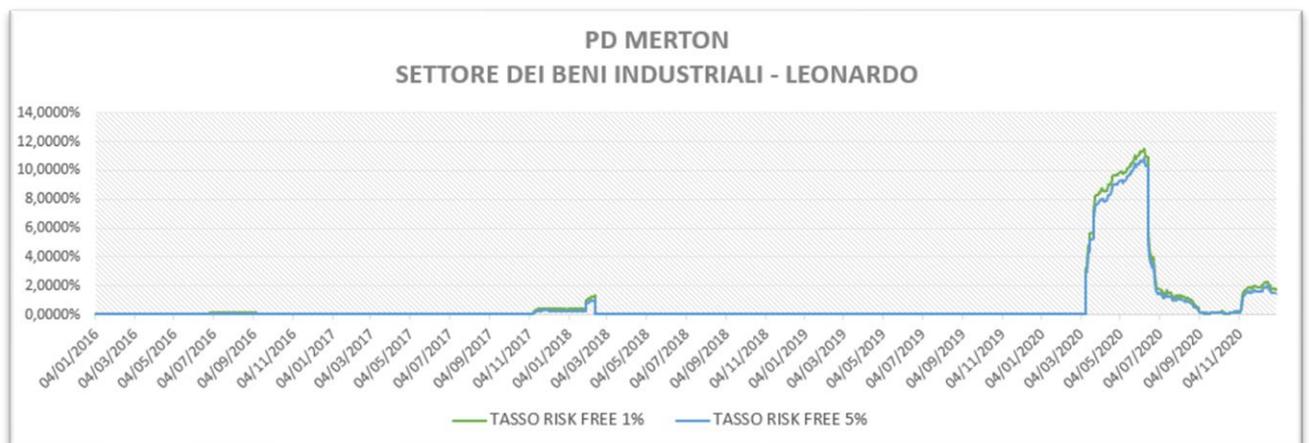


Figura 4.2.18: Andamento della PD della società Leonardo

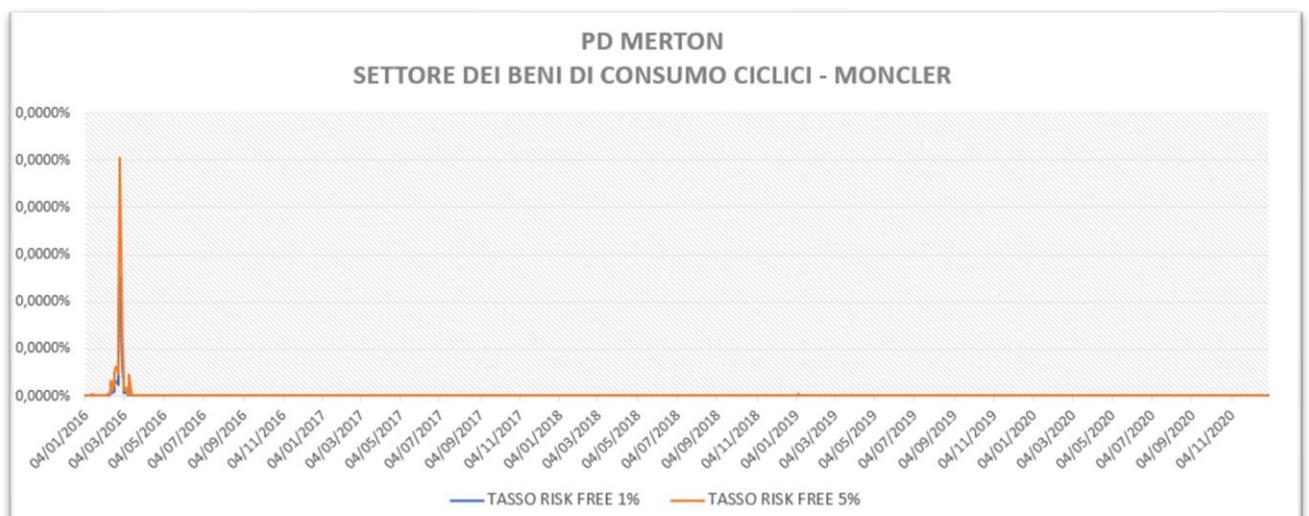


Figura 4.2.19: Andamento della PD della società Monclér

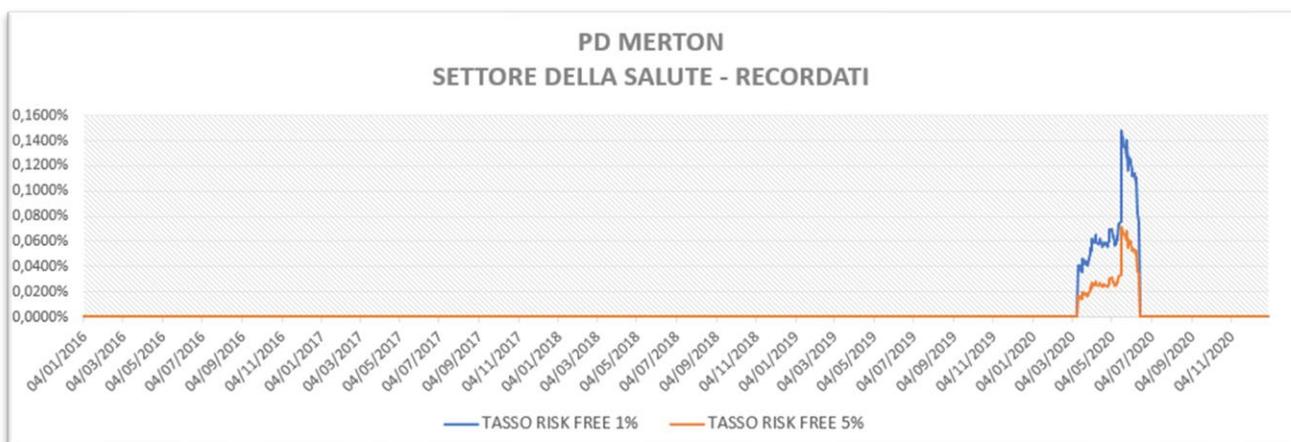


Figura 4.2.20: Andamento della PD della società Recordati

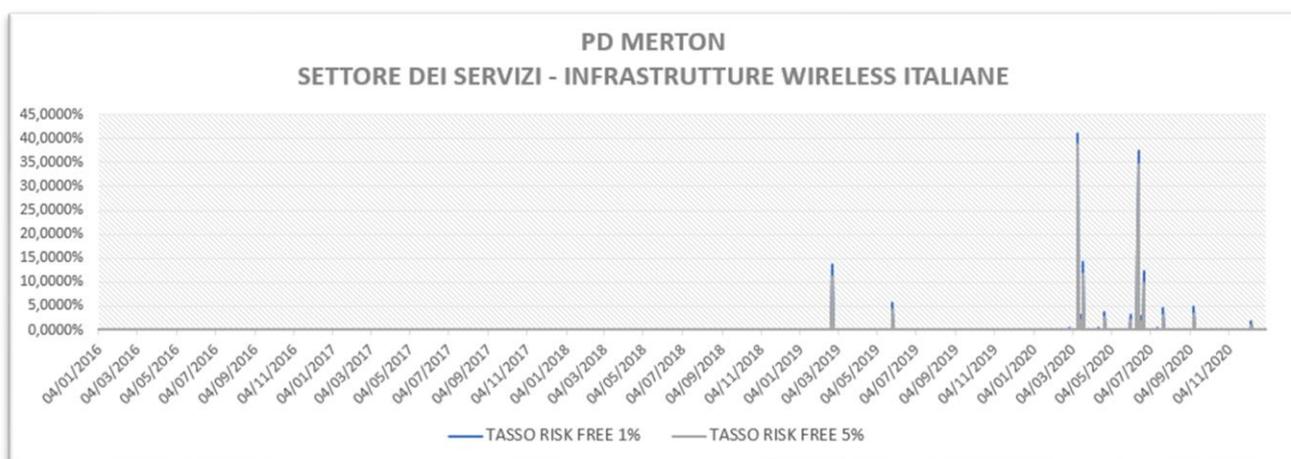


Figura 4.2.21: Andamento della PD della società Inwit

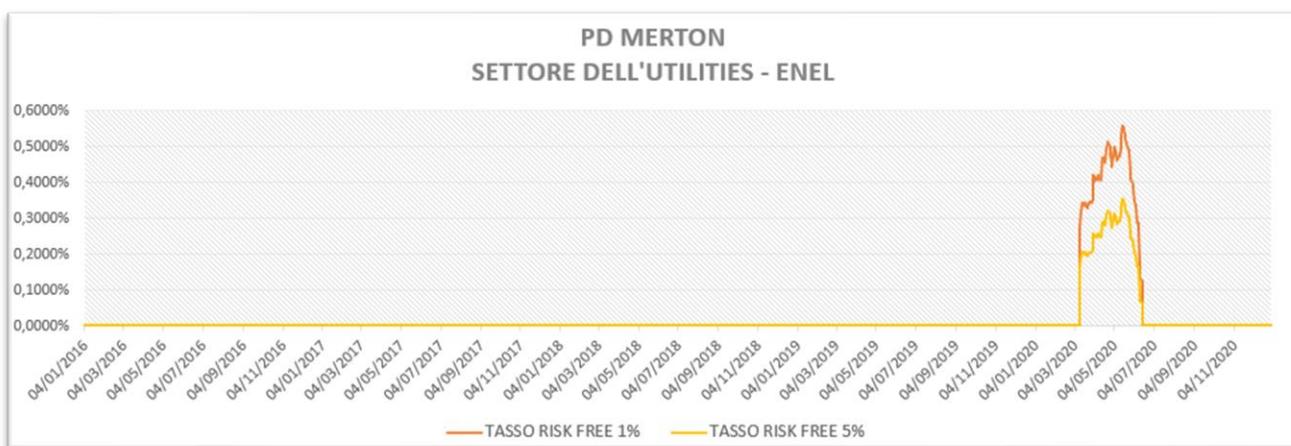


Figura 4.2.22: Andamento della PD della società Enel



Figura 4.2.23: Andamento della PD della società Diasorin

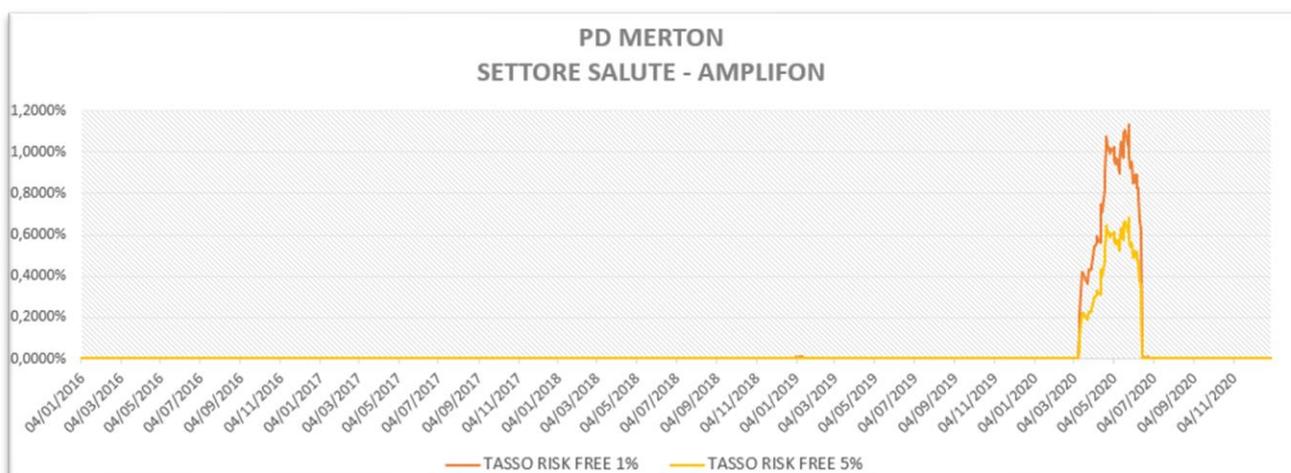


Figura 4.2.24: Andamento della PD della società Amplifon

Si evince dai grafici un aumento della PD nella metà di marzo 2020 a seguito del DPCM che in Italia imponeva il blocco delle attività considerate non essenziali, di conseguenza molte società hanno visto crollare il loro fatturato. Nei primi mesi del 2020, il ciclo economico internazionale, già in decelerazione rispetto all'anno precedente, è stato colpito violentemente dagli effetti negativi della pandemia. L'emergenza sanitaria e le connesse misure di contenimento hanno generato una recessione globale.

In seguito, alcune società, come quelle appartenente al settore salute e ai beni di consumi difensivi, hanno sfruttato le opportunità e gli incentivi emanati dal governo italiano,

registrando un minor aumento della PD, ma comunque anch'essi colpiti dal primo lockdown. La ridotta mobilità, la distanza di sicurezza, l'obbligo di indossare la mascherina e di sanificare le superfici hanno però pesato su molti settori, quali il settore dei beni industriali e il settore dei servizi. I lockdown hanno ridotto i consumi, come quello del petrolio, materia prima utilizzata per moltissimi prodotti. Gli shock petroliferi hanno così influenzato negativamente tutta la catena del valore, intaccando moltissimi settori, tra cui quello dell'utilities.

4.3 Applicazione del modello di Merton all'indice Ftse Aim

Seguendo lo stesso procedimento è stata calcolata la PD per un campione di aziende che compongono l'indice FTSE AIM. Anche in questo caso il campione è stato scelto in base alle disponibilità informative di ciascuna azienda.

In questo caso non sarà discussa la procedura teorica ed operativa utilizzata per giungere al calcolo della PD in quanto uguale a quella applicata al FTSE MIB.

Di seguito viene indicata la lista delle società appartenenti all'indice per il settore di appartenenza:

Tabella 4.3.1: Scelta del campione di società appartenenti all'indice FTSE AIM

AZIENDA	SETTORE
COVER 50	BENI DI CONSUMO CICLICI
CLABO	BENI INDUSTRIALI
MASI AGRICOLA	BENI DI CONSUMO DIFENSIVI
ITALIAN WINE BRANDS	
GIORGIO FEDON GROUP	
SOFTEC	TECNOLOGIA
GO INTERNET	SERVIZI
LEONE FILM GROUP	
DIGITOUCH	
FRENDY ENERGY	UTILITIES

Segue, nel grafico successivo, l'evoluzione nel tempo della probabilità di default di tutte le società appartenenti all'indice FTSE AIM, con una media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari all'1 % e 5%.

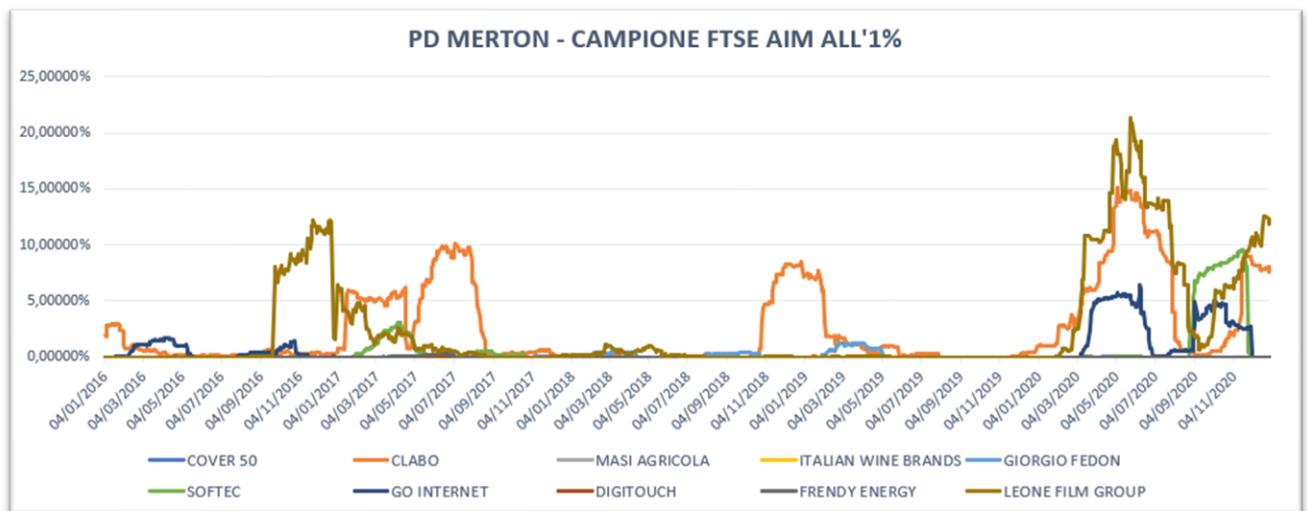


Figura 4.3.1: PD del campione appartenenti all'indice FTSE AIM con tasso risk free pari all'1%

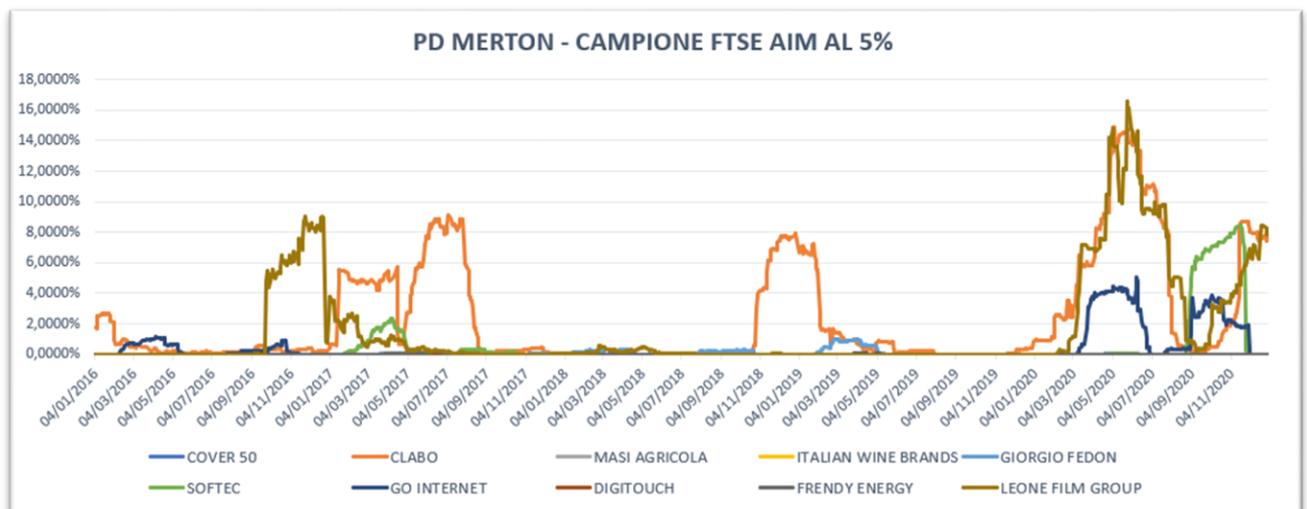


Figura 4.3.2: PD del campione appartenenti all'indice FTSE AIM con tasso risk free pari al 5%

Anche per questo campione di aziende, il modello evidenzia un incremento della probabilità di default, per quasi tutte le società quotate all'indice di riferimento, in prossimità del mese di marzo 2020 a causa dello scoppio della pandemia.

In figura (4.3.3) viene rappresentata la PD media annuale su cinque anni per i diversi settori in cui sono state classificate le varie società. La PD è stata ottenuta calcolando la media giornaliera delle probabilità di default delle società appartenenti ai diversi settori. Verrà solo illustrato il caso con tasso risk free pari all'1% in quanto le considerazioni sono analoghe.

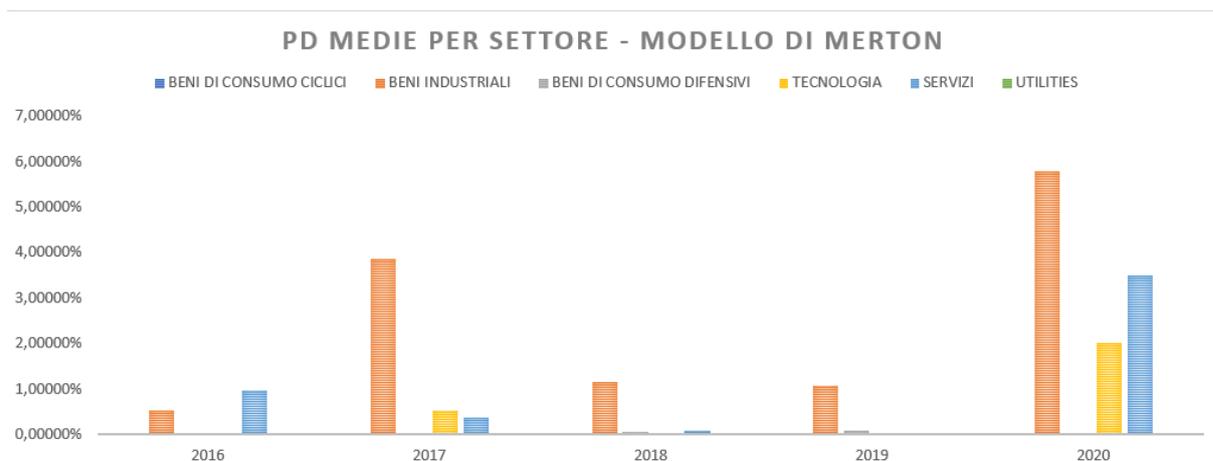


Figura 4.3.3: Pd medie per settore delle società appartenente all'indice FTSE AIM e tasso risk free pari all'1%

Si può evincere un aumento della PD per quasi tutti i settori sottoposti ad analisi; in particolare, i settori che hanno sofferto maggiormente l'impatto della pandemia sono il settore dei beni industriali, il settore dei servizi ed il settore tecnologico, mentre i settori che hanno meglio resistito alla crisi pandemica sono il settore salute, beni di consumo ciclici, utilities e beni di consumo difensivi.

La PD media di tutte le società nel 2019 è pari a 0,1314% mentre nel 2020 è pari a 1,8309%; il differenziale tra i due valori rappresenta l'aumento della PD e risulta pari a 1,6994%.

Segue la rappresentazione dello scarto quadratico medio di ogni società e i relativi grafici, divisi per settore:

Tabella 4.3.2: Scarto quadratico medio delle società componenti l'indice FTSE AIM

	SCARTO QUADRATICO MEDIO				
	2016	2017	2018	2019	2020
COVER 50	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
CLABO	0,6994%	3,4415%	2,6230%	1,9776%	4,8033%
MASI AGRICOLA	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0079%
ITALIAN WINE BRANDS	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0021%
GIORGIO FEDON	0,0002%	0,0359%	0,1695%	0,4188%	0,0095%
SOFTEC	0,0001%	0,7939%	0,0158%	0,0000%	3,5028%
GO INTERNET	0,5366%	0,0003%	0,0001%	0,0107%	2,1517%
DIGITOUCH	0,0001%	0,0024%	0,0023%	0,0020%	0,0027%
FRENDY ENERGY	0,0007%	0,0855%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
LEONE FILM GROUP	4,2424%	1,5152%	0,2735%	0,0152%	5,8904%

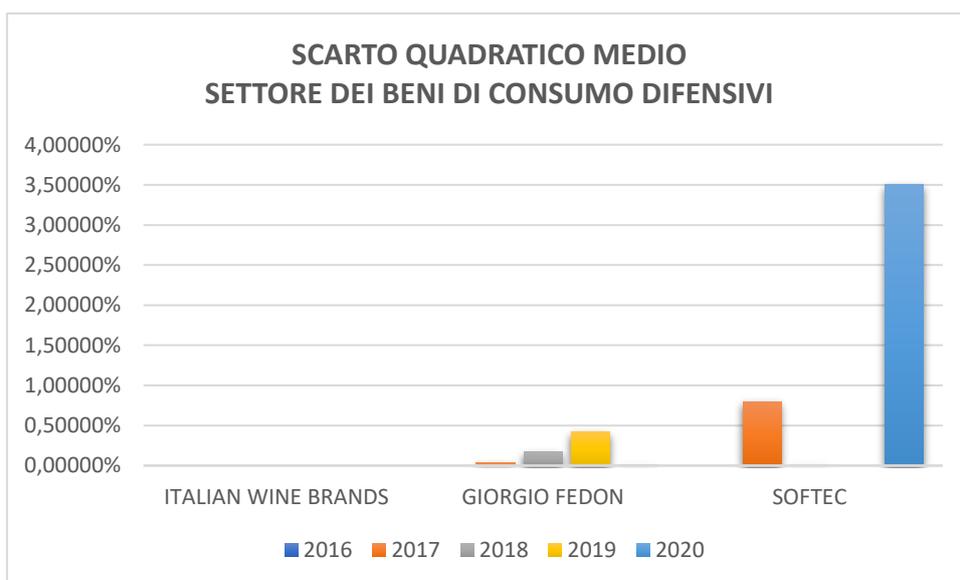


Figura 4.3.4: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo difensivi

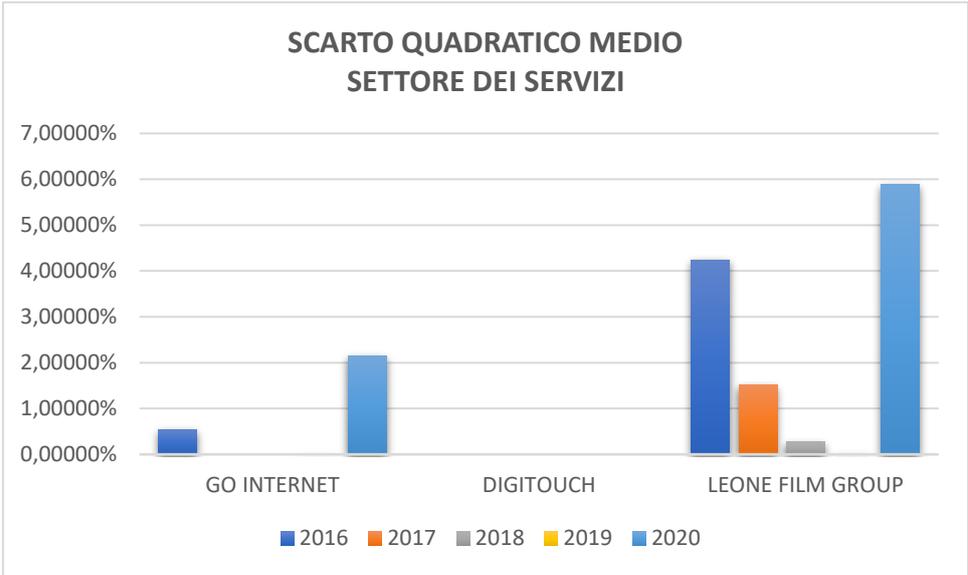


Figura 4.3.5: Scarto quadratico medio del settore dei servizi

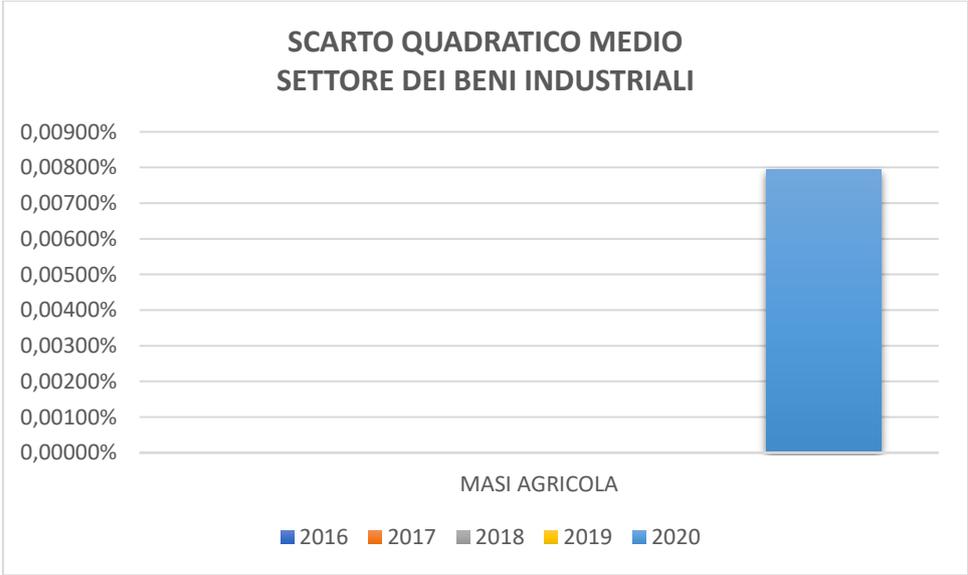


Figura 4.3.6: Scarto quadratico medio del settore dei beni industriali

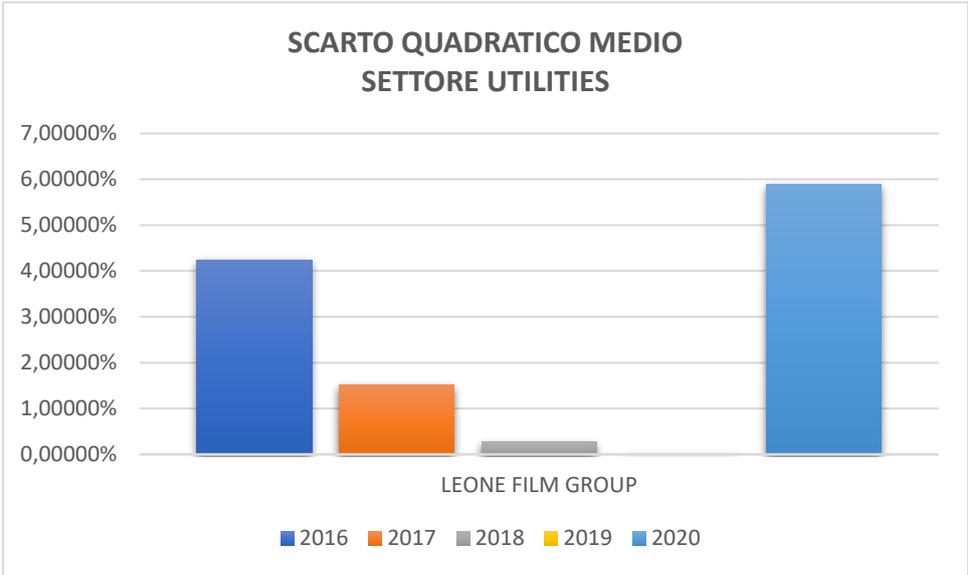


Figura 4.3.7: Scarto quadratico medio del settore utilities

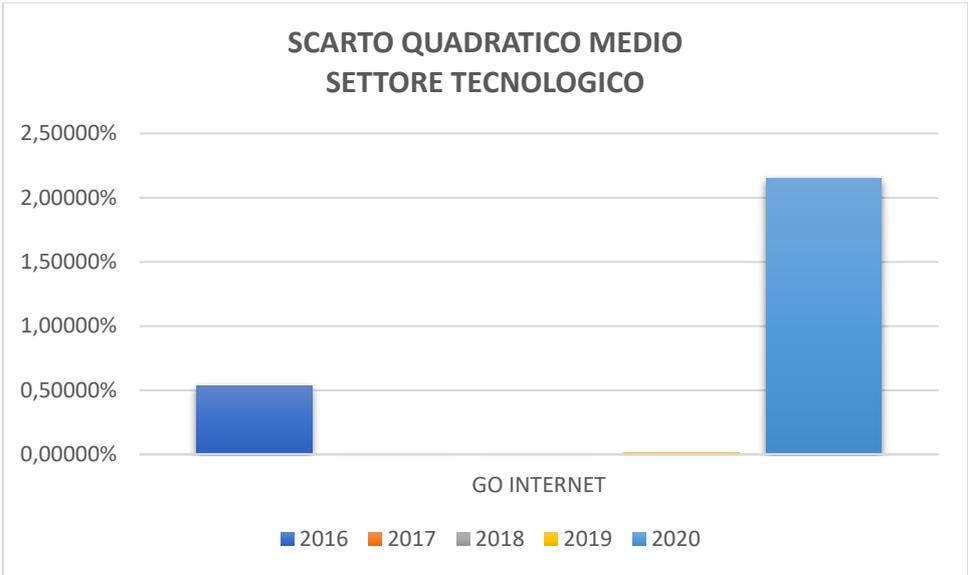


Figura 4.3.8: Scarto quadratico medio del settore tecnologico

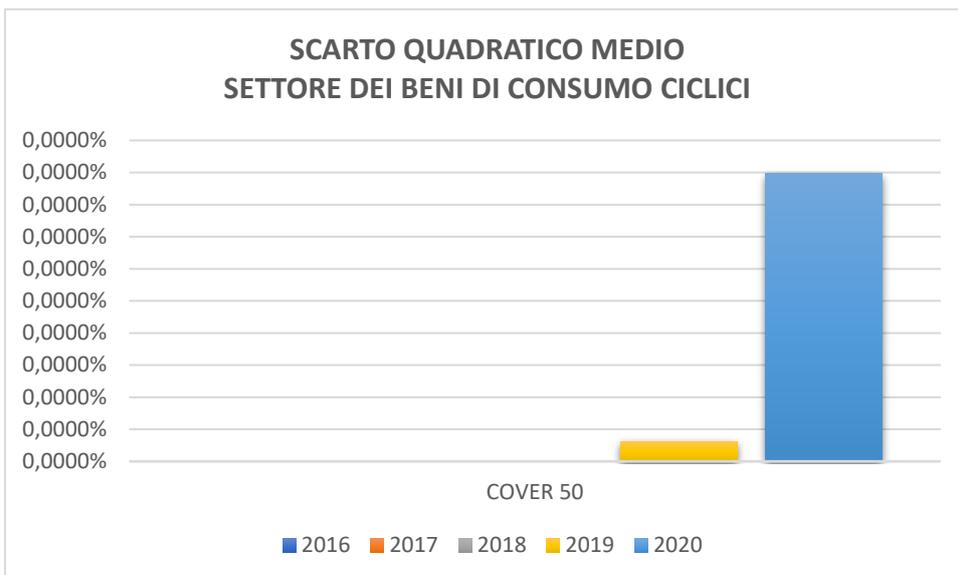


Figura 4.3.9: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo ciclici

In media, il settore che nel 2020 presenta il più elevato indice di variabilità è il settore dei beni industriali, mentre il settore dei beni di consumo ciclici registra una minore variabilità.

Segue, nei grafici successivi, l'evoluzione nel tempo della probabilità di default di ogni società appartenente ad uno specifico settore, con una media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari al 5% e all'1%.

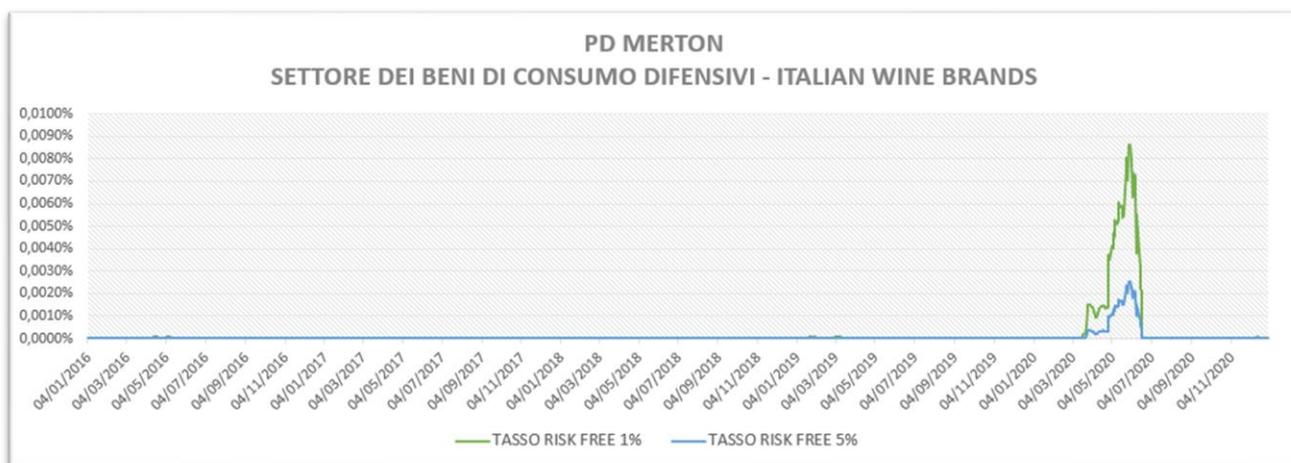


Figura 4.3.10: Andamento della PD della società Italian Wine Brands

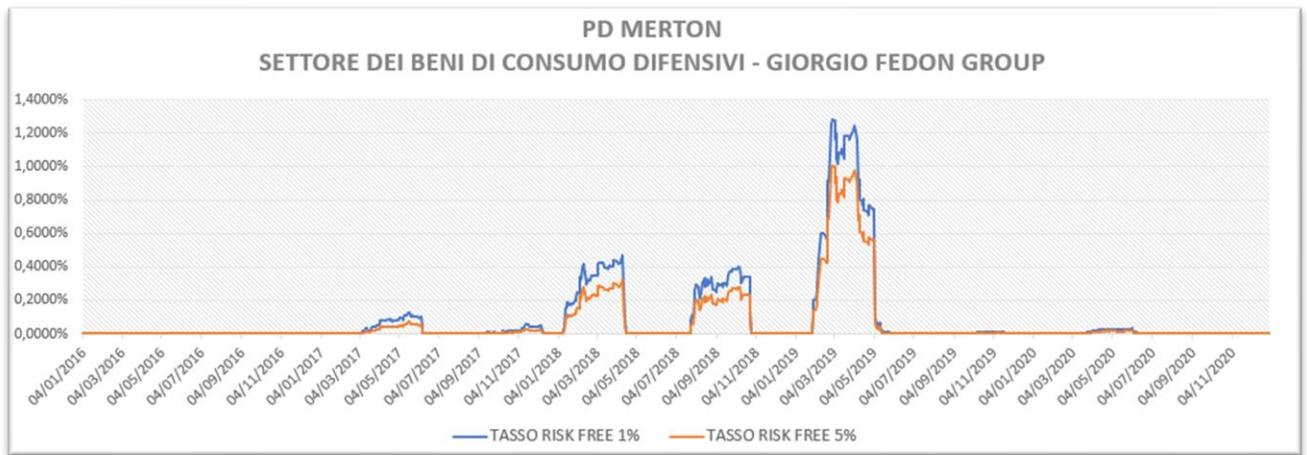


Figura 4.3.11: Andamento della PD della società Giorgio Fedon Group

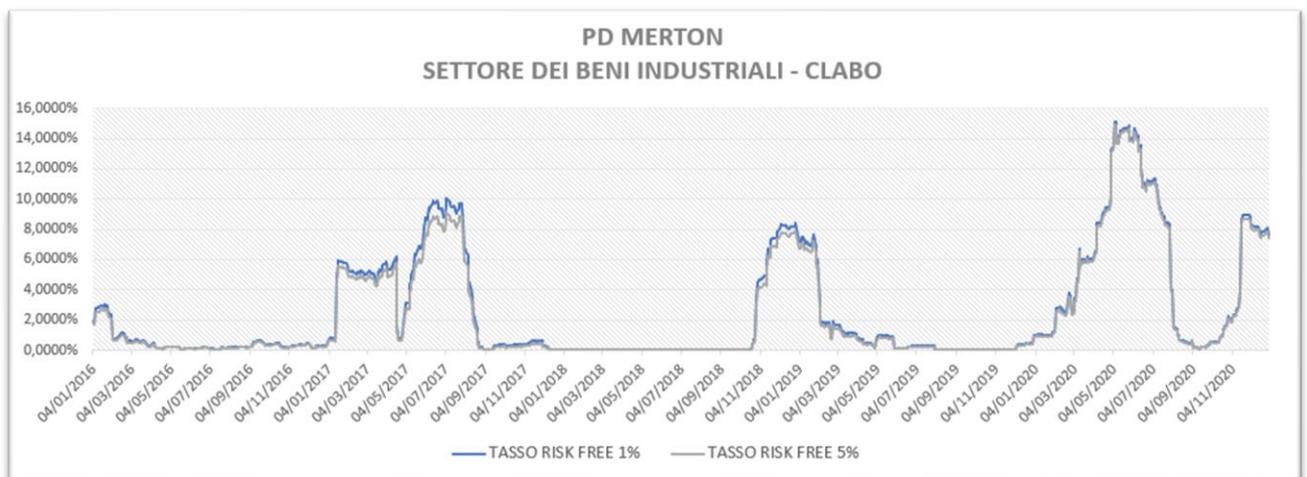


Figura 4.3.12: Andamento della PD della società Clabo

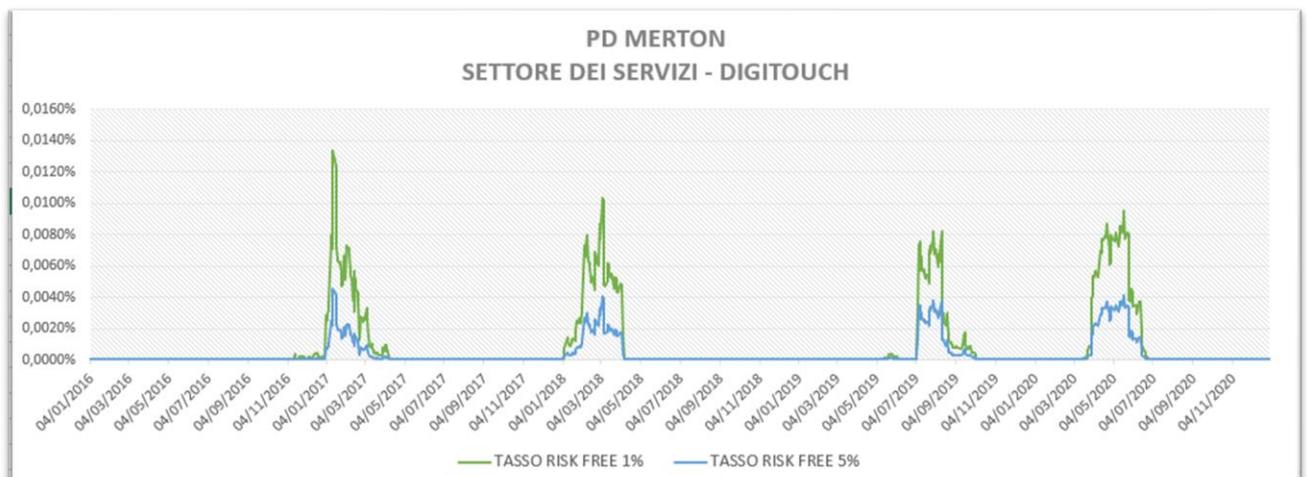


Figura 4.3.13: Andamento della PD della società Digitouch

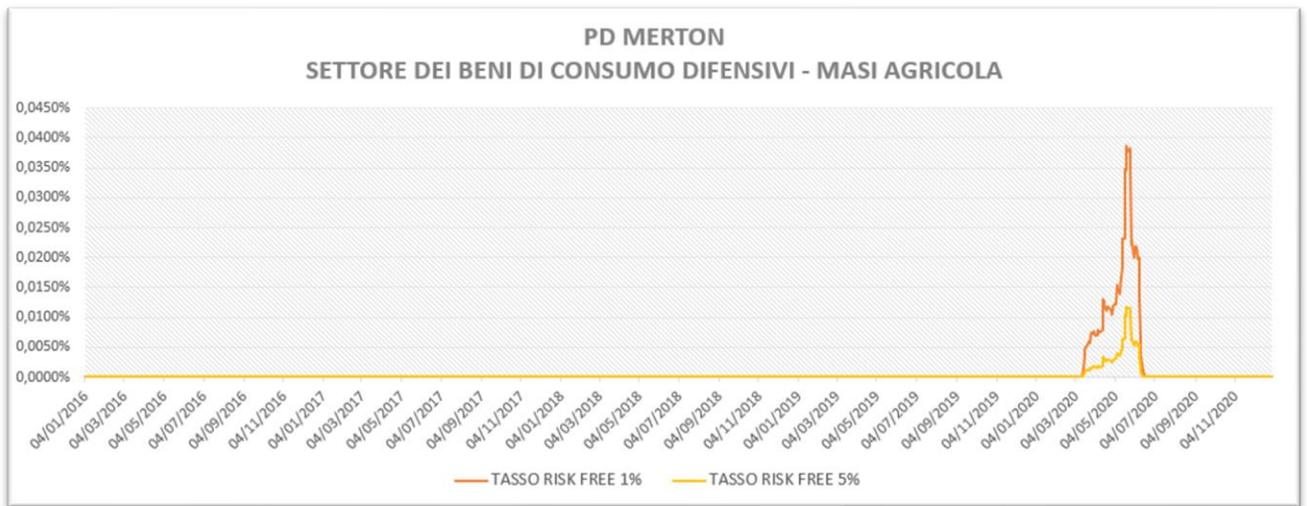


Figura 4.3.14: Andamento della PD della società Masi Agricola

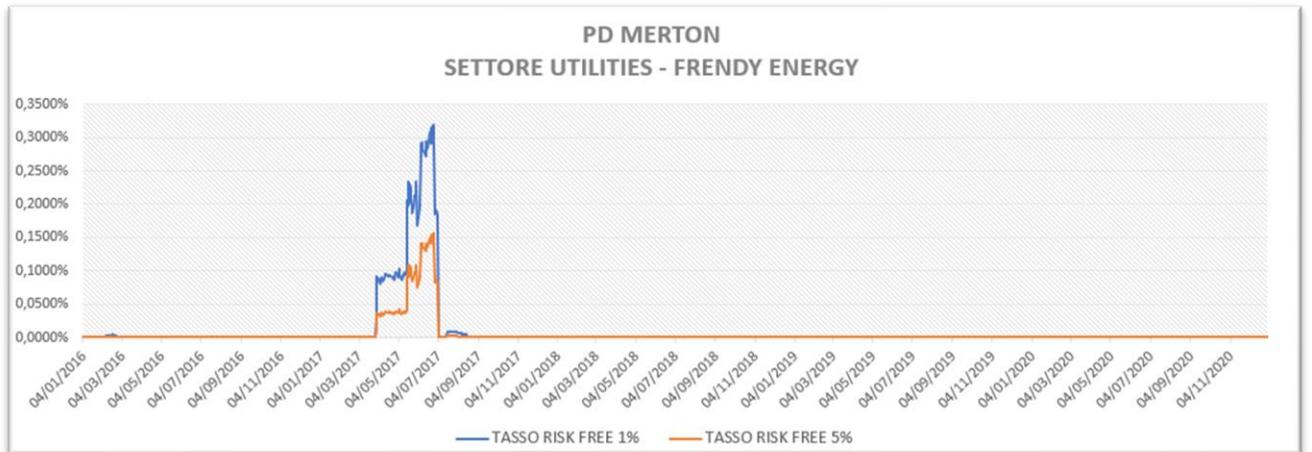


Figura 4.3.15: Andamento della PD della società Frendy Energy

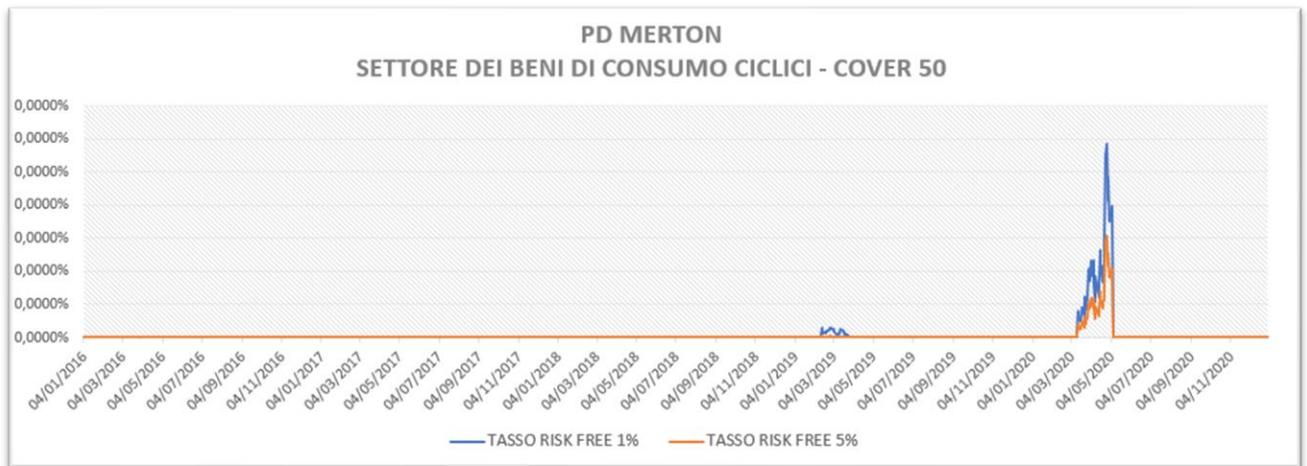


Figura 4.3.16: Andamento della PD della società Cover 50

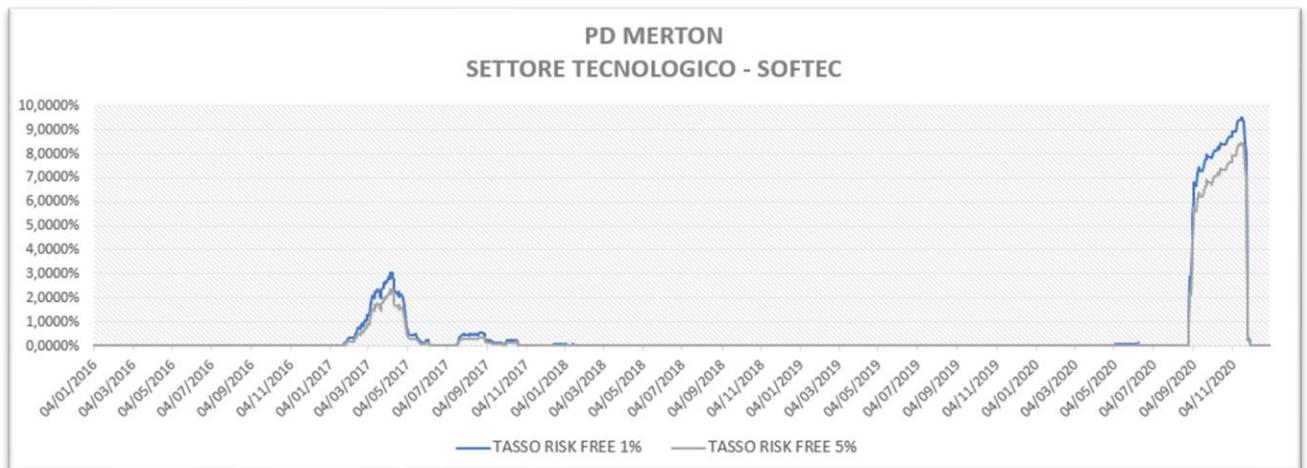


Figura 4.3.17: Andamento della PD della società Softec

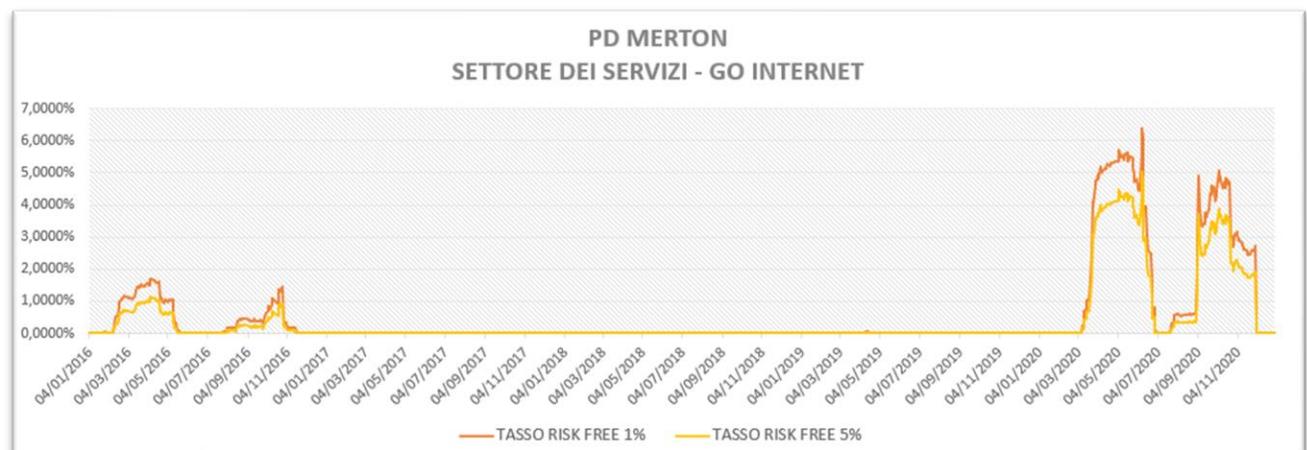


Figura 4.3.18: Andamento della PD della società Go Interne

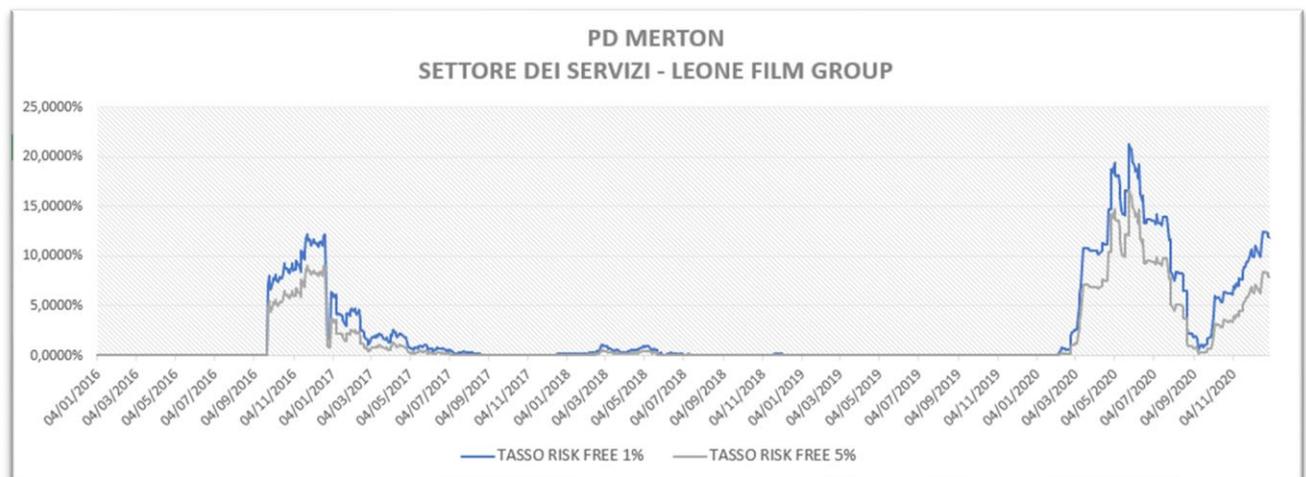


Figura 4.3.18: *Andamento della PD della società Leone Film Group*

4.4 Applicazione del modello KMV- *naive* all'indice Ftse Mib

Nei capitoli precedenti sono stati discussi i limiti che caratterizzano il modello di Merton, tra cui l'impossibilità di osservare alcune variabili, come il valore di mercato dell'attivo delle società e la loro volatilità, direttamente dal mercato dei capitali.

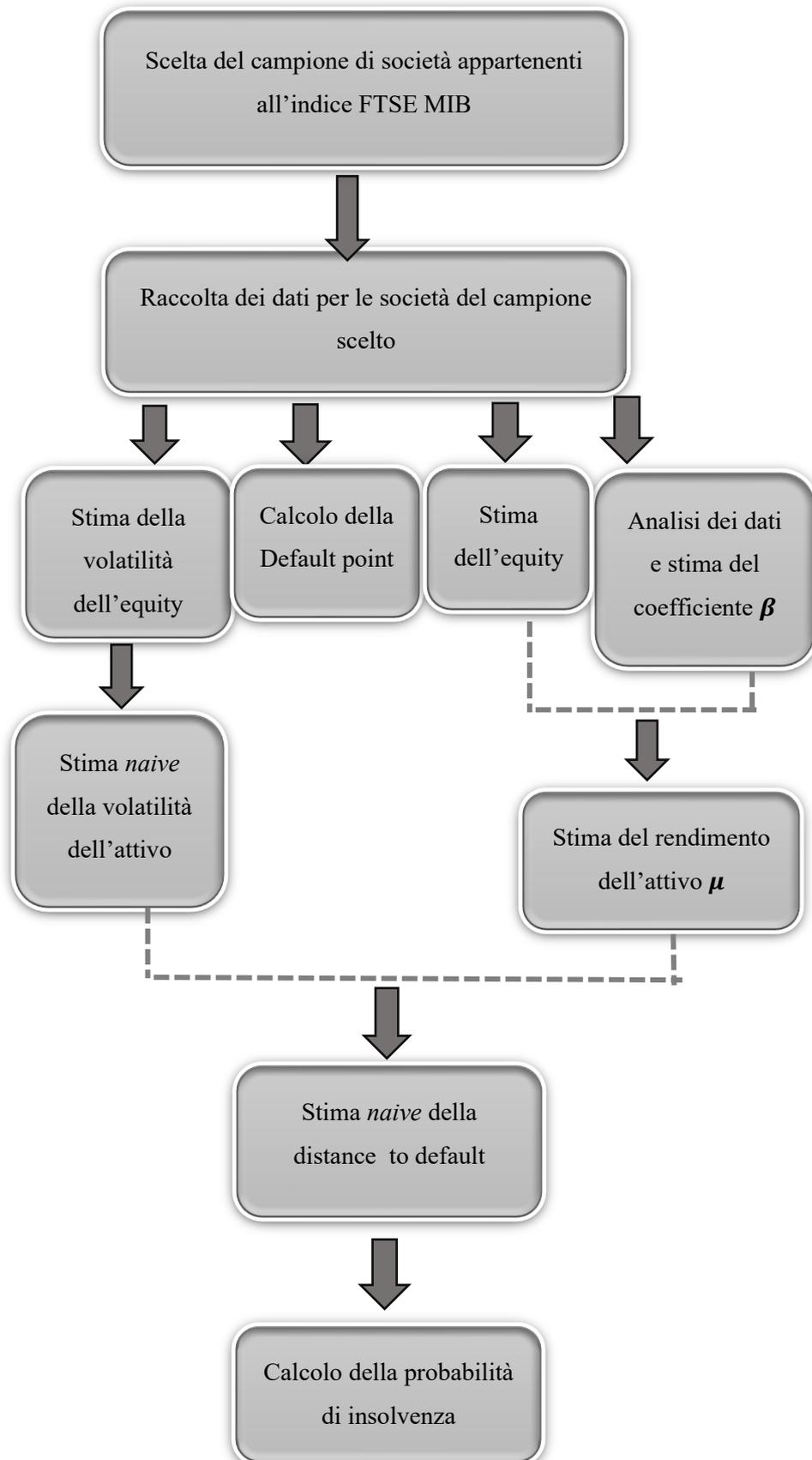
Nel paragrafo precedente, tale limite è stato superato, facendo delle assunzioni circa sul valore di mercato dell'attivo e la relativa volatilità.

In questo capitolo saranno illustrate le probabilità di insolvenza applicate allo stesso campione di società considerate nel paragrafo precedente, ma calcolate utilizzando il metodo KMV con delle approssimazioni *naive* citate nel capitolo 3.

Tale approccio, permette di stimare la *distance to default*, ovvero una misura della distanza del valore di mercato dell'attivo da uno specifico punto di default, senza dover partire dalle relazioni analitiche del valore delle opzioni.

Come nel paragrafo precedente, anche per questo modello, tutti i valori necessari a stimare la PD e la stessa probabilità di insolvenza sono stati calcolati giornalmente per un periodo che va dal 01/01/2016 al 31/12/2020.

Al fine di rendere più comprensibili i passaggi eseguiti, di seguito viene rappresentato il percorso logico che è stato seguito, tramite un diagramma di flusso:



La scelta del campione e la raccolta dei dati seguono la stessa logica applicata per il modello di Merton; i calcoli per la stima dell'equity e la relativa volatilità sono analoghi al calcolo visto tramite il modello di Merton. Segue quindi l'illustrazione del calcolo delle altre componenti.

Come nel modello di Merton, anche in questo caso verrà riportato solo un estratto del calcolo dei valori di ogni percorso logico per non appesantire troppo l'elaborato.

Calcolo della Default point (DPT)

Mentre nel modello di Merton, il punto di default include tutto il debito, nel modello *naive* include, invece, un valore inferiore calcolato come:

$$DPT = DC + \frac{1}{2}DNC \quad [4.10]$$

In cui DC sono i debiti finanziari a breve termine e DNC i debiti finanziari a lungo termine.

Tali valori, come nel modello precedente, sono stati ricavati dai bilanci delle aziende per ogni anno, assumendo che il debito rimanga costante per tutto l'anno fino alla nuova osservazione del debito.

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo:

DEFAULT POINT (€)					
	FINE 2015	FINE 2016	FINE 2017	FINE 2018	FINE 2019
ENI	15.986.438.698,00	15.804.168.999,00	15.540.680.064,00	16.647.956.996,00	16.322.664.771,50
MONCLER	47.342.675,50	34.370.730,00	57.741.398,50	84.387,00	994.778,50
LEONARDO	4.876.408.231,00	3.836.903.154,00	3.817.512.488,00	3.437.259.161,50	4.059.462.580,50
A2A	2.887.477.949,50	2.318.540.493,00	2.206.621.116,00	2.440.615.217,00	2.174.410.338,00
CAMPARI	998.423.553,00	675.053.099,50	713.422.719,50	793.105.438,00	657.647.153,00
AMPLIFON	226.962.562,50	224.444.995,00	349.363.797,50	484.664.583,50	621.534.456,00
INWIT	60.064.262,00	70.114.319,00	70.120.412,00	105.463.343,50	458.863.052,00
ENEL	17.595.764.099,50	16.636.238.486,50	11.793.239.602,50	13.833.047.388,00	17.756.762.069,50
DIASORIN	23.818.105,00	69.042.362,50	155.677.637,00	183.744.000,00	96.866.899,00
RECORDATI	314.566.589,50	502.190.391,00	648.006.556,00	762.886.856,00	954.389.194,00
ATLANTIA	4.405.452.964,50	2.101.452.427,00	2.001.003.876,00	3.323.029.500,00	3.119.208.677,00
STMelectronics	526.500.000,00	520.500.000,00	577.500.000,00	577.500.000,00	667.500.000,00
PRYSMIAN	635.399.600,00	631.616.821,00	1.043.598.040,00	1.606.878.582,00	1.588.293.396,50
IREN	1.706.274.428,00	1.856.409.235,50	1.625.058.918,50	1.824.558.473,50	1.904.657.396,00

Tabella 4.4.1: Calcolo del DPT di ogni società

Stima *naive* della volatilità dell'attivo

Avendo stimato il valore dell'equity e il valore di mercato del debito, è possibile calcolare una stima *naive* della volatilità dell'attivo nel seguente modo:

$$\sigma_V = \frac{E}{E+D} \sigma_E + \frac{D}{E+D} (0,05 + 0,25\sigma_E) \quad [4.11]$$

Le componenti della (4.11) sono:

- E ovvero la capitalizzazione del mercato ottenuta moltiplicando il prezzo delle azioni per il numero delle azioni in circolazione; il calcolo è stato effettuato per ogni giorno del modello;
- D indica il valore di mercato del debito ipotizzando che tale valore rimanga costante fino ad una nuova osservazione;
- σ_E indica la volatilità dell'equity calcolata sui log-rendimenti del prezzo delle azioni con una finestra mobile a scorrimento di tre mesi;

Tale valore è stato calcolato giornalmente per tutto l'orizzonte di riferimento.

Di seguito viene riportato un esempio del calcolo della volatilità dell'attivo:

VOLATILITA' ATTIVO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	10,778%	15,047%	3,047%	11,523%	10,525%	12,589%	8,666%
05/01/2016	10,631%	15,225%	3,025%	11,724%	10,447%	12,576%	8,653%
06/01/2016	10,802%	15,231%	3,018%	11,811%	10,279%	12,856%	8,669%
07/01/2016	10,681%	15,130%	3,003%	11,801%	10,227%	12,722%	8,482%
.....
23/12/2020	14,908%	14,194%	4,439%	16,700%	12,163%	11,815%	13,926%
28/12/2020	14,850%	14,158%	4,437%	16,721%	12,369%	11,960%	13,926%
29/12/2020	14,779%	14,328%	4,422%	16,703%	12,405%	11,958%	13,934%
30/12/2020	14,709%	14,246%	4,406%	16,738%	12,038%	11,908%	13,114%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	10,095%	10,685%	11,666%	9,501%	11,988%	8,505%	3,060%
05/01/2016	9,946%	10,741%	11,823%	9,237%	12,126%	8,277%	3,546%
06/01/2016	9,932%	10,806%	11,824%	9,288%	12,242%	8,271%	1,306%
07/01/2016	9,824%	10,855%	11,928%	9,321%	12,608%	8,261%	4,718%
.....
23/12/2020	11,592%	9,550%	11,250%	16,651%	14,648%	9,162%	5,029%
28/12/2020	11,561%	9,523%	11,281%	16,625%	14,569%	9,208%	0,625%
29/12/2020	11,571%	9,553%	11,294%	16,659%	14,566%	9,210%	5,456%
30/12/2020	11,524%	9,401%	11,309%	16,630%	14,386%	9,181%	1,269%

Tabella 4.4.2: Valori della volatilità dell'attivo tramite una stima *naive* e tasso *risk free* pari al 5%

VOLATILITA' ATTIVO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	10,591%	15,047%	3,104%	11,281%	9,431%	12,361%	8,601%
05/01/2016	10,451%	15,225%	3,081%	11,476%	9,367%	12,350%	8,588%
06/01/2016	10,611%	15,231%	3,074%	11,556%	9,213%	12,613%	8,603%
07/01/2016	10,496%	15,130%	3,060%	11,547%	9,172%	12,483%	8,422%
.....
23/12/2020	14,433%	14,194%	4,559%	16,024%	10,821%	11,563%	13,798%
28/12/2020	14,379%	14,158%	4,557%	16,045%	11,020%	11,705%	13,799%
29/12/2020	14,311%	14,328%	4,542%	16,028%	11,059%	11,702%	13,808%
30/12/2020	14,245%	14,246%	4,525%	16,062%	10,730%	11,656%	13,003%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	9,921%	10,461%	11,624%	9,374%	11,901%	8,352%	3,086%
05/01/2016	9,781%	10,511%	11,780%	9,124%	12,035%	8,142%	3,568%
06/01/2016	9,765%	10,574%	11,782%	9,170%	12,148%	8,137%	1,344%
07/01/2016	9,663%	10,619%	11,884%	9,201%	12,503%	8,128%	4,732%
.....
23/12/2020	11,446%	9,529%	11,164%	16,074%	14,497%	8,973%	5,060%
28/12/2020	11,417%	9,502%	11,195%	16,044%	14,420%	9,016%	0,740%
29/12/2020	11,426%	9,532%	11,208%	16,084%	14,417%	9,018%	5,479%
30/12/2020	11,381%	9,382%	11,224%	16,056%	14,240%	8,991%	1,372%

Tabella 4.4.3: Valori della volatilità dell'attivo tramite una stima naive e tasso risk free pari all'1%

Analisi dei dati e stima del coefficiente β

Per arrivare alla stima del tasso di rendimento atteso dell'attivo, bisogna stimare il coefficiente beta del titolo azionario, necessario poi per il calcolo della probabilità di default.

Il coefficiente β permette di ricavare il dato statistico del comportamento di un titolo rispetto all'indice di riferimento e misura l'attitudine di un titolo a variare in funzione del mercato (rischio sistematico). I valori che può essere β sono:

- $\beta > 0$ vuol dire che il titolo varia nella stessa direzione dell'indice;
- $\beta < 0$ vuol dire che il titolo varia nella direzione opposta rispetto all'indice;

In particolare:

- Se $\beta > 1$ vuol dire che il titolo oscillerà in modo più che proporzionale rispetto all'indice di riferimento, sia in aumento che in diminuzione;

- $0 < \beta < 1$ il valore del titolo oscillerà meno che proporzionalmente rispetto all'indice in entrambe le direzioni.

Il segno (-) nel beta indice che il titolo oscilla in direzione opposta rispetto all'indice di riferimento.

Il beta di un titolo viene generalmente stimato ricorrendo ad una regressione lineare del rendimento del titolo sul rendimento del mercato: si sono quindi calcolati i log rendimenti dell'indice FTSE MIB e tramite la funzione PENDENZA di MS EXCEL si sono ricavati i beta relativi di ogni società.

È stato calcolato un solo valore di beta sull'intera serie storica di 5 anni per ogni società componente l'indice FTSE MIB.

Di seguito vengono riportati i valori di beta per ogni società:

Tabella 4.4.4: Valori di Beta delle società componenti l'indice FTSE MIB

AZIENDA	BETA
ENI	1,0020
MONCLER	-0,08635
LEONARDO	1,143474958
A2A	0,745516
CAMPARI	-0,08015
AMPLIFON	0,611631
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	0,419005
ENEL	0,806309855
DIASORIN	0,331843
RECORDATI	0,574793459
ATLANTIA	0,910261343
STMelectronics	0,722543
PRYSMIAN	0,930743
IREN	0,57648

Al fine di garantire che un determinato titolo venga confrontato con il corretto benchmark, esso dovrebbe avere un elevato coefficiente di determinazione (più comunemente R – squared) in relazione al benchmark.

Il R – squared è una proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato; in particolare, esso misura la frazione della varianza della variabile dipendente (il titolo azionario) espressa dalla regressione e può assumere valori compresi tra 0 e 1.

Se un titolo ha un alto valore di R – squared, la misura del beta del titolo aumenterebbe di precisione.

Il valore di R^2 è stato calcolato tramite la funzione RQ di MS EXCEL.

Segue il calcolo dei valori dell' R^2 per ogni società:

Tabella 4.4.5: Valori di R-squared di ogni società

AZIENDA	R-squared
ENI	0,647672
MONCLER	0,004086
LEONARDO	0,470142
A2A	0,465022
CAMPARI	0,000616
AMPLIFON	0,2047421
INWIT	0,137252
ENEL	0,616726
DIASORIN	0,064771
RECORDATI	0,235605
ATLANTIA	0,331871
STMelectronics	0,236872
PRYSMIAN	0,44833
IREN	0,292016

Stima del rendimento dell'attivo μ

Avendo calcolato il Beta relativo ad ogni società, è possibile stimare il tasso di rendimento dell'attivo come il rendimento atteso del portafoglio delle passività finanziarie ponderate per il rispettivo peso assunto:

$$\mu = \frac{K_e}{E+D} * E + \frac{r_F}{E+D} * D \quad [4.12]$$

In cui:

- r_F è il tasso risk free, distinguendo sempre i due casi con $r_F=5\%$ ed $r_F=1\%$;
- β è il beta dell'azienda calcolato sull'intera serie storica;
- K_e è il rendimento atteso del capitale di rischio.
- E è la capitalizzazione di mercato
- D è il valore di mercato del debito

Il metodo più usato per stimare il valore di K_e è il Capital Asset Pricing Model (CAPM) che si basa sulla seguente equazione:

$$K_e = r_F + \beta * (\text{premio al rischio}) \quad [4.13]$$

In cui viene ipotizzato un valore di premio al rischio pari a 0,04.

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo:

RENDIMENTO ATTIVO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	7,907%	4,662%	5,951%	7,633%	6,602%	8,095%	7,100%
05/01/2016	7,914%	4,662%	5,956%	7,676%	6,611%	8,101%	7,102%
06/01/2016	7,892%	4,662%	5,955%	7,650%	6,606%	8,083%	7,099%
07/01/2016	7,885%	4,662%	5,954%	7,649%	6,614%	8,080%	7,101%
.....
23/12/2020	7,496%	4,655%	5,910%	6,951%	6,779%	7,917%	7,229%
28/12/2020	7,497%	4,655%	5,910%	6,959%	6,795%	7,934%	7,230%
29/12/2020	7,493%	4,655%	5,911%	6,970%	6,801%	7,932%	7,232%
30/12/2020	7,492%	4,655%	5,915%	6,957%	6,800%	7,936%	7,233%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	7,123%	4,787%	7,620%	7,850%	7,542%	0,539%	6,499%
05/01/2016	7,137%	4,789%	7,611%	7,857%	7,534%	0,536%	6,501%
06/01/2016	7,119%	4,788%	7,611%	7,846%	7,527%	0,537%	6,500%
07/01/2016	7,122%	4,789%	7,616%	7,837%	7,514%	0,535%	6,501%
.....
23/12/2020	7,611%	4,699%	7,066%	7,706%	7,483%	0,626%	6,097%
28/12/2020	7,615%	4,699%	7,068%	7,697%	7,483%	0,629%	6,100%
29/12/2020	7,611%	4,699%	7,070%	7,714%	7,483%	0,630%	6,099%
30/12/2020	7,611%	4,698%	7,071%	7,712%	7,482%	0,627%	6,096%

Tabella 4.4.6: Stima del rendimento dell'attivo con tasso risk pari al 5%

RENDIMENTO ATTIVO							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	3,714%	0,662%	1,941%	3,426%	2,436%	3,928%	3,004%
05/01/2016	3,722%	0,662%	1,946%	3,470%	2,444%	3,935%	3,007%
06/01/2016	3,697%	0,662%	1,944%	3,443%	2,439%	3,913%	3,003%
07/01/2016	3,690%	0,662%	1,943%	3,442%	2,447%	3,910%	3,006%
.....
23/12/2020	3,277%	0,655%	1,890%	2,717%	2,583%	3,713%	3,175%
28/12/2020	3,278%	0,655%	1,890%	2,725%	2,599%	3,732%	3,177%
29/12/2020	3,274%	0,655%	1,891%	2,735%	2,606%	3,730%	3,179%
30/12/2020	3,273%	0,655%	1,895%	2,723%	2,604%	3,735%	3,181%
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	2,961%	0,805%	2,129%	3,668%	3,485%	0,462%	2,580%
05/01/2016	2,975%	0,807%	2,134%	3,677%	3,476%	0,459%	2,581%
06/01/2016	2,956%	0,806%	2,134%	3,663%	3,467%	0,460%	2,581%
07/01/2016	2,959%	0,807%	2,131%	3,653%	3,453%	0,458%	2,581%
.....
23/12/2020	3,502%	0,702%	2,004%	3,479%	3,418%	0,549%	2,380%
28/12/2020	3,507%	0,702%	2,007%	3,468%	3,418%	0,552%	2,382%
29/12/2020	3,502%	0,702%	2,008%	3,488%	3,418%	0,553%	2,381%
30/12/2020	3,502%	0,701%	2,010%	3,486%	3,417%	0,551%	2,380%

Tabella 4.4.7: Stima del rendimento dell'attivo con tasso risk pari all'1%

Stima naive della Distance to default

Avendo tutte le informazioni a disposizioni, il passaggio successivo è stato quello di calcolare la *distance to default* ovvero la distanza tra il valore di mercato atteso dell'attivo alla data di rimborso del debito ed il default point o DPT.

Per il calcolo della DD è stata usata la seguente formula:

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{V}{DPT}\right) + (\mu - 0,5naive\sigma_V^2)*T}{naive\sigma_V*\sqrt{T}} \quad [4.14]$$

In cui:

- V è il valore di mercato dell'attivo posto pari al valore ottenuto dal modello precedente;
- DPT è il default point;
- μ è il rendimento atteso dell'attivo;
- $naive\sigma_A$ è la stima della volatilità dell'attivo ottenuto tramite la ();
- T è la maturity del debito.

Di seguito viene riportato un esempio del calcolo effettuato:

DISTANCE TO DEFAULT							
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	AZA	PRYSMIAN	AMPLIFON
04/01/2016	7,130	12,449	41,701	3,864	4,962	7,499	11,450
05/01/2016	7,259	12,198	42,460	3,890	5,027	7,537	11,497
06/01/2016	7,056	12,167	42,417	3,810	5,099	7,279	11,434
07/01/2016	7,117	12,220	42,557	3,811	5,150	7,346	11,721
.....
23/12/2020	4,126	27,089	20,810	1,920	4,804	7,203	8,534
28/12/2020	4,147	27,149	20,812	1,926	4,763	7,178	8,555
29/12/2020	4,161	26,908	20,926	1,939	4,767	7,173	8,573
30/12/2020	4,179	27,097	21,158	1,923	4,918	7,222	9,150
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT
04/01/2016	6,570	5,697	11,908	8,999	7,071	3,815	51,406
05/01/2016	6,728	5,589	11,608	9,304	6,898	3,904	44,465
06/01/2016	6,663	5,594	11,607	9,189	6,751	3,915	120,760
07/01/2016	6,751	5,530	11,441	9,107	6,419	3,908	33,403
.....
23/12/2020	7,997	15,923	8,838	4,596	5,616	4,155	23,211
28/12/2020	8,048	15,966	8,846	4,581	5,654	4,161	187,560
29/12/2020	8,014	15,962	8,856	4,614	5,649	4,164	21,413
30/12/2020	8,048	16,318	8,869	4,618	5,719	4,161	92,176

Tabella 4.4.8: Stima del default point con tasso risk pari al 5%

DISTANCE TO DEFAULT									
DATA	ENI	MONCLER	DIASORIN	LEONARDO	A2A	PRYSMIAN	AMPLIFON		
04/01/2016	6,5628	11,8180	40,0067	4,2753	4,9900	6,8844	10,433		
05/01/2016	6,6795	11,5749	40,7405	4,2903	5,0523	6,9196	10,476		
06/01/2016	6,4946	11,5445	40,6952	4,2117	5,1253	6,6834	10,418		
07/01/2016	6,5475	11,5924	40,8262	4,2131	5,1743	6,7433	10,675		
.....		
23/12/2020	3,8306	26,3801	19,4512	2,3255	4,8302	6,5864	7,949		
28/12/2020	3,8489	26,4386	19,4531	2,3301	4,7822	6,5663	7,969		
29/12/2020	3,8616	26,2061	19,5596	2,3419	4,7830	6,5617	7,987		
30/12/2020	3,8781	26,3910	19,7792	2,3260	4,9343	6,6062	8,522		
DATA	ENEL	CAMPARI	RECORDATI	ATLANTIA	STMelectronics	IREN	INWIT		
04/01/2016	6,0364	5,2122	11,9949	8,2080	6,4915	4,5577	47,499		
05/01/2016	6,1792	5,1149	11,6950	8,4797	6,3275	4,6611	41,179		
06/01/2016	6,1182	5,1205	11,6936	8,3748	6,1888	4,6708	109,369		
07/01/2016	6,1974	5,0630	11,5293	8,3001	5,8780	4,6659	31,036		
.....		
23/12/2020	7,4379	15,1789	9,0030	4,2357	5,1689	4,7772	21,334		
28/12/2020	7,4848	15,2189	9,0094	4,2222	5,2045	4,7786	146,673		
29/12/2020	7,4533	15,2172	9,0193	4,2517	5,1994	4,7811	19,721		
30/12/2020	7,4842	15,5590	9,0306	4,2555	5,2635	4,7809	78,868		

Tabella 4.4.9: Stima del default point con tasso risk pari all' 1%

Calcolo della probabilità di insolvenza

Nota la *distance to default*, è stata calcolata la probabilità di default ricorrendo alla seguente formulazione:

$$PD = 1 - N(DD) \quad [4.15]$$

Seguono nelle pagine successive i risultati del calcolo della probabilità di default giornaliera, con media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari sia all'1% che al 5%, applicato al campione di imprese componenti l'indice FTSE MIB.

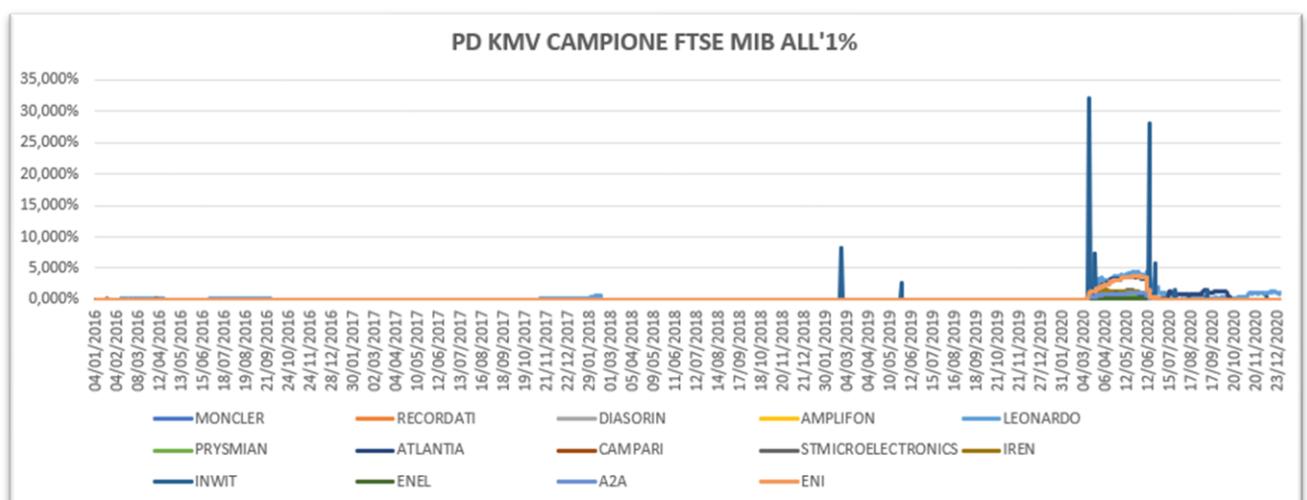


Figura 4.4.1: PD del campione appartenente all'indice FTSE MIB e tasso risk free pari all'1%

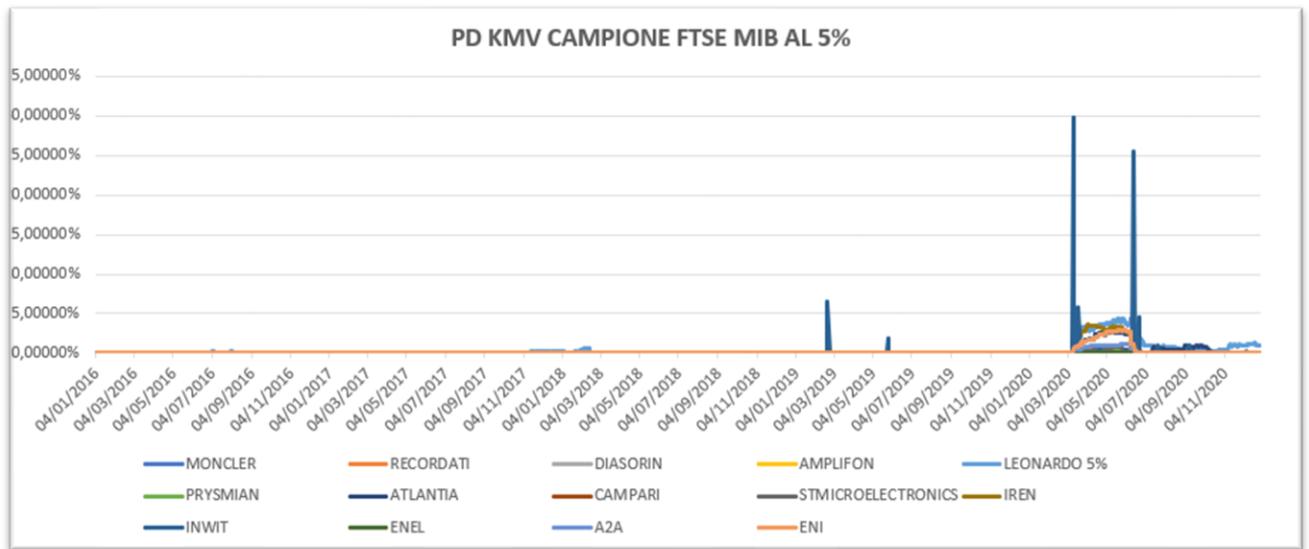


Figura 4.4.2: PD del campione appartenente all'indice FTSE MIB e tasso risk free pari al 5%

In figura (4.4.3) è rappresentato la probabilità di default media di ogni società appartenete ad uno specifico settore. La PD media è stata ottenuta in modo analogo al modello precedente.

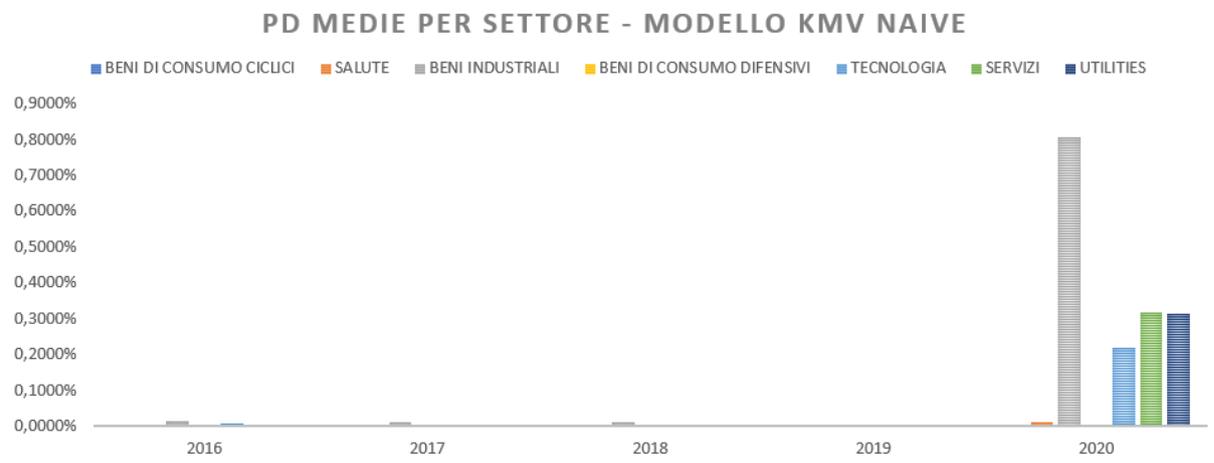


Figura 4.4.3: Pd medie per settore del campione appartenente all'indice FTSE MIB con stima naive

Anche in questo modello risulta evidente un aumento delle PD nel 2020 per tutti i settori sottoposti ad analisi. I settori più colpiti, che presentano un notevole aumento della PD, sono il settore dei beni industriali, utilities, servizi e il settore tecnologico, mentre gli altri settori, come il settore della salute, beni di consumo ciclici e beni di consumo

difensivi presentano un aumento della PD meno marcato ma comunque anch'essi colpiti dalla pandemia.

In particolare, il modello dimostra che il settore dei beni industriali (con una PD media nel 2020 pari a 0,8077%) ha sofferto maggiormente l'aumento della probabilità di insolvenza, mentre il settore meno colpito è quello dei beni di consumo ciclici (PD media nel 2020 pari allo 0%).

La PD media di tutte le società nel 2019 è pari a circa lo 0,0032%, mentre nel 2020 è pari a 0,3034%; il differenziale pari a 0,3002% rappresenta l'aumento della probabilità di default.

Di seguito vengono rappresentati i risultati del calcolo dello scarto quadratico medio di ogni società dall'anno 2016 al 2020 con i relativi grafici per settori:

Tabella 4.4.10: Scarto quadratico medio delle aziende componenti l'indice FTSE MIB

	SCARTO QUADRATICO MEDIO				
	2016	2017	2018	2019	2020
MONCLER	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
RECORDATI	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0034%
DIASORIN	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
AMPLIFON	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0602%
LEONARDO	0,0533%	0,0610%	0,1134%	0,0058%	1,4037%
PRYSMIAN	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0015%	0,2066%
ATLANTIA	0,0000%	0,0000%	0,0005%	0,0000%	1,2363%
CAMPARI	0,0081%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
STMICROELECTRONICS	0,0139%	0,0000%	0,0000%	0,0001%	0,3909%
IREN	0,0039%	0,0010%	0,0001%	0,0002%	0,5156%
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	0,0001%	0,0001%	0,0000%	0,0000%	2,7194%
ENEL	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0401%
A2A	0,0006%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,3899%
ENI	0,0001%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	1,2843%

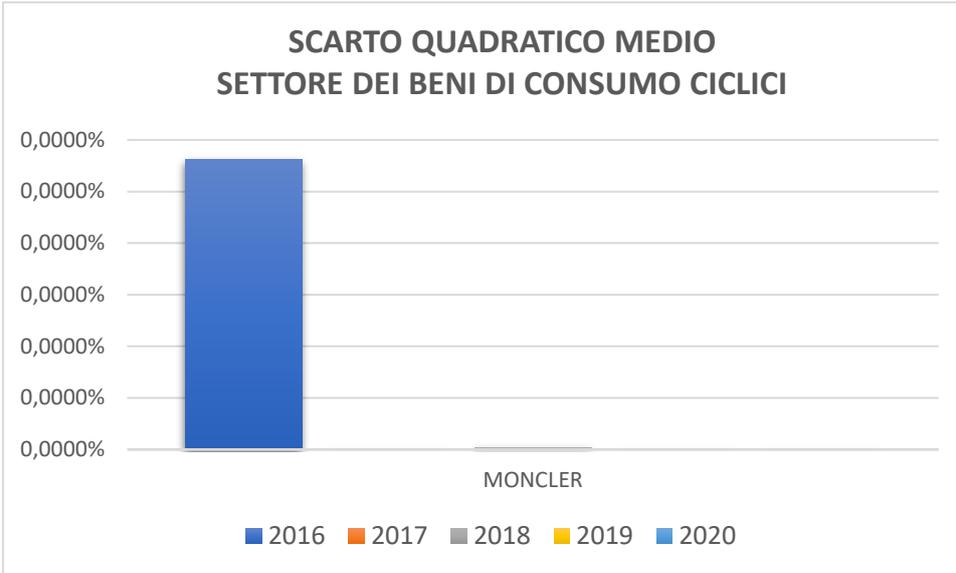


Figura 4.4.4: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo ciclici

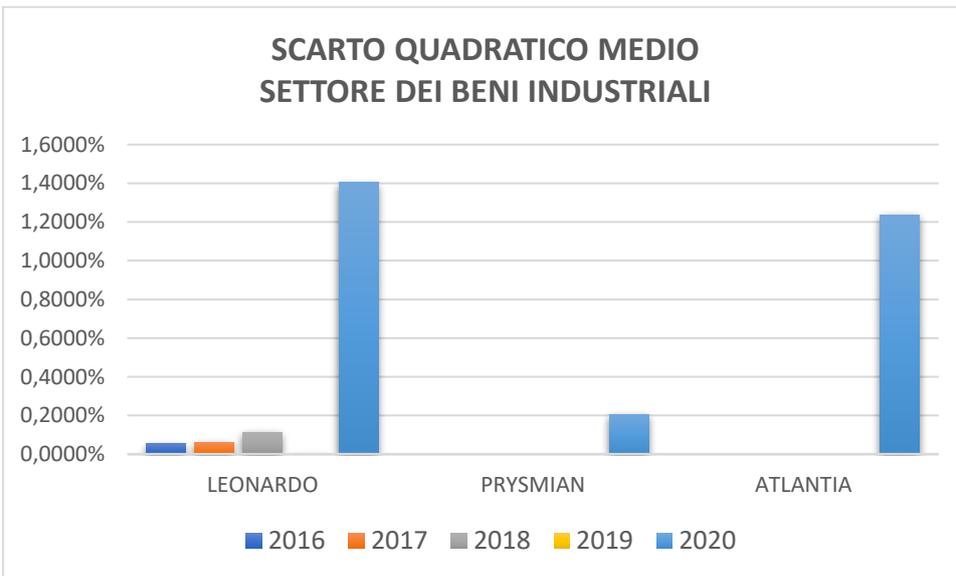


Figura 4.4.5: Scarto quadratico medio del settore dei beni industriali

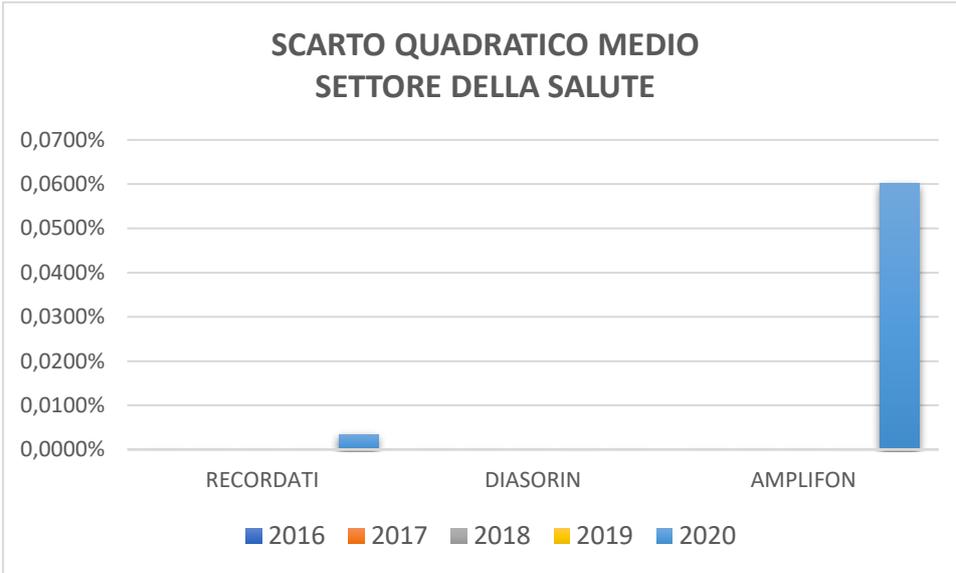


Figura 4.4.6: *Scarto quadratico medio del settore della salute*

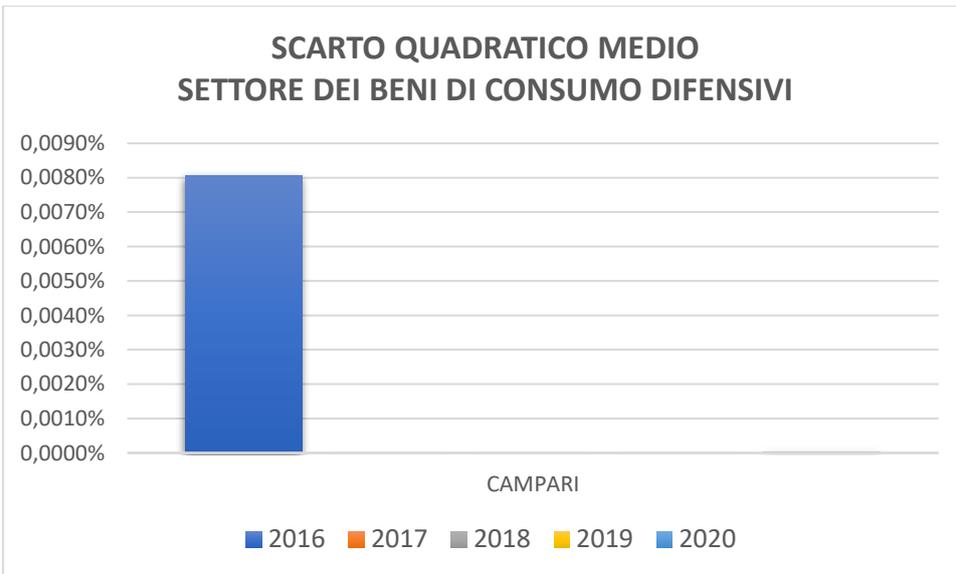


Figura 4.4.7: *Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo difensivi*

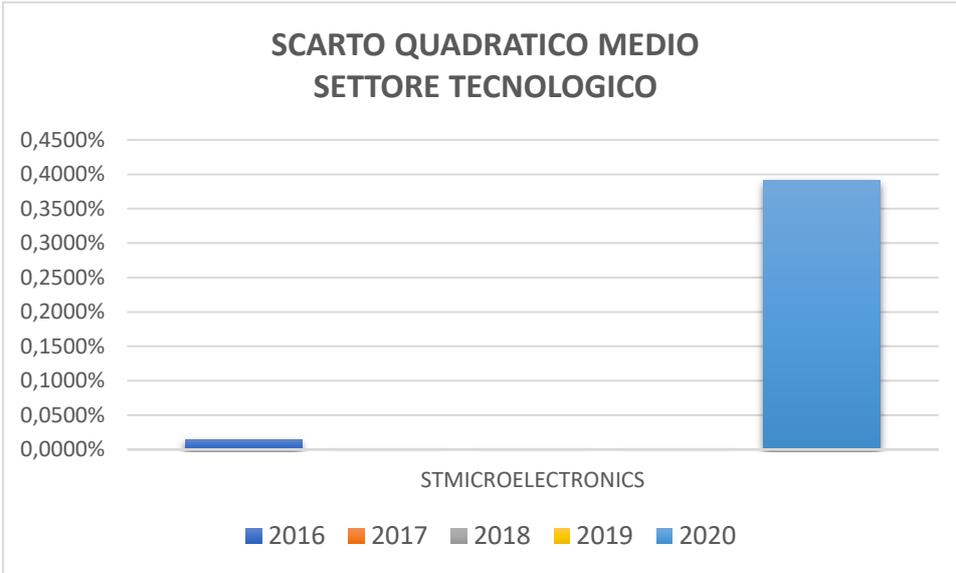


Figura 4.4.8: Scarto quadratico medio del settore della tecnologia

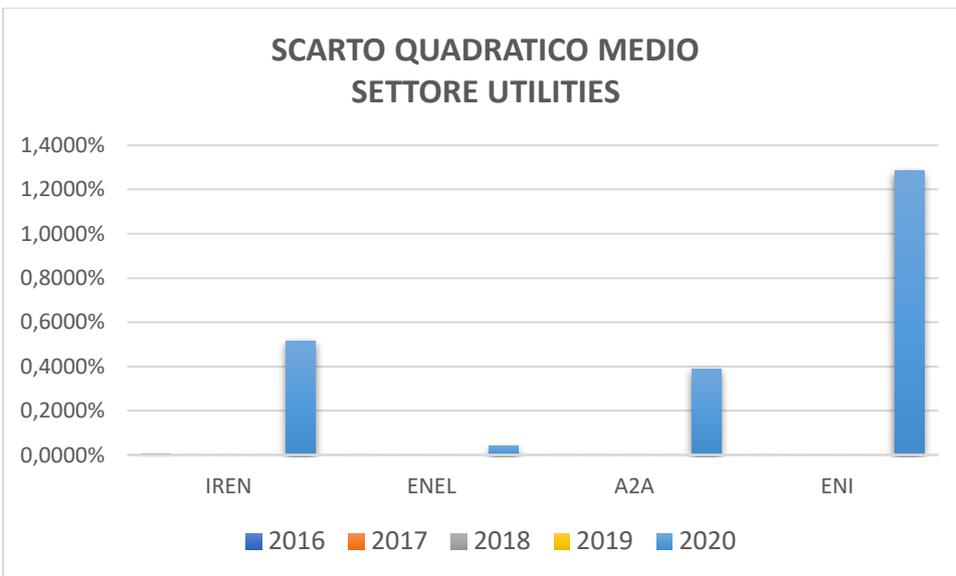


Figura 4.4.9: Scarto quadratico medio del settore utilities

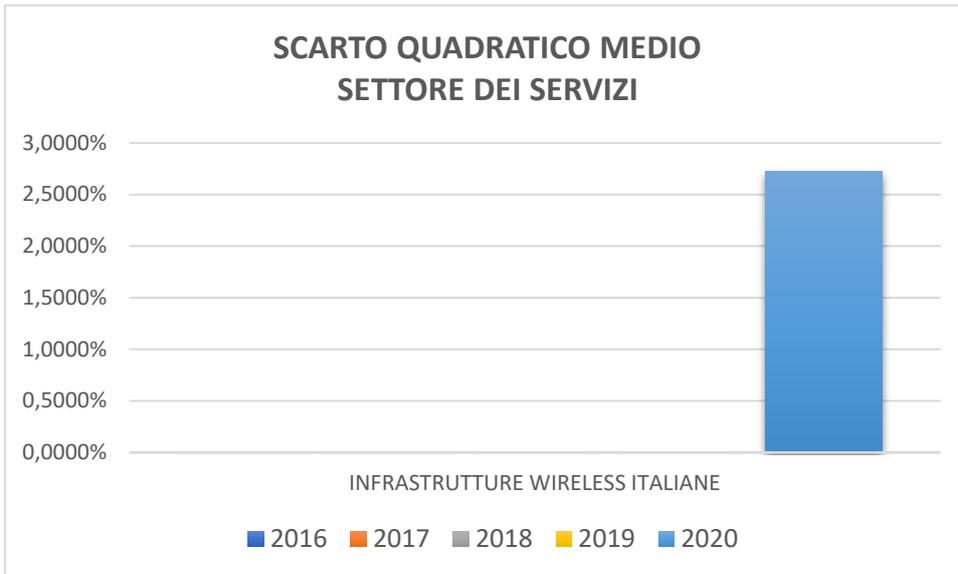


Figura 4.4.10: Scarto quadratico medio del settore dei servizi

Anche in questo caso le conclusioni sono analoghe al modello precedente.

Segue, nelle pagine successive, il dettaglio dei risultati sull'andamento della probabilità di default giornaliera, per il campione di società appartenenti ad uno specifico settore, con una media mobile di un trimestre e con tasso risk free pari al 5% e 1%.

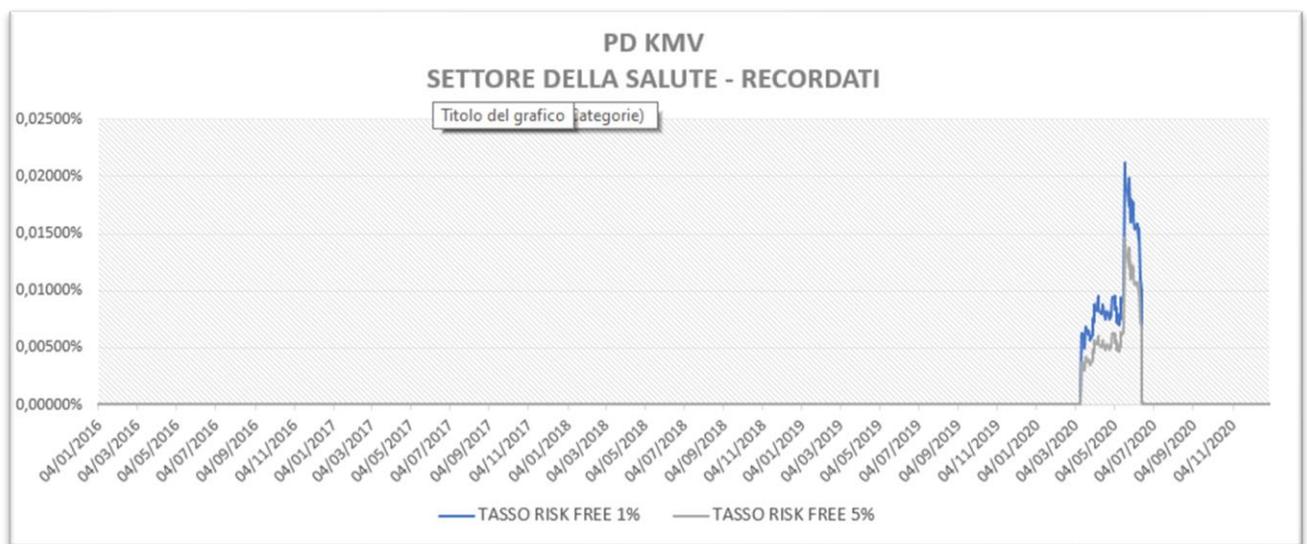


Figura 4.4.11: Andamento della PD della società Recordati

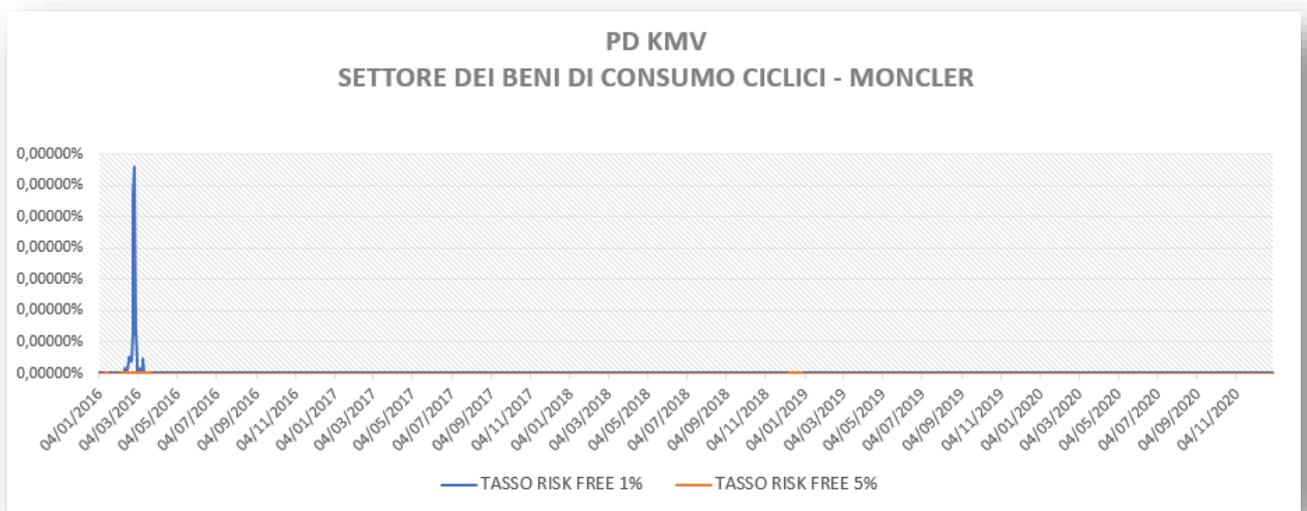


Figura 4.4.12: Andamento della PD della società Moncler

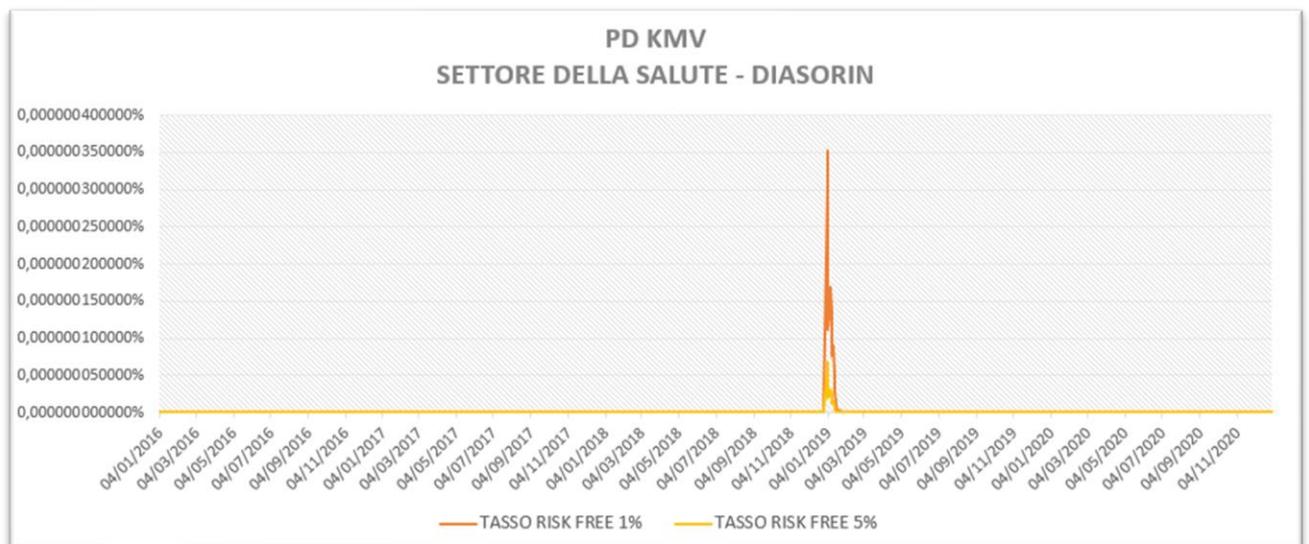


Figura 4.4.13: Andamento della PD della società Diasorin

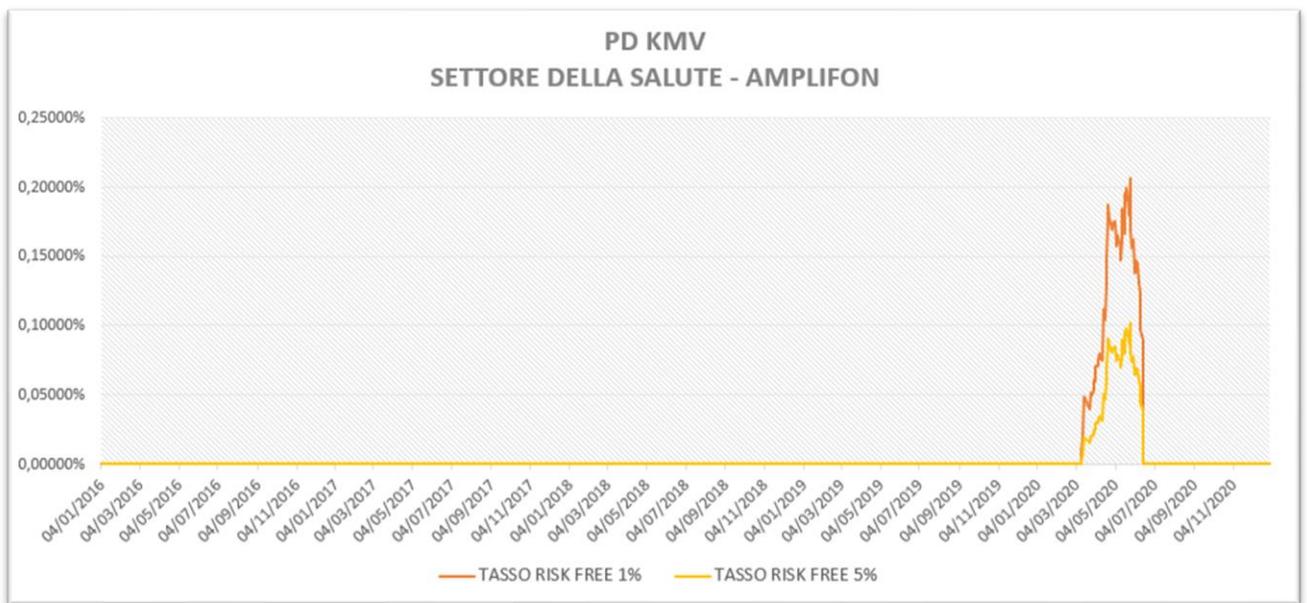


Figura 4.4.14: Andamento della PD della società Amplifon

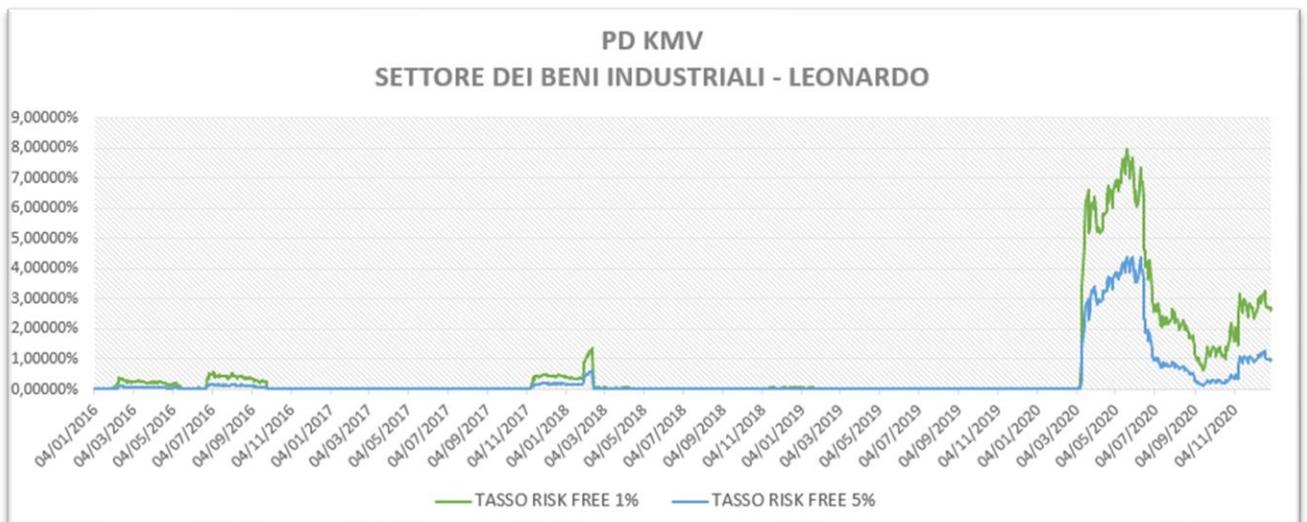


Figura 4.4.15: Andamento della PD della società Leonardo

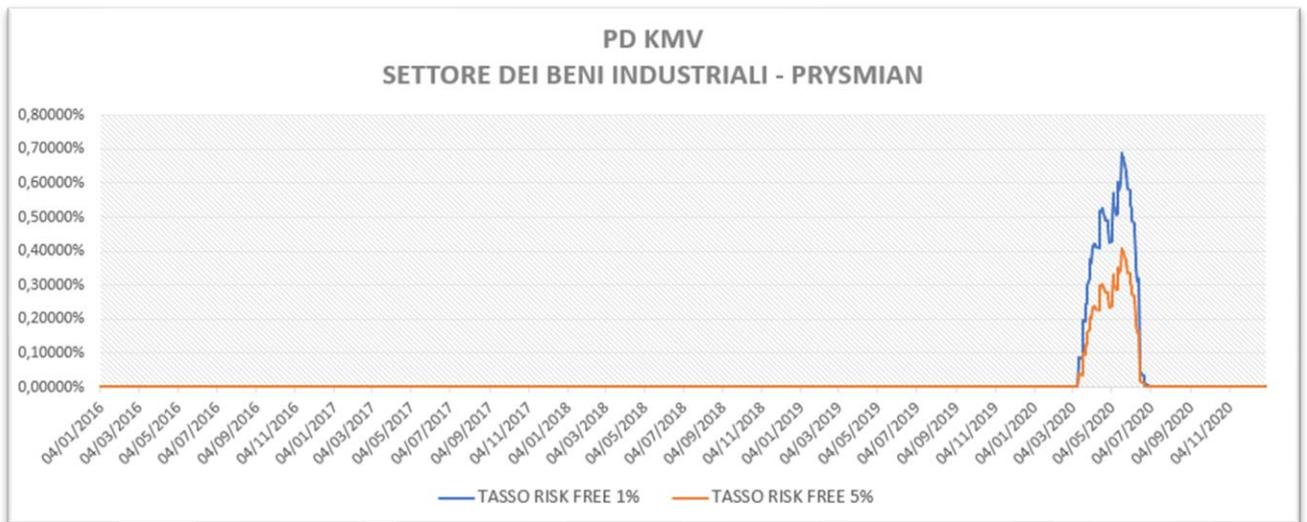


Figura 4.4.16: Andamento della PD della società Prysmian



Figura 4.4.17: Andamento della PD della società Atlantia

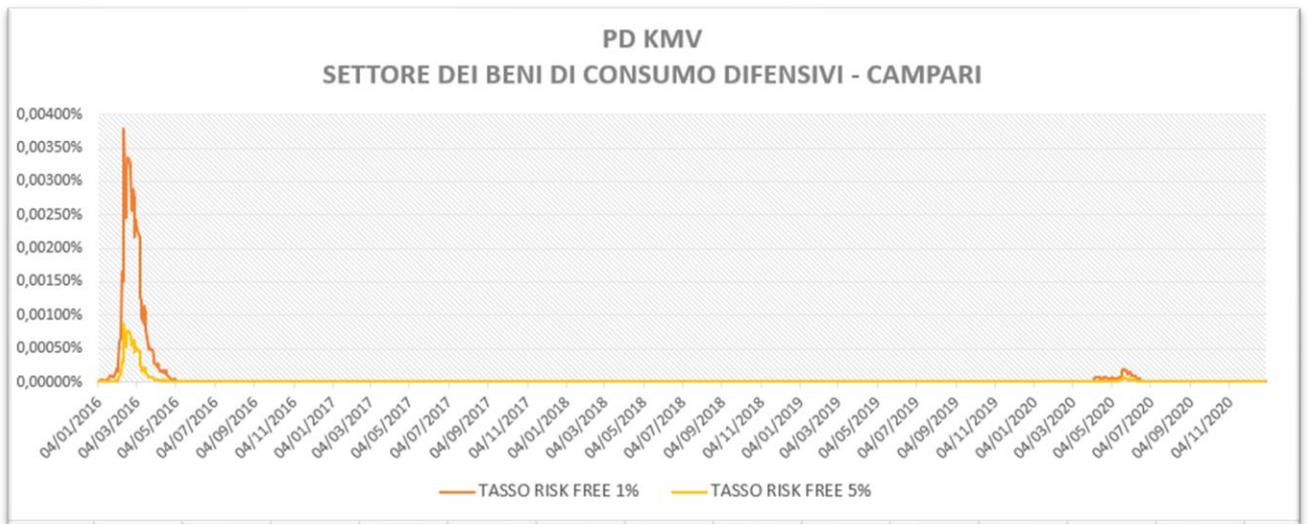


Figura 4.4.18: Andamento della PD della società Campari

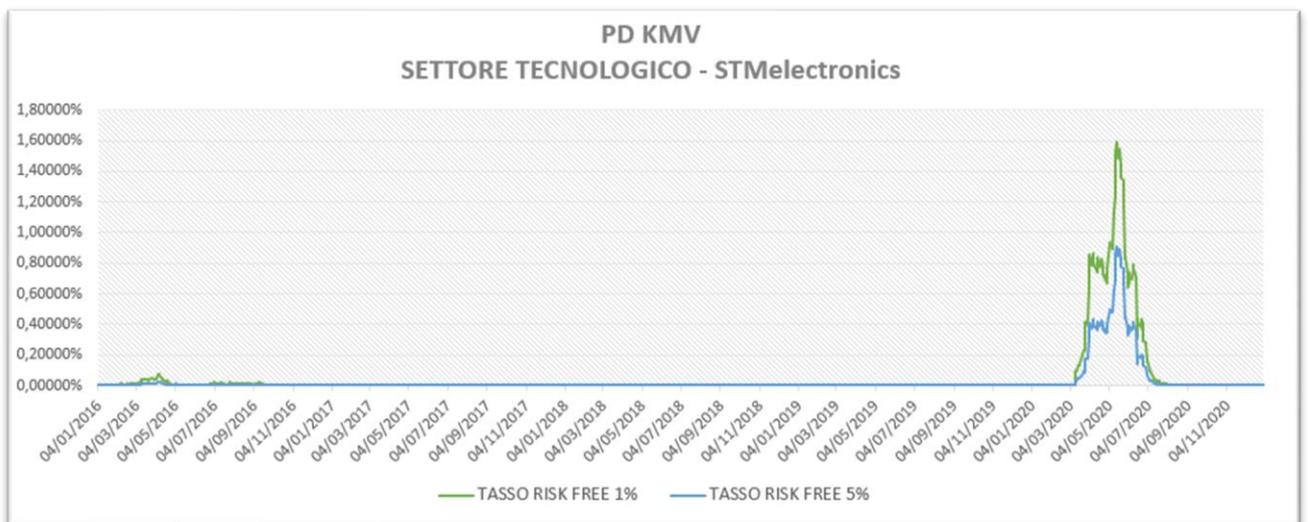


Figura 4.4.19: Andamento della PD della società STMicroelectronics

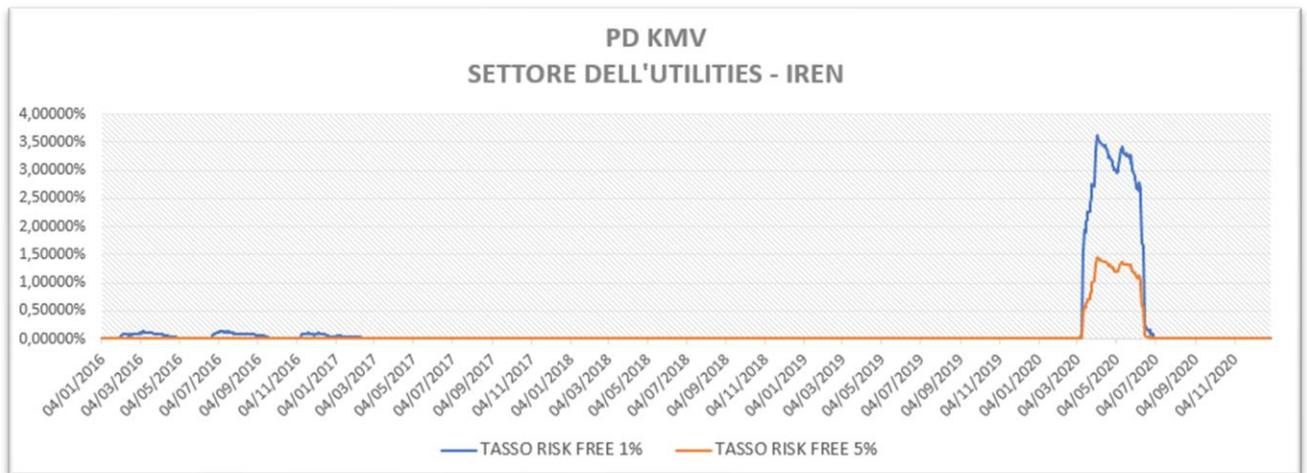


Figura 4.4.20: Andamento della PD della società Iren

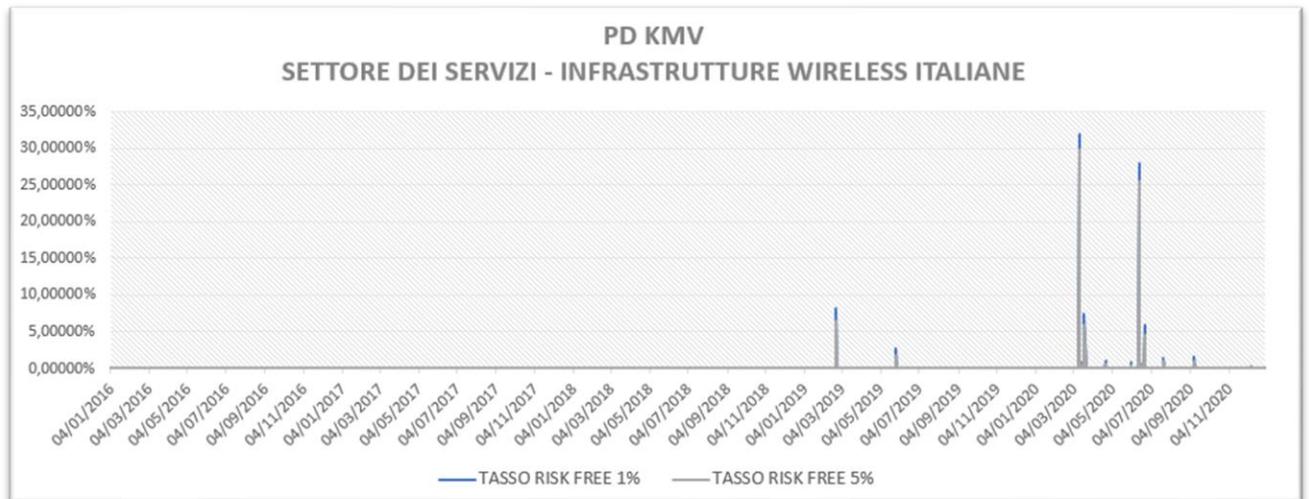


Figura 4.4.21: Andamento della PD della società Infrastrutture Wireless Italiane

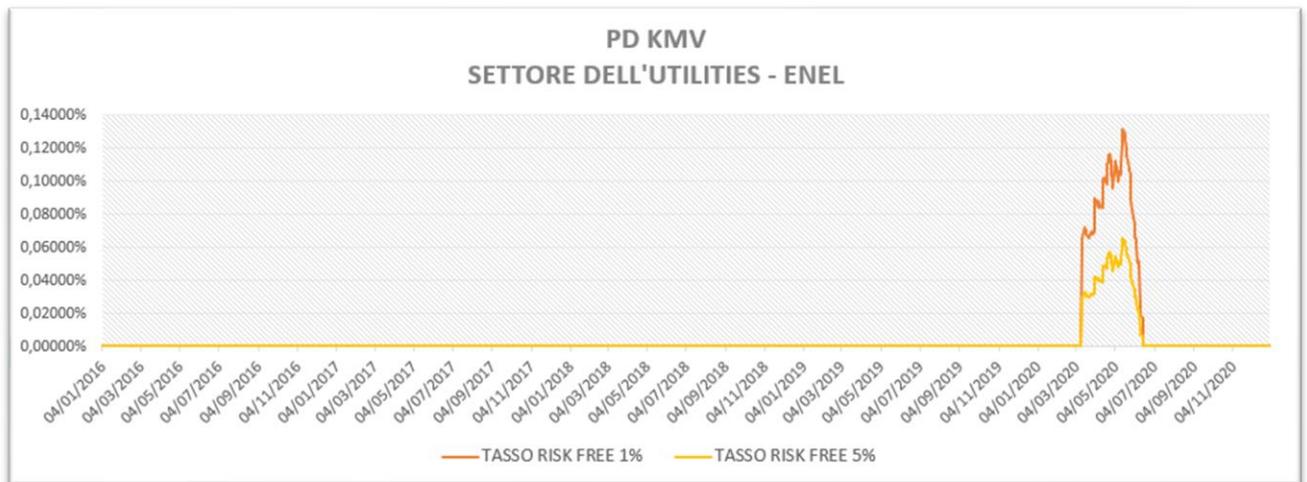


Figura 4.4.22: Andamento della PD della società Enel

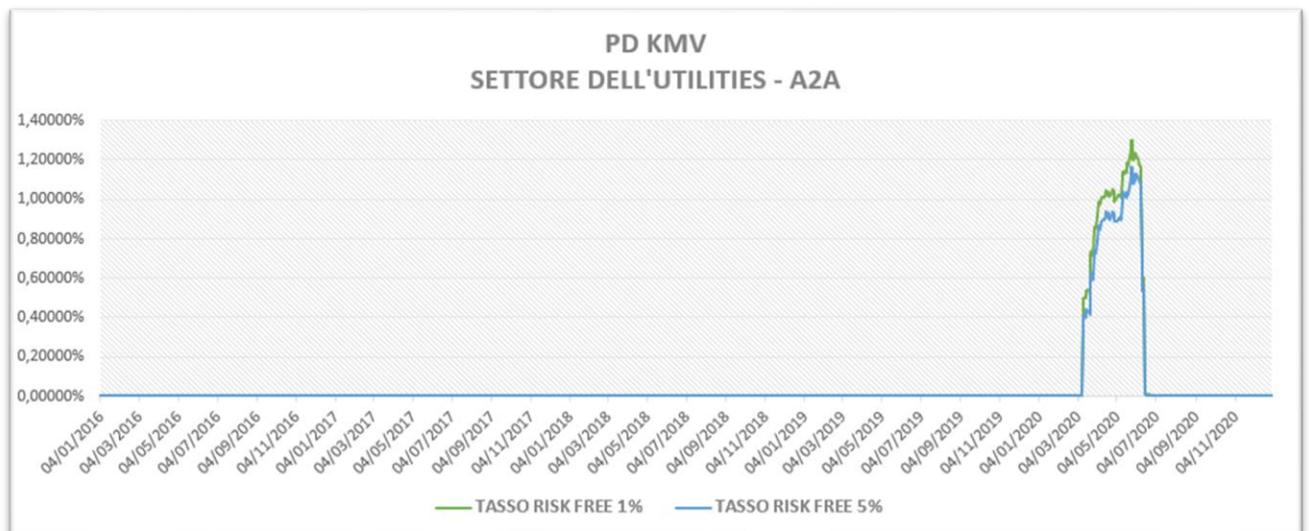


Figura 4.4.23: Andamento della PD della società A2a

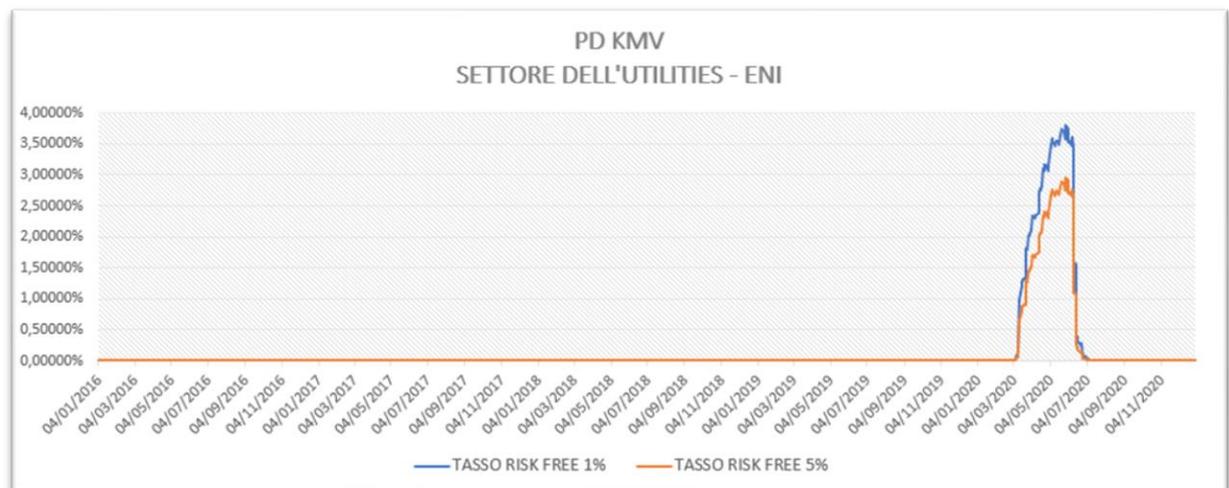


Figura 4.4.24: Andamento della PD della società Eni

È utile sottolineare che i due approcci (modello di Merton e modello di KMV con stima *naive*) producono PD anche molto diverse tra di loro.

Il modello di KMV con stima *naive* si basa sulla costruzione delle classi della *distance to default* sulla quale poi si calcola la frequenza, su uno specifico orizzonte temporale, delle società che sono diventate insolventi nella specifica classe, quindi in realtà le PD di KMV dovrebbero essere convertite in EDF tramite il database delle classi di rischio.

4.5 Applicazione del modello KMV-*naive* all'indice Ftse Aim

L'ultima applicazione è stata effettuata all'indice FTSE AIM per lo stesso campione identificato durante l'applicazione del modello di Merton.

La procedura per il calcolo della PD è analoga a quella descritta nel modello precedente, dunque saranno illustrati solo i risultati.

Rispetto al caso precedente è stato cambiato l'indice di riferimento ed i valori assunti dallo stesso per la stima del parametro Beta, necessario per il calcolo del rendimento dell'attivo : in questo modello sono stati utilizzati i valori assunti dall'indice FTSE AIM per il periodo che va dal 01/01/2016 – 31/12/2020.

Di seguito vengono illustrati i risultati del calcolo della stima del parametro Beta e l'*R-squared* per le società componenti l'indice FTSE AIM:

Tabella 4.5.1: Stima del parametro Beta ed R-squared per le società componenti l'indice FTSE AIM

AZIENDA	BETA	R-squared
COVER 50	-0,0886	0,0010
CLABO	0,4875	0,0369
MASI AGRICOLA	0,3070	0,0871
ITALIAN WINE BRANDS	0,2088	0,0455
GIORGIO FEDON GROUP	0,1624	0,0119
SOFTEC	0,0269	0,0002
GO INTERNET	0,0029	0,0000
LEONE FILM GROUP	0,1288	0,0080
DIGITOUCH	0,3762	0,0584
FRENDY ENERGY	0,2427	0,0193

Come per le applicazioni precedenti, anche questo modello è riuscito a cogliere l'impatto che le restrizioni adottate dal Governo hanno avuto in termini di probabilità di insolvenza.

Segue, nel grafico successivo, l'evoluzione nel tempo della probabilità di default di tutte le società appartenenti all'indice FTSE AIM, con una media mobile pari ad un trimestre e tasso risk free pari sia all'1 % che al 5%.

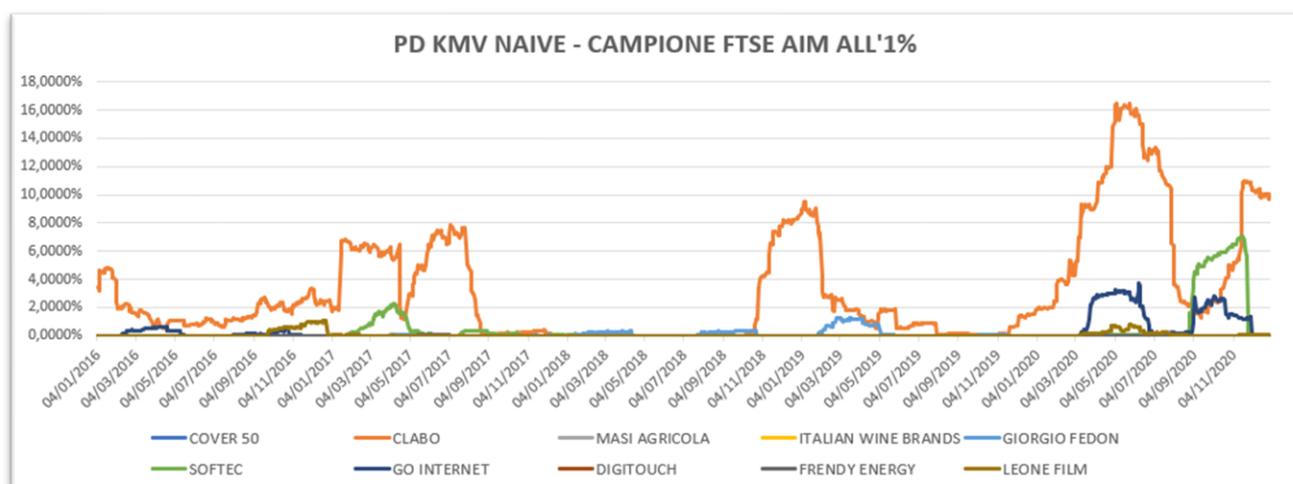


Figura 4.5.1: PD del campione appartenente all'indice FTSE AIM con tasso risk pari al 5%

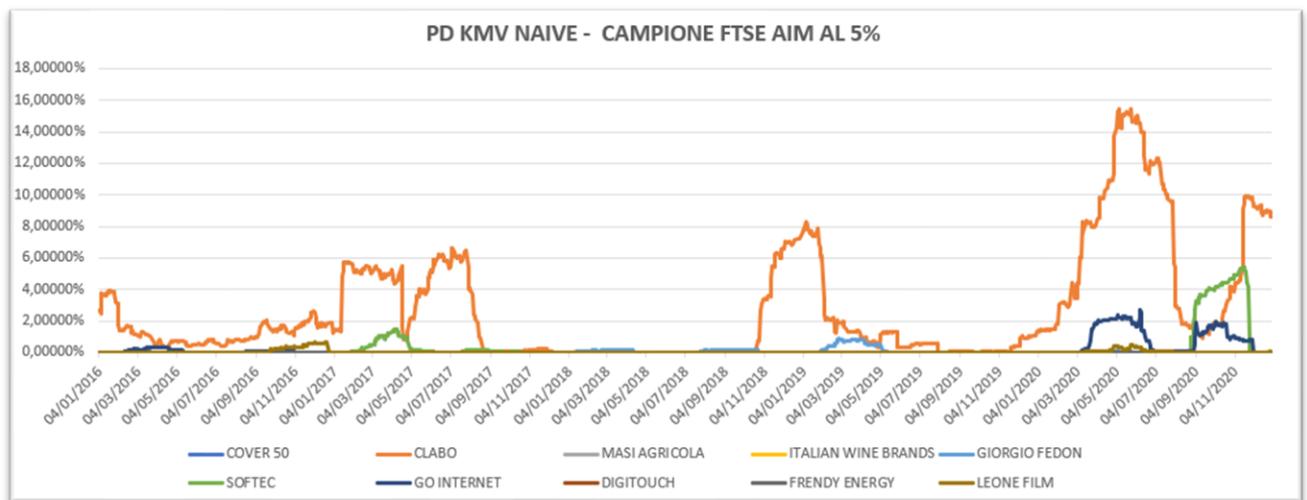


Figura 4.5.2: PD del campione appartenente all'indice FTSE AIM con tasso risk pari all'1%

In figura (4.5.3) viene rappresentata la PD media su cinque anni per i diversi settori in cui sono state classificate le varie società. La PD è stata ottenuta in modo analogo al modello precedente.

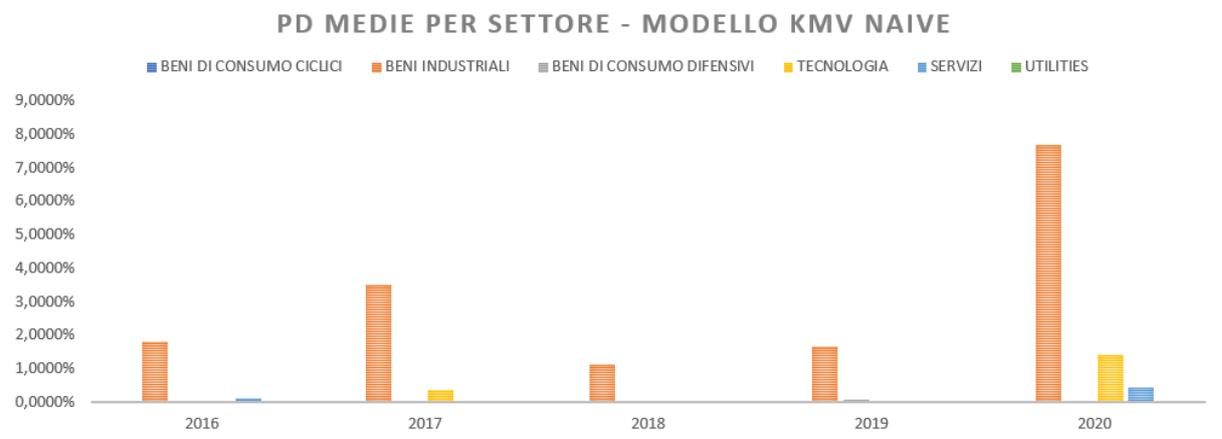


Figura 4.5.3: PD medie per settore del campione di società appartenente all'indice FTSE AIM

Anche in questo modello vi è un aumento della probabilità di default per quasi tutti i settori. Il settore che ha avuto, in termini medi, un impatto più contenuto della PD è il settore dei beni di consumo ciclici, mentre il settore dei beni industriali ha sofferto maggiormente l'impatto della pandemia.

La PD media di tutti i settori risulta essere pari a 0,1893% nel 2020, a differenza di 1,0427% nel 2019; il differenziale pari a 0,8533% rappresenta l'incremento della probabilità di default nel 2020.

Seguono i risultati del calcolo dell'indice di variabilità ed i relativi grafici:

Tabella 4.5.2: Scarto quadratico medio delle società componenti l'indice FTSE AIM

	SCARTO QUADRATICO MEDIO				
	2016	2017	2018	2019	2020
COVER 50	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
CLABO	1,0325%	2,9444%	2,5624%	2,3578%	4,9044%
MASI AGRICOLA	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0002%
ITALIAN WINE BRANDS	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0001%
GIORGIO FEDON	0,0000%	0,0134%	0,1311%	0,4160%	0,0270%
SOFTEC	0,0017%	0,5793%	0,0044%	0,0000%	2,4735%
GO INTERNET	0,1911%	0,0000%	0,0000%	0,0035%	1,2034%
DIGITOUCH	0,0000%	0,0001%	0,0003%	0,0007%	0,0009%
FRENDY ENERGY	0,0001%	0,0117%	0,0000%	0,0000%	0,0000%

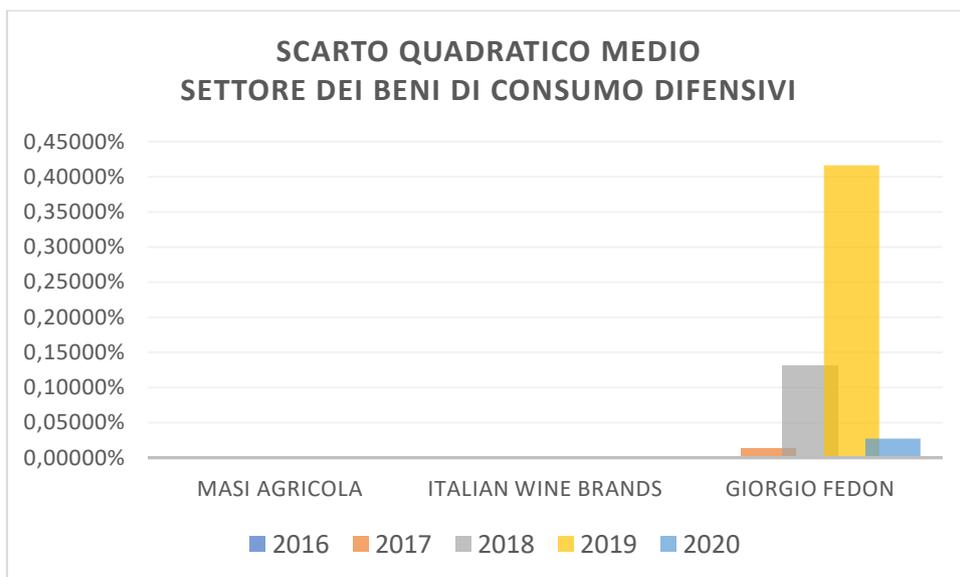


Figura 4.5.4: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo difensivi

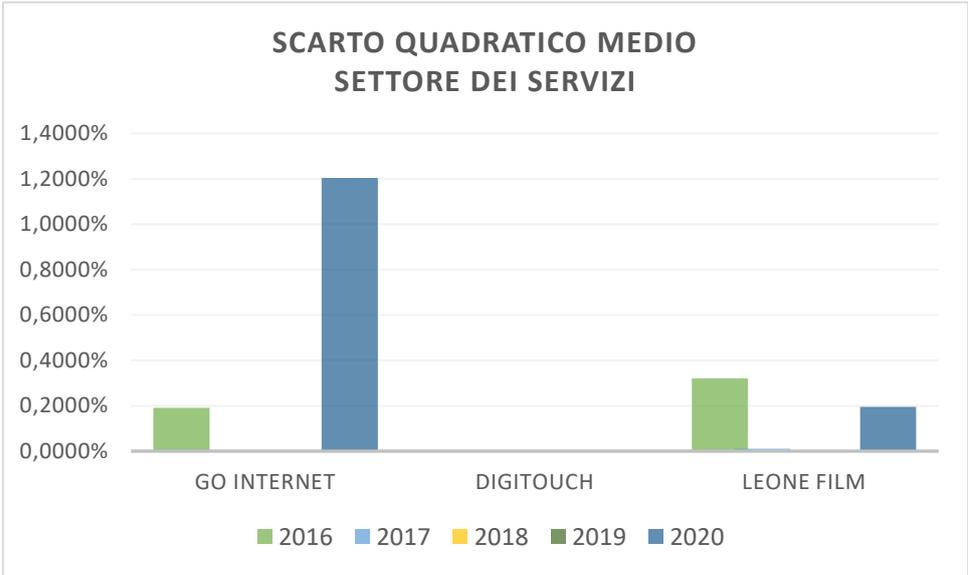


Figura 4.5.5: Scarto quadratico medio del settore dei servizi

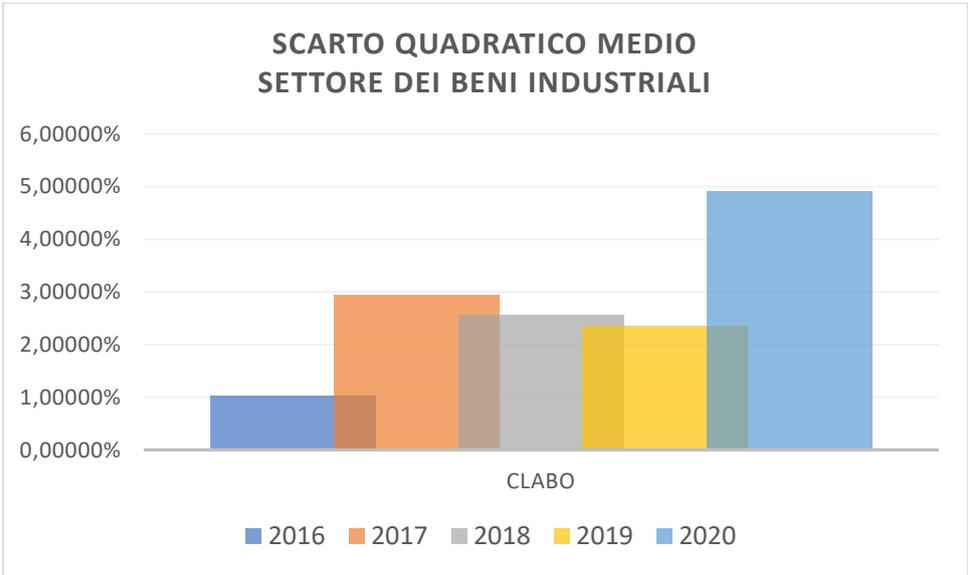


Figura 4.5.6: Scarto quadratico medio del settore dei beni industriali

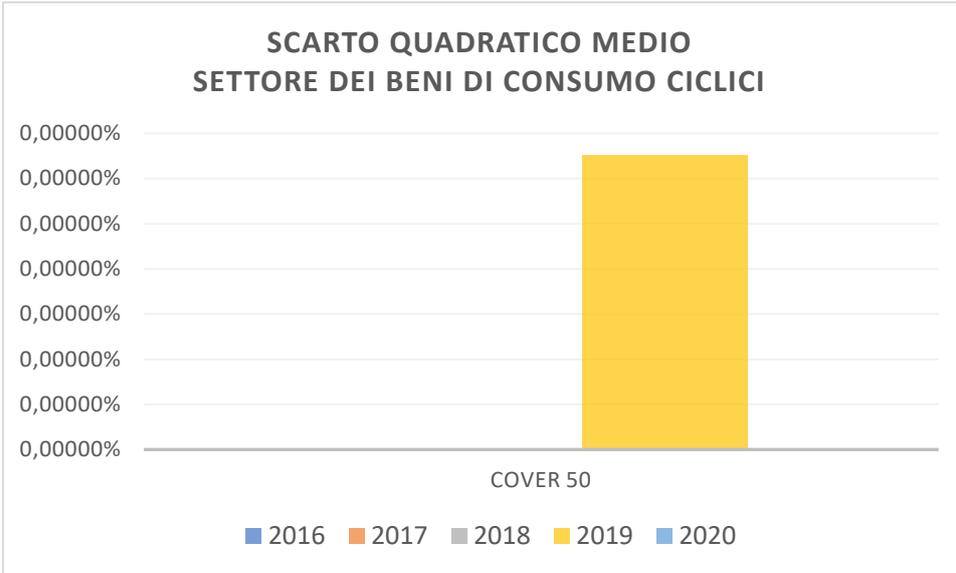


Figura 4.5.7: Scarto quadratico medio del settore dei beni di consumo ciclici

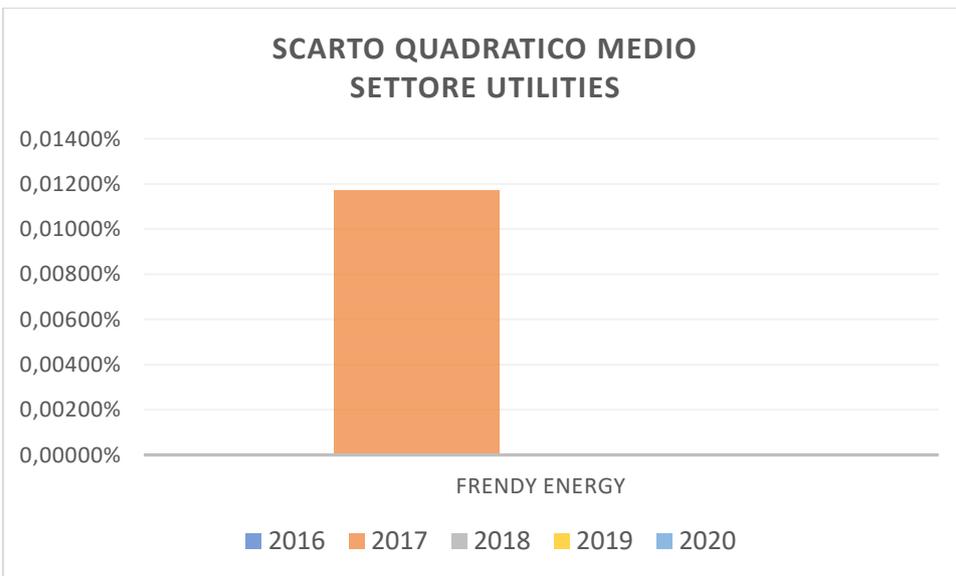


Figura 4.5.8: Scarto quadratico medio del settore utilities

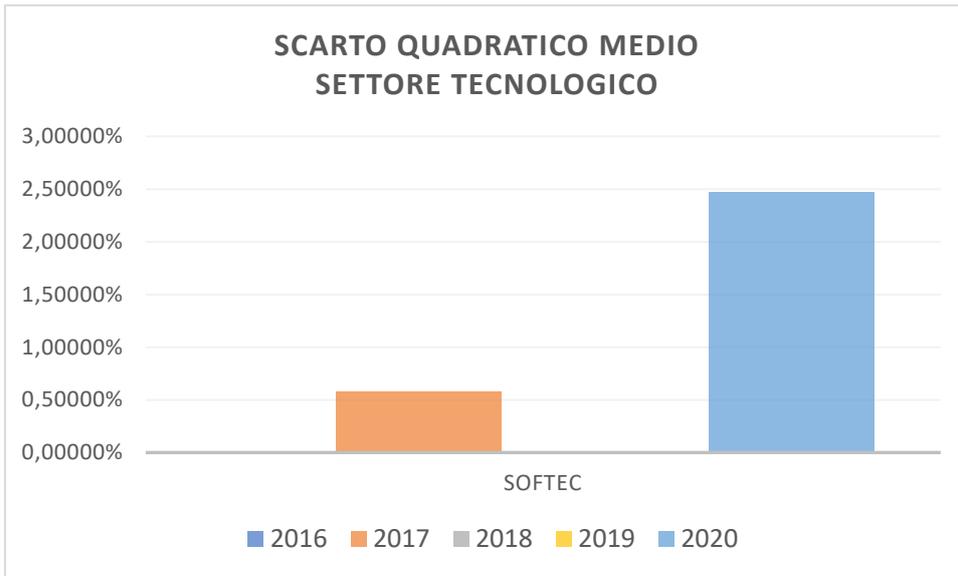


Figura 4.5.9: Scarto quadratico medio del settore della tecnologia

Anche con questo modello le conclusioni sono analoghe al modello precedente.

Nei prossimi grafici verranno rappresentate le PD giornaliere di ogni società appartenente ad uno specifico settore, con tasso risk free sia pari al 5% che all'1%.

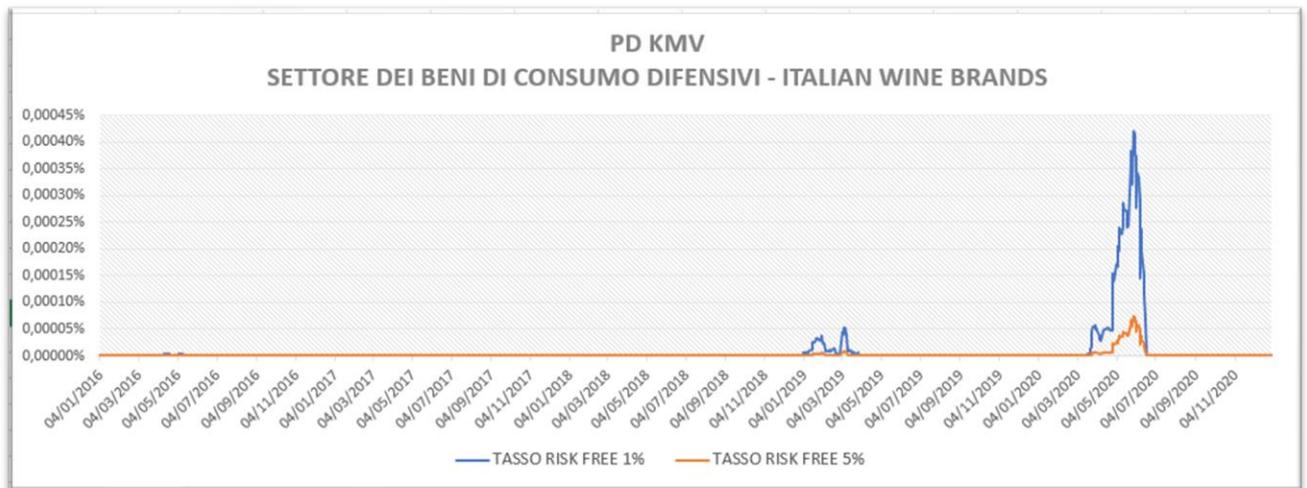


Figura 4.5.10: Andamento della PD della società Italian Wine Brands

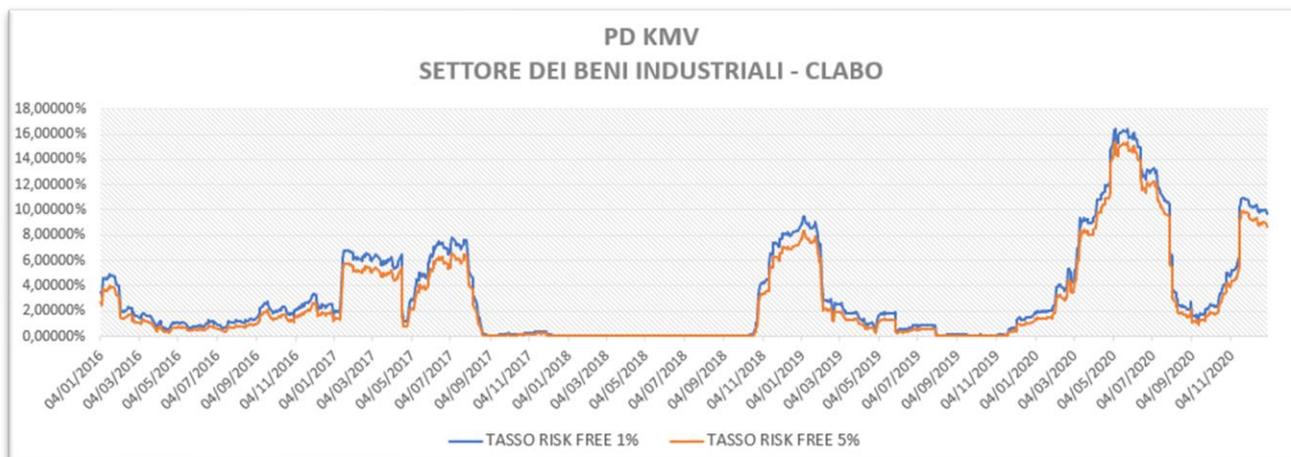


Figura 4.5.11: Andamento della PD della società Clabo

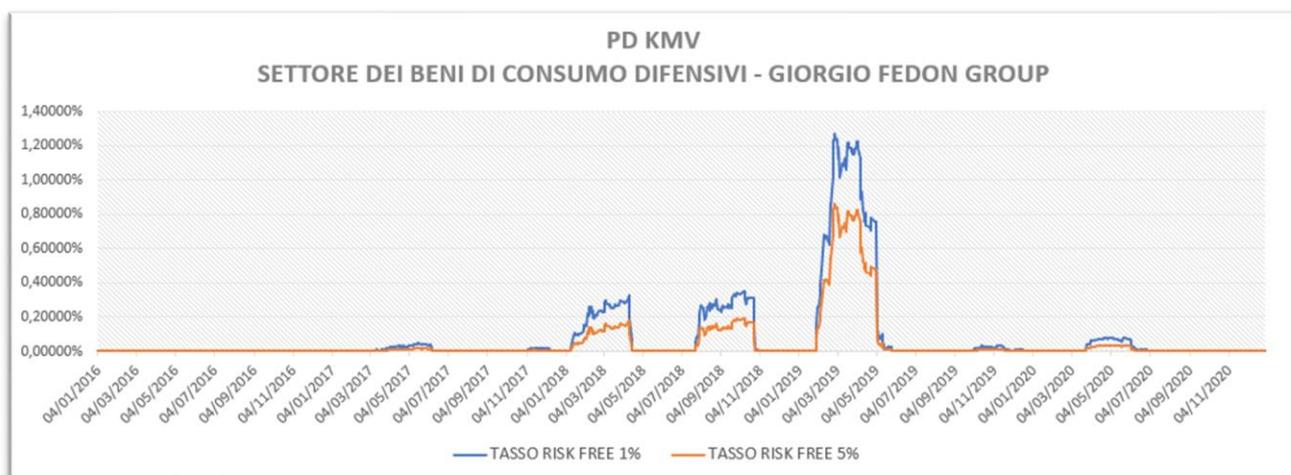


Figura 4.5.12: Andamento della PD della società Giorgio Fedon Group

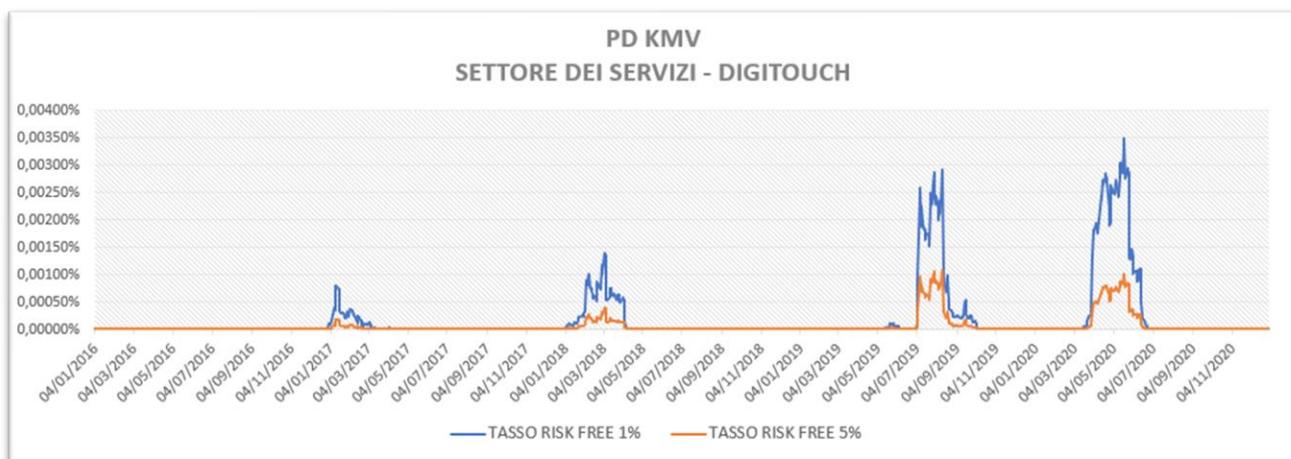


Figura 4.5.13: Andamento della PD della società Digitouch

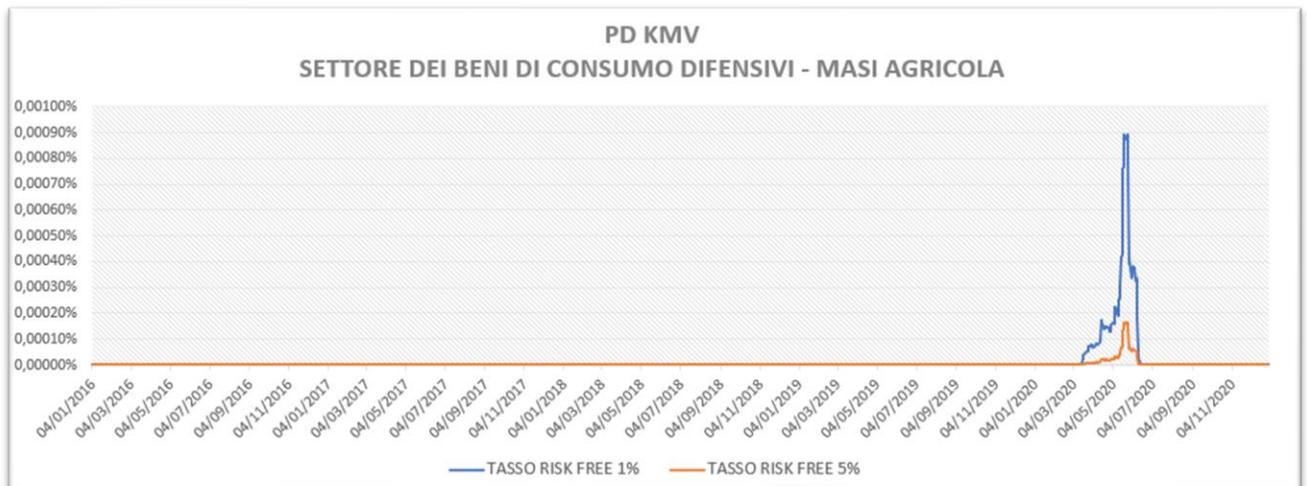


Figura 4.5.14: Andamento della PD della società Masi Agricola

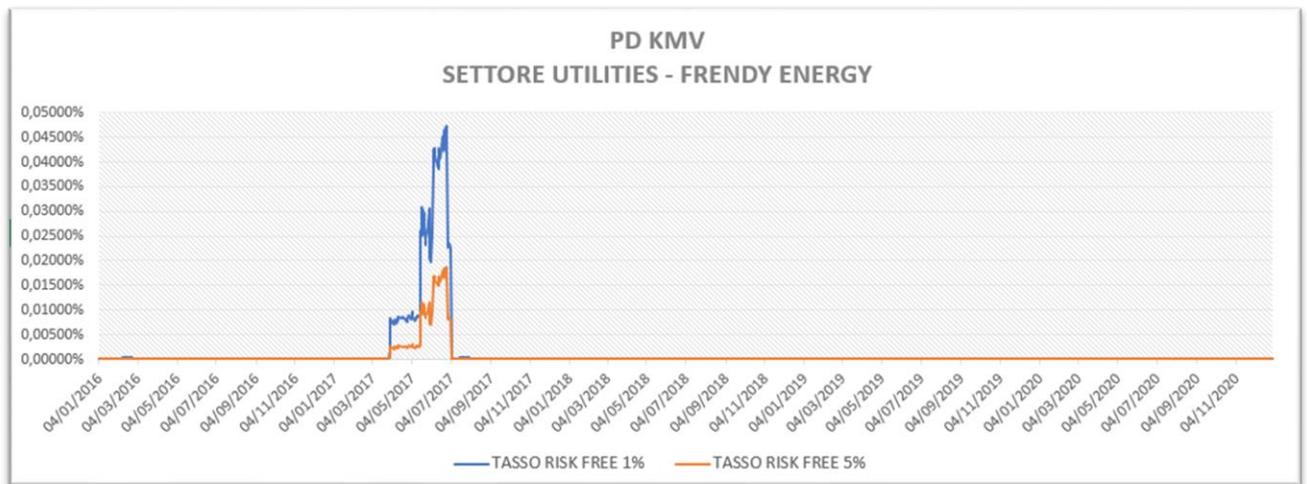


Figura 4.5.15: Andamento della PD della società Frendy Energy

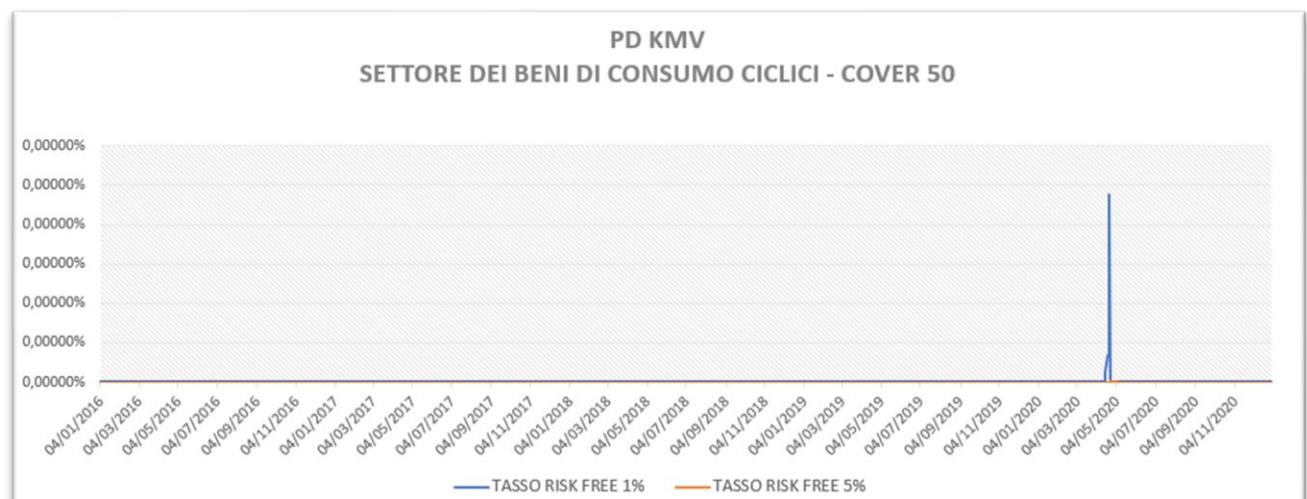


Figura 4.5.16 Andamento della PD della società Cover 5

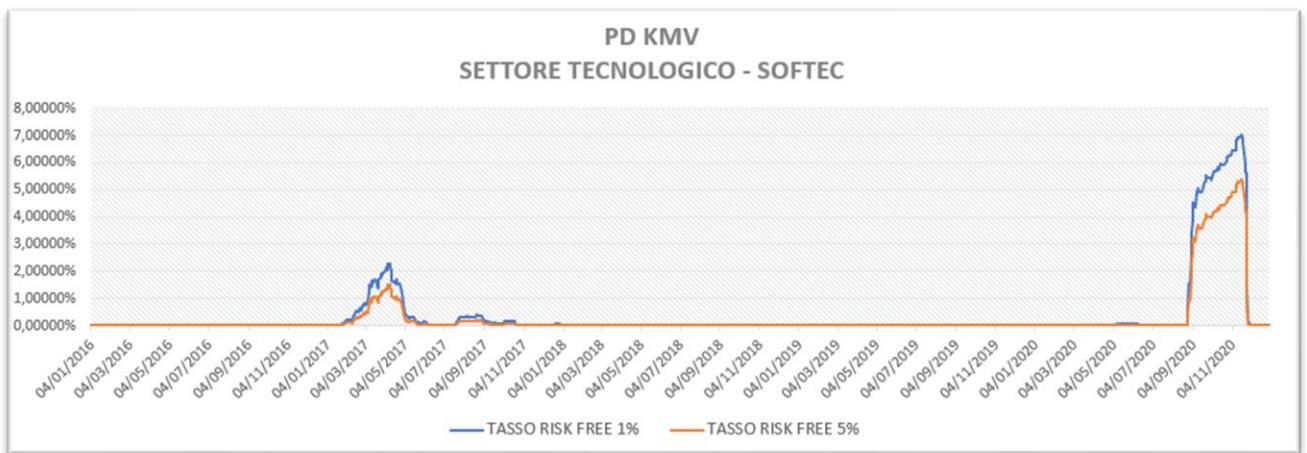


Figura 4.5.17: Andamento della PD della società Softec

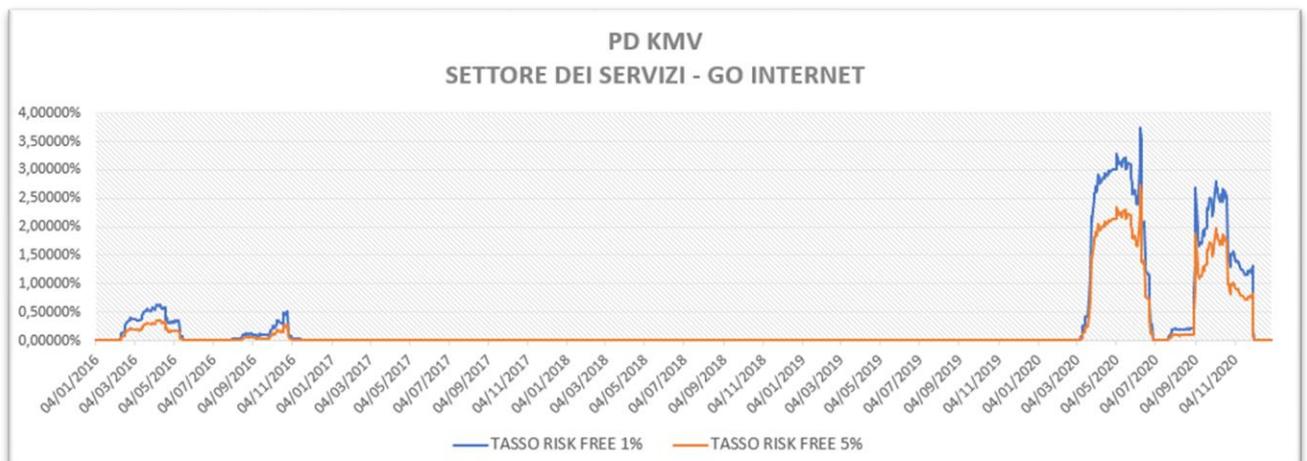


Figura 4.5.18: Andamento della PD della società Go Internet

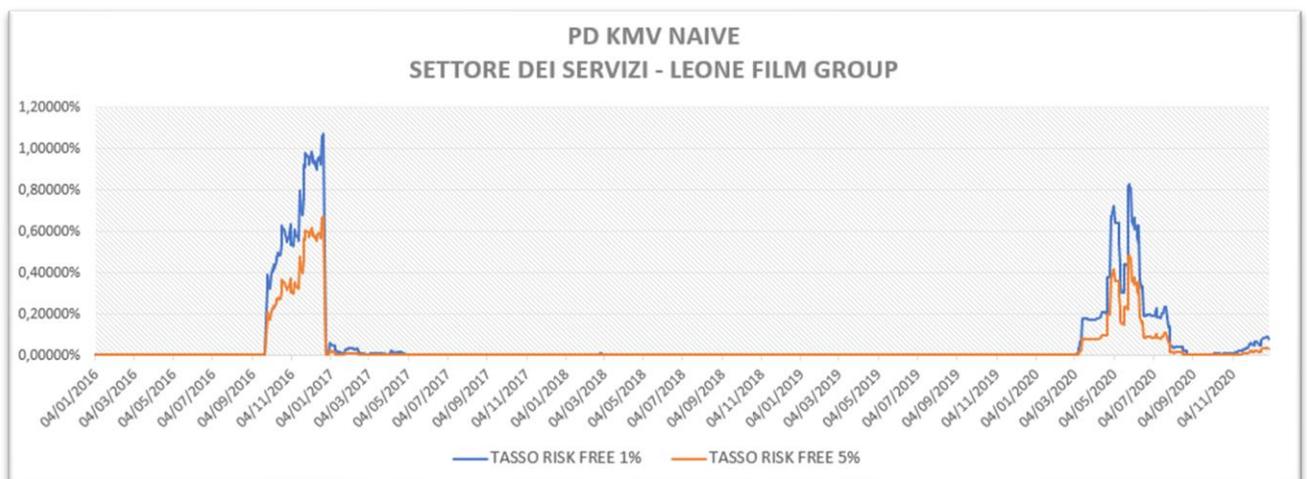


Figura 4.5.19: Andamento della PD della società Leone Film Group

Anche in questo caso si evince un aumento della PD nel primo trimestre del 2020, a ridosso delle disposizioni del Governo, per quasi tutte le società oggetto di analisi.

4.6 Analisi dei risultati ottenuti con i diversi modelli

Andando a confrontare i risultati ottenuti (illustrando solo i calcoli con tasso risk free pari all'1% in quanto le conclusioni sono analoghe), in seguito all'applicazione dei modelli trattati in questo capitolo, per il campione appartenente all'indice FTSE MIB si può concludere che:

- Con il modello di Merton, le PD medie di tutte le società di ogni singolo anno sono:

2016	2017	2018	2019	2020
0,29429%	0,00000%	0,00000%	0,02711%	1,47246%

2016	2017	2018	2019	2020
0,0047%	0,000%	0,0000%	0,0032%	0,3034%

- Con il modello KMV con stima *naive* invece i valori sono:

Di seguito vengono rappresentate graficamente tali valori:

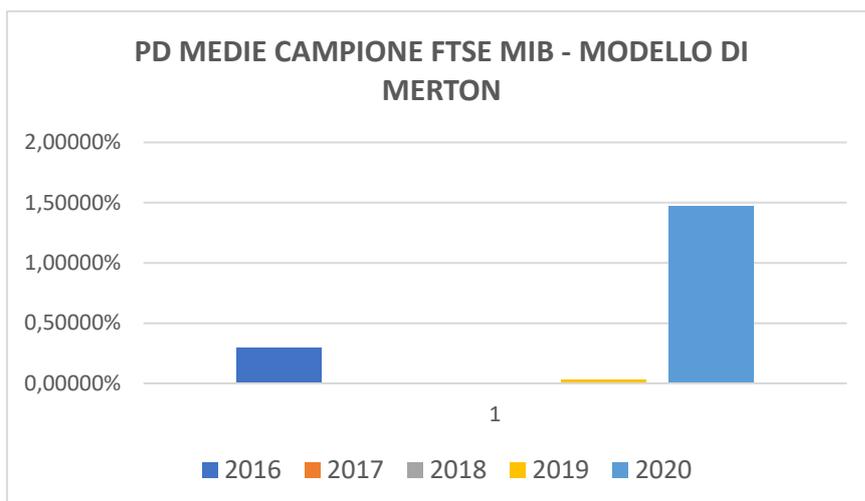


Figura 4.6.1: Valori delle PD medie tramite il modello di Merton con tasso risk free pari all'1%

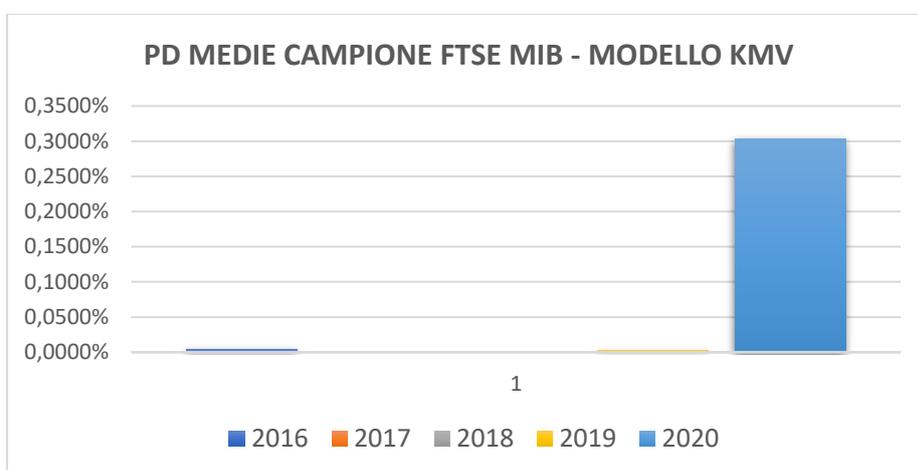


Figura 4.6.2: Valori delle PD medie tramite il modello di KMV con tasso risk free pari all'1%

Per quanto concerne invece l'indice FTSE AIM i risultati ottenuti sono i seguenti:

- Con il modello di Merton le PD medie di tutte le società dal 2016 al 2020 sono:

2016	2017	2018	2019	2020
0,3450%	0,5584%	0,1551%	0,1314%	1,8309%

- Con il modello KMV invece sono:

2016	2017	2018	2019	2020
0,2137%	0,3910%	0,1261%	0,1893%	1,0427%

Segue la rappresentazione dei relativi grafici:

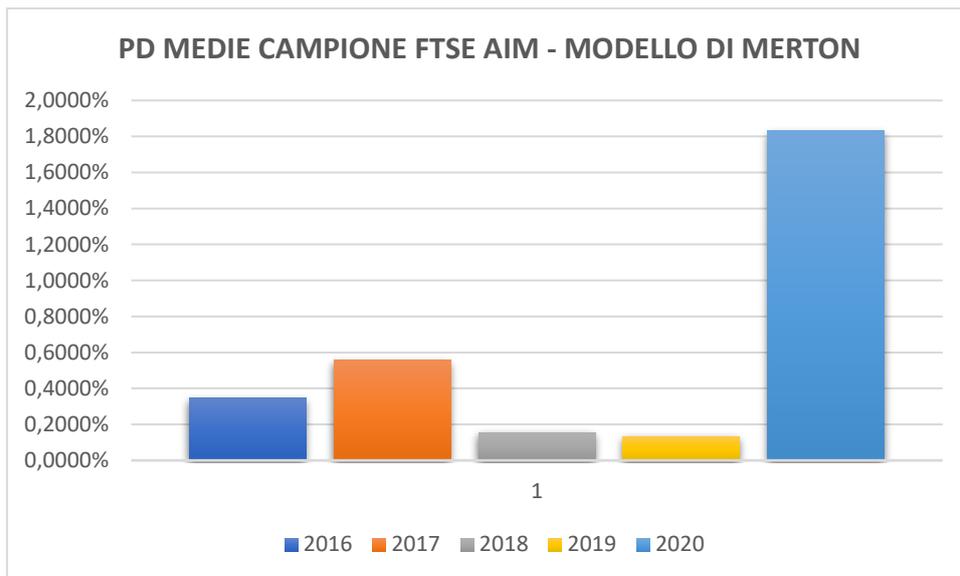


Figura 4.6.3: Valori delle PD medie tramite il modello di Merton con tasso risk free pari all'1%

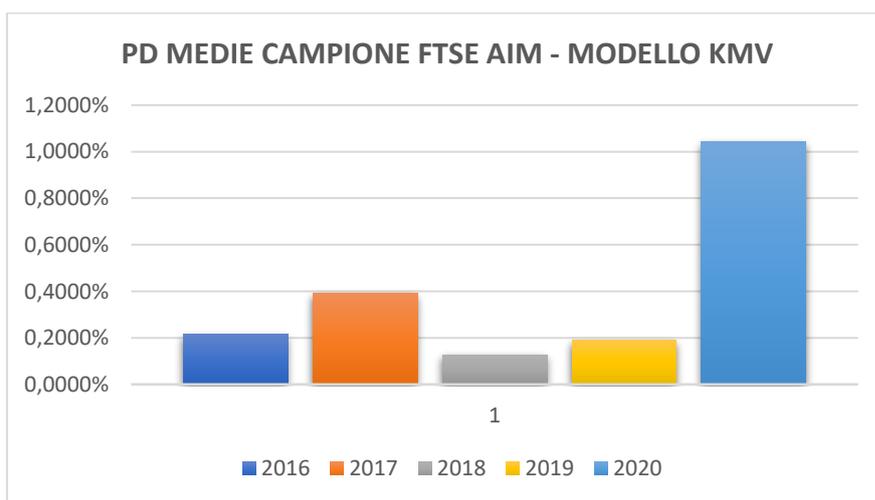


Figura 4.6.4: Valori delle PD medie tramite il modello KMV con tasso risk free pari all'1%

Confrontando i valori medi dei parametri della normale cumulata standardizzata per il calcolo della PD, per il campione appartenente all'indice FTSE MIB, si può concludere che:

- Con il modello di Merton i valori medi del parametro d_2 per il calcolo della PD sono:

Tabella 4.6.1: Valori medi del parametro d_2 per il campione FTSE MIB tramite il modello di Merton

	D2				
	2016	2017	2018	2019	2020
MONCLER	12,646	57,610	18,170	44,499	20,961
RECORDATI	11,978	17,143	9,494	10,402	7,046
DIASORIN	10,863	23,976	4,034	4,568	4,094
AMPLIFON	7,146	8,199	12,177	5,518	5,637
LEONARDO	4,002	5,383	3,934	4,836	2,708
PRYSMIAN	5,310	11,088	7,757	3,479	3,751
ATLANTIA	5,016	15,299	8,303	5,415	1,978
CAMPARI	5,418	10,689	10,030	11,345	11,697
STMICROELECTRONICS	6,284	5,787	6,022	7,033	5,577
IREN	2,220	4,699	4,575	3,997	2,846
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	278,896	52,757	77,255	109,047	47,949
ENEL	5,937	8,916	8,917	10,965	6,517
A2A	4,639	6,761	5,671	7,466	4,182
ENI	5,134	10,563	8,995	8,967	4,265

- Con il modello KMV con stima *naive* i valori medi della DD (*distance to default*) sono:

Tabella 4.6.2: Valori medi del parametro d_2 per il campione FTSE MIB tramite il modello KMV naive

	DISTANCE TO DEFAULT				
	2016	2017	2018	2019	2020
MONCLER	14,030	57,612	18,170	85,880	22,177
RECORDATI	12,471	17,151	9,494	10,952	7,712
DIASORIN	45,534	291,081	10,010	9,733	18,033
AMPLIFON	8,951	10,272	12,462	7,122	6,746
LEONARDO	3,682	5,373	3,934	4,636	2,803
PRYSMIAN	7,008	11,095	7,757	4,882	5,114
ATLANTIA	7,916	17,558	10,391	8,221	3,447
CAMPARI	5,571	11,865	11,184	12,149	11,984
STMICROELECTRONICS	4,534	5,794	6,022	5,767	4,388
IREN	3,443	4,700	4,575	5,370	4,032
INFRASTRUTTURE WIRELESS ITALIANE	51,428	52,639	77,255	63,270	22,579
ENEL	6,239	9,111	9,549	11,604	7,173
A2A	4,876	6,273	5,796	6,508	4,517
ENI	5,977	10,857	9,902	9,547	4,650

Mentre, per quanto riguarda l'indice FTSE AIM:

- Con il modello di Merton i valori medi del parametro d_2 sono:

Tabella 4.6.3: Valori medi del parametro d_2 per il campione FTSE AIM tramite il modello di Merton

	D2				
	2016	2017	2018	2019	2020
COVER 50	29,581	28,643	18,818	12,448	18,539
CLABO	2,713	2,115	3,764	2,939	1,791
MASI AGRICOLA	15,262	17,301	12,851	10,501	7,324
ITALIAN WINE BRANDS	8,009	8,133	9,319	7,679	6,002
GIORGIO FEDON GROUP	6,729	4,737	3,771	4,372	5,643
SOFTEC	7,427	3,051	9,304	10,484	3,595
GO INTERNET	3,141	8,728	5,911	5,888	2,988
LEONE FILM GROUP	3,463	2,851	3,198	3,891	1,702
DIGITOUCH	6,782	5,574	5,744	6,519	7,141
FRENDY ENERGY	10,199	10,325	7,367	12,420	11,335

- Con il modello KMV con stima *naive* i valori medi della DD sono:

Tabella 4.6.4: Valori medi del parametro DD per il campione FTSE AIM tramite il modello KMV naive

	DISTANCE TO DEFAULT				
	2016	2017	2018	2019	2020
COVER 50	30,281	30,544	22,661	16,243	24,070
CLABO	2,145	2,176	3,598	2,439	1,530
MASI AGRICOLA	16,785	18,983	15,366	12,641	8,954
ITALIAN WINE BRANDS	7,740	8,327	9,787	7,402	6,823
GIORGIO FEDON GROUP	7,189	4,871	3,611	3,879	4,671
SOFTEC	6,543	3,155	8,511	9,020	3,582
GO INTERNET	3,616	9,590	6,543	6,321	3,370
LEONE FILM GROUP	5,303	4,712	4,928	5,850	3,703
DIGITOUCH	7,999	6,457	6,299	6,718	7,011
FRENDY ENERGY	11,168	11,543	8,216	13,384	12,080

Si può concludere che i modelli mostrano risultati di PD differenti in quanto, il calcolo del parametro di input della normale cumulata standardizzata è basato su ipotesi non analoghe.

In particolare, nel modello KMV, il punto di default non include tutto il debito, come nel modello di Merton, ma un valore inferiore ed inoltre, poiché la *distance to default* dipende dal valore del Default Point e del rendimento e volatilità dell'attivo, i valori osservati risultano essere maggiori rispetto al parametro d_2 del modello di Merton, di conseguenza le PD tendono ad assumere valori più bassi.

Al fine di ottenere dei parametri da inserire nella formula per calcolare il valore dell'opzione put, nel caso del modello di Merton, e i valori della *distance to default*, nel caso del modello KMV *naive*, è stata utilizzata una finestra di implementazione dei dati pari a tre mesi: tale finestra è stata fatta scorrere per tutti i giorni del modello in modo da ottenere dei valori che fossero aggiornati alla data più recente. Un'altra assunzione

che è stata fatta, in modo da avere delle PD che non presentassero valori anomali, è stata quella di stimare un premio al rischio pari al 4%, basandosi su performance storiche.

Inoltre, al fine di effettuare una *sensitivity analysis* sul tasso di interesse, sono stati calcolati due valori di PD ed EDF, rispettivamente con tasso pari all'1% e 5%, in modo da individuare il rapporto che intercorre tra le grandezze individuando la relazione tra le variabili; segue che i valori del calcolo della PD con tasso pari all'1% risultano essere più alti in quanto la leva finanziaria dell'impresa, che dipende dal tasso risk free, è minore con conseguente aumento del parametro d_2 ; in entrambi i casi le PD giornaliere seguono lo stesso andamento, sfasate dalla differenza che intercorre tra l'uso del tasso pari all'1% e 5%.

CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'elaborato di tesi è quello di mettere in luce l'impatto che la diffusione della pandemia da Covid-19 ha avuto sull'aumento della probabilità di insolvenza durante l'anno 2020, mediante l'applicazione dei modelli di stima di Merton e KMV con approssimazione *naive*, applicata a due campioni di società facenti parte rispettivamente dell'indice FTSE MIB e FTSE AIM. Ciò che emerso durante l'analisi svolta è un incremento per quasi tutte le società analizzate, sia appartenenti all'indice FTSE MIB che FTSE AIM. Tra le imprese analizzate non vi è nessuna società che ha registrato flessioni, bensì il risultato è aumento generalizzato o al massimo un andamento costante della probabilità di insolvenza, coerente con il quadro macroeconomico italiano.

In particolare, è stato analizzato il periodo che va dal 01/01/2016 al 31/12/2020, per un totale di cinque anni, per mettere in luce nell'anno 2020, l'incremento della PD e quindi confrontare i vari anni per andare ad analizzare se la società, oggetto di analisi, risulta avere un aumento della PD per causa della crisi pandemica o se presentava già questo andamento precedentemente.

Il modello di Merton registra un aumento della PD, rispetto all'anno precedente, di circa 1,4453 % e 1,6994%, per le probabilità calcolate rispettivamente per le società quotate all'indice FTSE MIB e FTSE AIM.

I risultati del modello KMV con approssimazione *naive* sono leggermente più bassi e i differenziali della probabilità di insolvenza tra i due anni messi a confronto sono 0,3002% e 0,8533%.

Gli incrementi della probabilità di insolvenza risultato essere leggermente elevati poiché è stata utilizzata una media mobile, per l'implementazione dei dati, pari ad un trimestre in modo da mettere in luce l'impatto che, la riduzione del prezzo delle azioni, ha avuto sull'aumento della PD.

SITOGRAFIA

Bharath S. & Shumway T., (2004) Forecasting Default with the KMV-Merton Model, U.S.A., University of Minchigan.

J.-C. Duan, G. Gauthier, J.-G. Simonato, S. Zaanoun , (2004) Estimating Merton's Model by Maximum Likelihood with Survivorship Consideration, University of Toront, Hec Montréal

<https://www.altroconsumo.it/finanza/lexicon/r/rating>

<https://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/rating.htm>

https://www.bccroma.it/template/default.asp?i_menuID=28915

<https://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/opzioni.htm>

<https://www.borsaitaliana.it/borsa/glossario/indice-ftse-mib.html>

https://www.ilsole24ore.com/art/le-piccole-aim-italia-piu-resistenti-all-impatto-covid-ADIwR2U?refresh_ce=1

<https://www.wallstreetitalia.com/indici-di-borsa-calcolo-e-come-si-leggono/>

<https://www.borsaitaliana.it/homepage/homepage.htm>

Dispense del prof. Varetto Franco di “Analisi Finanziaria e Creditizia per l’impresa”

Dispense del prof. Varetto Franco di “Economia degli intermediari finanziari”

