POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

Partenariato pubblico privato e rischi: review e analisi metodologiche preliminari

Relatori

Prof.ssa Manuela Rebaudengo

Prof. Umberto Mecca

Candidata

Daniela Cirasino

Anno accademico 2018/2019

Sommario

INDICE DELLE FIGURE ..... **II**

INDICE DELLE TABELLE ..... **III**

INTRODUZIONE **1**

PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO **3**

1.1 DEFINIZIONE DI PARTENARIATO PUBBLICO - PRIVATO (*PPP*) **3**

1.1.1 ANDAMENTO DEL MERCATO DEL PPP *7*

1.2 SOGGETTI COINVOLTI IN UNA OPERAZIONE DI PPP **9**

1.3 PROCEDURE DI AFFIDAMENTO **10**

1.4 EQUILIBRIO ECONOMICO FINANZIARIO **11**

1.4.1 PIANO ECONOMICO FINANZIARIO (PEF) *13*

LITERATURE SURVEY **15**

2.1 QUANTI DOCUMENTI PARLANO DI PPP IN GENERALE, PER ANNO E PER PROVENIENZA **15**

2.2 QUANTI DOCUMENTI PARLANO DI RISCHI NEL PPP **18**

2.3 QUANTI DOCUMENTI PARLANO DI METODI DI ANALISI DEI RISCHI NEL PPP **20**

2.4 QUANTI PARLANO DI MATRICE DEI RISCHI **22**

2.5 CON QUALI METODI VALUTANO I RISCHI **24**

ANALISI DEI RISCHI **30**

3.2 IDENTIFICAZIONE DEI RISCHI **31**

3.3 METODOLOGIE PER L'ANALISI DEI RISCHI **33**

3.3.1 IL METODO SWARA *39*

3.3.2 IL METODO COPRAS *40*

3.3.3 METODO ISM *42*

3.3.4 METODO ANP *43*

3.3.5 IL METODO DEL PUBLIC SECTOR COMPARATOR E IL VFM *50*

3.4 MATRICE DEI RISCHI **54**

APPLICAZIONE DEL METODO *FAULT TREE ANALYSIS* 57

4.1 PANORAMICA DEL PROGETTO 57
4.2 IDENTIFICAZIONE E ANALISI DEI RISCHI 60
4.3 APPLICAZIONE DI FTA 62
4.3.1 DEFINIZIONE DEGLI EVENTI 63
4.3.2 COSTRUZIONE DELL'ALBERO DEI GUASTI 66
4.3.3 ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA DELL'ALBERO DEI GUASTI 68
4.5 CONSIDERAZIONI FINALI 75

BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA 77

Indice delle figure

FIGURA 1 - FORME DI PPP 6
FIGURA 2 - VALORE E NUMERO DI CONTRATTI CHIUSI PER SETTORE [FONTE: ELABORAZIONI DIPE SU DATI EPEC] 8
FIGURA 3 – VALORE E NUMERO DEI CONTRATTI CHIUSI PER TIPOLOGIA [FONTE: ELABORAZIONI DIPE SU DATI EPEC] 8
FIGURA 4 - EQUILIBRIO ECONOMICO FINANZIARIO 11
FIGURA 5 - COSTRUZIONE DEL PEF 14
FIGURA 6 - DOCUMENTI SUL PPP (PER ANNO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 16
FIGURA 7 - DOCUMENTI SUL PPP (PER PAESE) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 16
FIGURA 8 - DOCUMENTI SUL PPP (PER ARGOMENTO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 17
FIGURA 9 – DOCUMENTI SUL RISCHIO NEL PPP (PER ANNO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 18
FIGURA 10 - DOCUMENTI SUL RISCHIO NEL PPP (PER ARGOMENTO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 18
FIGURA 11 - DOCUMENTI SUL RISCHIO NEL PPP (PER UNIVERSITÀ DI PROVENIENZA) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 19
FIGURA 12 - DOCUMENTI SUL RISCHIO NEL PPP IN EUROPA [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 20
FIGURA 13 - DOCUMENTI SUI METODI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO (PER ARGOMENTO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 21
FIGURA 14 - DOCUMENTI SULL'ANALISI DEL RISCHIO (PER UNIVERSITÀ DI APPARTENENZA) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 21
FIGURA 15 - DOCUMENTI SULL'ANALISI DEL RISCHIO IN EUROPA [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 22
FIGURA 16 - DOCUMENTI SULLE MATRICI DEI RISCHI (PER UNIVERSITÀ DI APPARTENENZA) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 23
FIGURA 17 - DOCUMENTI SULLE MATRICI DEI RISCHI (PER ARGOMENTO) [FONTE: WWW.SCOPUS.COM] 23
FIGURA 18 - PROCESSO DI RISK MANAGEMENT 31
FIGURA 20 - METODO INTEGRATO SWARA - COPRAS 38
FIGURA 21 - GRAFICO METODO SWARA PER L'IDENTIFICAZIONE DEI PESI DEI CRITERI [FONTE: KERSULIENE E TURSKIS, 2010] .. 39
FIGURA 22 - ESEMPIO DI STRUTTURA "A RETE SEMPLICE" CON CLUSTERS ED ELEMENTI 44

Figura 23 - Struttura a rete con il software SuperDecision 49
Figura 24 - PSC e Value for Money 52
Figura 25 - Percentuali di scostamento [fonte: ANAC] 53
Figura 26 - Render del nuovo progetto dell'impianto sportivo [fonte:http://cad.comune.rivoli.to.it] 58
Figura 27 - Metodo della Fault Tree Analysis 63
Figura 28 - Simbologia per FT 67
Figura 29 - Fault Tree (in forma compatta) 67

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Allocazione dei rischi più comuni della letteratura 26
Tabella 2 – metodi di identificazione dei rischi [Fonte: articolo "Identifying significant risks and analyzing risk relationship for construction PPP Projects in China using integrated FISM-MICMAC approach"] 27
Tabella 3 - Metodologie per l'analisi dei rischi più usate 28
Tabella 4 - Valori in scala di Saaty 45
Tabella 5 - Scala di giudizi combinata 46
Tabella 6 - Criteri e ostacoli per l'allocazione dei rischi 47
Tabella 7 - Classificazione di clusters ed elementi 48
Tabella 8 - Esempi di calcolo degli incrementi di costo e tempo di costruzione 54
Tabella 9 - Esempio di matrice dei rischi [Fonte: Linee Guida ANAC n.9] 56
Tabella 10 - Piano finanziario dell'investimento 59
Tabella 11 - Quadro economico 59
Tabella 12 - Matrice dei rischi di progetto 60
Tabella 13 - Matrice Frequenza – Impatto 62
Tabella 14 - Classificazione dei rischi in base a RII 64
Tabella 15 - Valutazione della frequenza di accadimento in scala Likert 65
Tabella 16 - Classificazione dei rischi per frequenza e impatto 66
Tabella 17 - Codici degli eventi nel FT 68
Tabella 18 - Uguaglianza scala Likert - probabilità di accadimento 70
Tabella 19 - Probabilità di accadimento degli eventi di rischio 71
Tabella 20 - Percentuali di scostamento economico e finanziario 72
Tabella 21 - Calcoli di alcuni rischi (in base a valori di incremento) 73
Tabella 22 - Matrice dei rischi con probabilità di accadimento, valore economico e allocazione 74

INTRODUZIONE

Il partenariato pubblico-privato (PPP) è attualmente uno dei più importanti meccanismi di collaborazione per la progettazione, realizzazione e gestione di un'opera, tra un soggetto pubblico e uno privato. Come si vedrà meglio nelle pagine seguenti, non esiste una definizione univoca di partenariato pubblico privato: in linea teorica, si tratta di un accordo secondo il quale i compiti e servizi della Pubblica Amministrazione vengono svolti e forniti dal settore privato.

Il presente elaborato intende approfondire il tema del Partenariato Pubblico Privato (PPP), come viene analizzato nel mondo, con particolare riferimento all'Europa, e quali strumenti di indagine vengono utilizzati per potersi servire in modo corretto di questa forma di collaborazione tra settore pubblico e settore privato.

Nella prima parte si parlerà quindi di partenariato pubblico privato in generale, spiegando definizioni e natura del contratto, presentandone un inquadramento normativo, europeo e italiano.

La seconda parte dell'elaborato, invece, presenta una ricerca in letteratura con lo scopo di individuare in che modo viene trattato uno dei problemi più complessi, ovvero l'allocazione del rischio nei progetti in PPP.

Il principale vantaggio del PPP riguarda l'ottenimento del miglior rapporto qualità-prezzo attraverso le competenze specifiche del settore privato per ottenere risorse e fornire opere e servizi di alta qualità. Il massimo vantaggio viene raggiunto trasferendo gran parte dei rischi dal settore pubblico al settore privato. Nella terza parte si fornisce una descrizione della metodologia di valutazione dei rischi nelle iniziative di PPP, con particolare riferimento ai vari metodi proposti dalla letteratura. Il rischio è una questione chiave nei contratti con il settore privato. Un'adeguata ripartizione è una condizione necessaria per la conclusione con successo del contratto. È fondamentale quindi capire quale dei metodi proposti dai vari esperti possa risultare quello che permetta l'ottenimento di una corretta ed efficace allocazione del rischio.

L'obiettivo principale di questo elaborato è quello di classificare, e poi valutare, i rischi che si manifestano nelle operazioni di PPP; in questo modo è possibile definire metodologie e

modelli per stimare il livello di rischiosità di un progetto mitigando il rischio e mantenendo un alto profilo di rendimento per le parti coinvolte nel progetto. Le collaborazioni tra settore pubblico e partner privato richiedono l'assegnazione dei rischi alla parte contrattuale che è maggiormente in grado di mitigarli e di sostenerli. Pertanto, operativamente, Dopo essere stati identificati i rischi, vengono classificati in base alla loro probabilità di accadimento e conseguente impatto. La probabilità di accadimento di un rischio è tanto più bassa quanto maggiore è la capacità del soggetto a cui è stato allocato il rischio di mettere in atto azioni di prevenzione per la minimizzazione del rischio.

Infine, la tesi si conclude con una applicazione di uno dei metodi teorici ad un caso studio del territorio piemontese, evidenziandone le criticità.

CAPITOLO 1

PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO

1.1 Definizione di partenariato pubblico - privato (*PPP*)

Il partenariato pubblico privato è una forma di collaborazione tra settori pubblico e privato per progettazione, finanziamento, costruzione o rinnovamento, gestione e manutenzione di un'opera pubblica o di interesse pubblico e dei relativi servizi. Nei contratti di partenariato pubblico-privato, i ricavi della gestione da parte del partner privato provengono dal canone riconosciuto dall'Ente concedente e/o da un'altra forma di remunerazione, anche derivante direttamente dalla gestione del servizio. Per una durata relativamente lunga della collaborazione tra partner pubblico e privato, il finanziamento del progetto è garantito, anche in modo non esclusivo dal settore privato, che si assume il rischio in base alla capacità dei soggetti interessati alla valutazione e gestione dei rischi stessi. L'operatore economico ha un ruolo centrale in quanto partecipa a tutte le fasi dell'intervento; il partner pubblico si occupa prevalentemente degli obiettivi da raggiungere in tema di interesse pubblico, di qualità dei servizi offerti e deve garantire il raggiungimento di questi obiettivi.

Nel *Nuovo Codice dei contratti pubblici* si parla di **contratto di partenariato pubblico privato** intendendo un *"contratto a titolo oneroso stipulato per iscritto con il quale una o più stazioni appaltanti conferiscono a uno o più operatori economici per un periodo determinato in funzione della durata dell'ammortamento dell'investimento o delle modalità di finanziamento fissate, un complesso di attività consistenti nella realizzazione, trasformazione, manutenzione e gestione operativa di un'opera in cambio della sua disponibilità, o del suo sfruttamento economico, o della fornitura di un servizio connesso all'utilizzo dell'opera stessa, con assunzione di rischio secondo modalità individuate nel contratto, da parte dell'operatore"* [D. Lgs 50/2016 – *Articolo 3, comma 1, lettera eee*].

Un'operazione di Partenariato Pubblico Privato si contraddistingue per tre caratteri fondamentali:

- la durata relativamente lunga della collaborazione tra il partner pubblico ed il partner privato relativamente ai vari aspetti di un progetto da realizzare;

- la modalità di finanziamento del progetto, garantito da parte del settore privato. Spesso quote di finanziamento pubblico, a volte ingenti, possono aggiungersi ai finanziamenti privati. Il settore pubblico si concentra principalmente sulla definizione degli obiettivi da raggiungere;

- la ripartizione dei rischi tra pubblico e privato, in funzione della capacità di identificarli, valutarli e gestirli.

I progetti che si possono realizzare attraverso forme di partenariato pubblico-privato possono essere classificati in tre principali categorie di opere:

- opere *calde*, ad alto rendimento attraverso ricavi da utenza, realizzate totalmente a carico del partner privato. In questo caso il soggetto pubblico si impegna solamente a favorire le condizioni per la realizzazione del progetto. Possono intendersi di questo tipo opere come aeroporti, parcheggi, impianti sportivi, autostrade, ecc.

- opere *fredde*, per l'alto grado di complessità e per l'entità di servizi offerti, con costi complessivi di costruzione e gestione superiori ai ricavi, prevedono un alto contributo da parte delle pubbliche amministrazioni, in quanto non permettono il recupero dell'investimento attraverso la loro gestione finale; il privato offre le proprie prestazioni alla Pubblica Amministrazione ottenendo una remunerazione del capitale investito. Sono considerate *fredde* opere come scuole e università, ospedali, carceri, caserme, ecc.

- opere *tiepide*, il privato fornisce direttamente servizi alla Pubblica Amministrazione (PA). Prevedono una tariffazione da parte dell'utenza finale, ma a volte richiedono il contributo della PA per il raggiungimento dell'equilibrio economico e finanziario, in quanto il solo capitale privato non è sufficiente per un ritorno economico. Esempi di questa categoria possono essere asili, metropolitane, reti ed impianti idrici, ecc.

A livello europeo, il "*Libro Verde relativo ai Partenariati Pubblico-Privati*" presentato dalla Commissione Europea il 30 aprile 2004, ha individuato gli elementi distintivi dei contratti di PPP, distinguendone due principali categorie:

- partenariato *contrattuale*, basato su legami contrattuali e convenzionali tra i soggetti partecipanti alle operazioni. Il privato fornisce un servizio alla collettività sotto il controllo del soggetto pubblico. In Italia le forme di questa tipologia sono definite dal Codice dei

Contratti pubblici (D. Lgs. 50/2016). Tra le tipologie di questo tipo di contratto rientrano la finanza di progetto, la concessione di costruzione e gestione, la concessione di servizi, la locazione finanziaria di opere pubbliche, il contratto di disponibilità e qualunque altra procedura di realizzazione in partenariato di opere o servizi che presentino le caratteristiche definite;

- partenariato *istituzionalizzato*, subordinato all'esistenza di una società congiunta tra pubblico e privato, quindi con una autonomia giuridica, che assicuri la fornitura di un'opera o di un servizio a favore della collettività. In Italia questa tipologia di partenariato è disciplinata dal Testo Unico degli Enti Locali (D. Lgs 267/2000). Le principali forme di questa categoria sono le società per azioni miste (a prevalente capitale pubblico, a prevalente capitale privato o costituite ai sensi del Codice civile) oppure le Società di Trasformazione Urbana (STU).

L'*art.180* del Codice delinea le caratteristiche fondamentali dei contratti di partenariato contrattuale; ci si riferisce a un gruppo di modelli di cooperazione tra pubblico e privato, basati su legami contrattuali finalizzati a opere di pubblica utilità.

- concessione di lavori, di costruzione e gestione: una o più stazioni appaltanti affidano a uno o più operatori economici la progettazione definitiva, la progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori, riconoscendo come corrispettivo il diritto di gestire le opere in oggetto del contratto, con assunzione del rischio operativo legato alla gestione delle opere da parte del concessionario. Alla fine della durata della concessione, la pubblica amministrazione riprende la sua proprietà oppure rinnova la concessione;

- concessione di servizi: una o più stazioni appaltanti affidano a uno o più operatori economici la fornitura e la gestione di servizi a partire dall'esecuzione dei lavori, ottenendo come corrispettivo il diritto di gestire i servizi oggetto del contratto;

- locazione finanziaria (*leasing*): contratto avente per oggetto la prestazione di servizi finanziari e l'esecuzione di lavori. La pubblica amministrazione "presta" ad un soggetto privato una proprietà ottenendo come corrispettivo delle rate. Alla fine del numero di rate stabilito, il privato non diventa proprietario ma può decidere se ottenere un compenso o rinnovare il leasing;

- contratto di disponibilità: contratto mediante il quale un privato mette a disposizione a favore della Pubblica Amministrazione, che paga per l'effettivo utilizzo, un'opera di proprietà privata destinata all'esercizio di un servizio di interesse pubblico.

Nell'ordinamento normativo italiano, la concessione di lavori e di servizi costituisce uno dei possibili strumenti per finanziare opere in *Project Financing*, essendo caratterizzata da un trasferimento della responsabilità di gestione (rischio economico) al concessionario, rischio che dipende strettamente dai proventi che il concessionario può trarre dalla gestione.

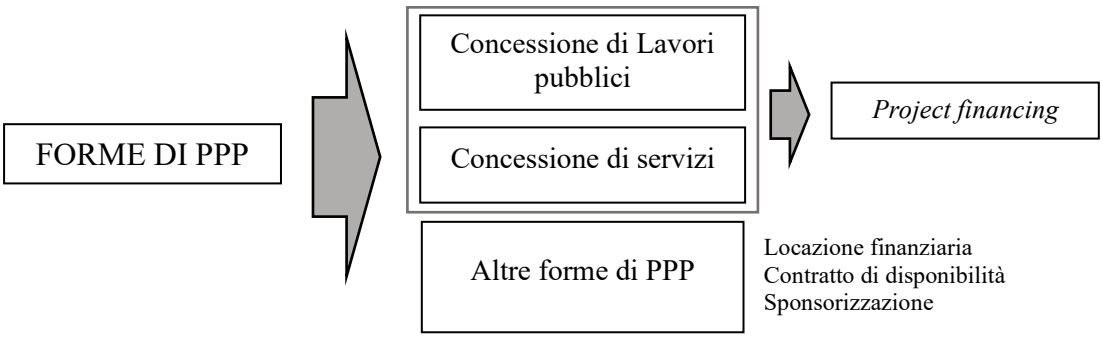

Figura 1 - Forme di PPP

Il *project financing*, o finanza di progetto, è una forma di finanziamento tramite la quale le pubbliche amministrazioni possono ricorrere a capitali privati per la realizzazione di progetti ad uso della collettività. Il *project financing* è una tecnica finanziaria che può essere utilizzata in operazioni di partenariato pubblico privato per finanziare un progetto infrastrutturale pubblico o di pubblica utilità, in grado di generare flussi di cassa utili per rimborsare il debito contratto con la realizzazione del progetto e ripagare il capitale di rischio.

Nel caso in cui il privato si impegna a sostenere totalmente le spese di costruzione più quelle di gestione, si parla di *project financing puro*. Per la pubblica amministrazione il *PF puro* è vantaggioso perché vengono realizzati investimenti pubblici senza impegnare risorse che possono essere poi destinate ad altri interventi. Per i Comuni, ad esempio, è conveniente trovare un gestore privato che garantisca maggiore qualità al minor costo possibile. Il privato poi recupera le spese sostenute dalla gestione finanziaria ed economica dell'opera.

La finanza di progetto è regolata dall'art.183 del D. Lgs. 50/2016. In particolare, nel caso di concessione di lavori pubblici o di pubblica utilità, definisce le modalità con cui gli operatori economici posso presentare le proposte alle amministrazioni aggiudicatrici. Per la realizzazione di lavori pubblici, la Pubblica Amministrazione può affidare una concessione

ponendo a base di gara il progetto di fattibilità, con l'utilizzo di risorse totalmente o parzialmente a carico dei proponenti. Ricorrendo alla tecnica del project financing, si possono ottenere vantaggi sia per il soggetto pubblico che per il privato.

L'amministrazione pubblica può realizzare un'opera di forte interesse per la collettività, che non grava sul bilancio pubblico con la garanzia di una qualità più elevata del progetto, rivolgendosi a soggetti specializzati. Inoltre, il rischio finanziario e di mercato possono essere posti a carico del privato.

Si possono invece riassumere i vantaggi del soggetto privato in tre punti:

- possibilità di attivare una elevata leva finanziaria, quindi la possibilità di aumentare l'indice di redditività sul capitale proprio investito;

- possibilità di condividere con altre imprese le proprie competenze e risorse per una maggiore qualità;

- possibilità di limitare la perdita economica in caso di fallimento del progetto.

Dall'altro lato, però, la finanza di progetto richiede maggiori costi di strutturazione dell'operazione in relazione ad una modalità di contratto più complessa (costi legali, assicurativi, tecnici e finanziari).

1.1.1 Andamento del mercato del PPP

Come emerge dalla Relazione svolta dal DIPE, negli ultimi 10 anni il mercato del PPP in Europa ha evidenziato un regresso in termine di numero di operazione e di valore. La nazione europea che ha registrato il valore più alto dell'operazione è la Turchia, con circa 5 miliardi di euro totali. Per quanto riguarda i settori, "trasporti" ha registrato il maggiore valore di contratti di finanziamento con 7 miliardi di euro, pur essendoci in questo settore il minor numero di contratti chiusi.

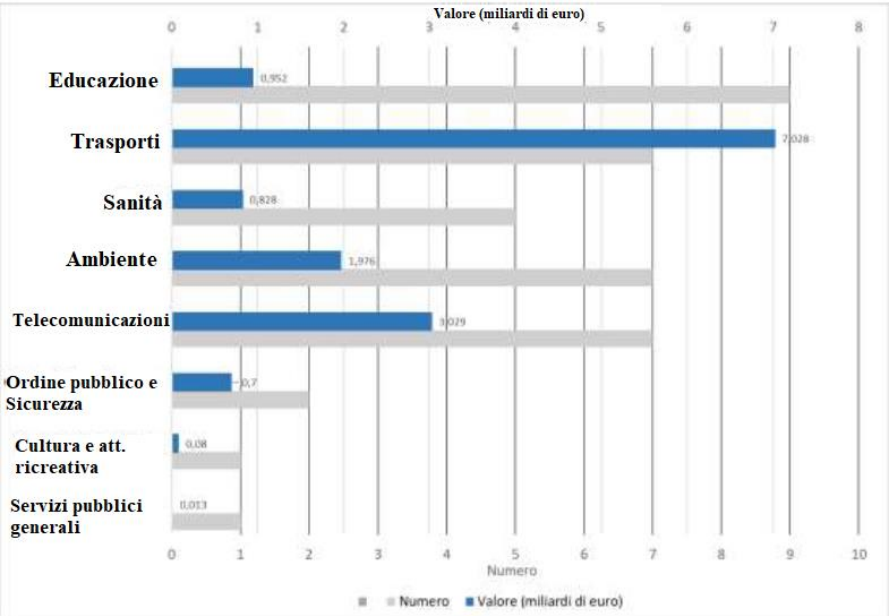

Figura 2 - Valore e numero di contratti chiusi per settore [Fonte: Elaborazioni DIPE su dati EPEC]

Per quanto riguarda l'Italia invece, in linea con quanto avviene nel resto dei paesi europei, i due settori maggiormente interessati da operazioni di partenariato pubblico privato sono quello dei trasporti, coincidente anche con il settore dominante al livello del valore del contratto, e quello della sanità. Dal confronto con i Paesi europei, il mercato italiano ha ancora un ampio margine di crescita, ma si deve comunque notare l'incremento significativo delle operazioni di PPP negli anni; infatti si passa da una presenza inferiore all'1% nel 2002 (circa 332 iniziative) ad una percentuale del 17% nel 2018. I primi quattro settori italiani in cui sono prevalentemente utilizzate iniziative di PPP, sono edilizia sociale e pubblica, impianti sportivi, arredo urbano e verde pubblico, energia e telecomunicazioni.

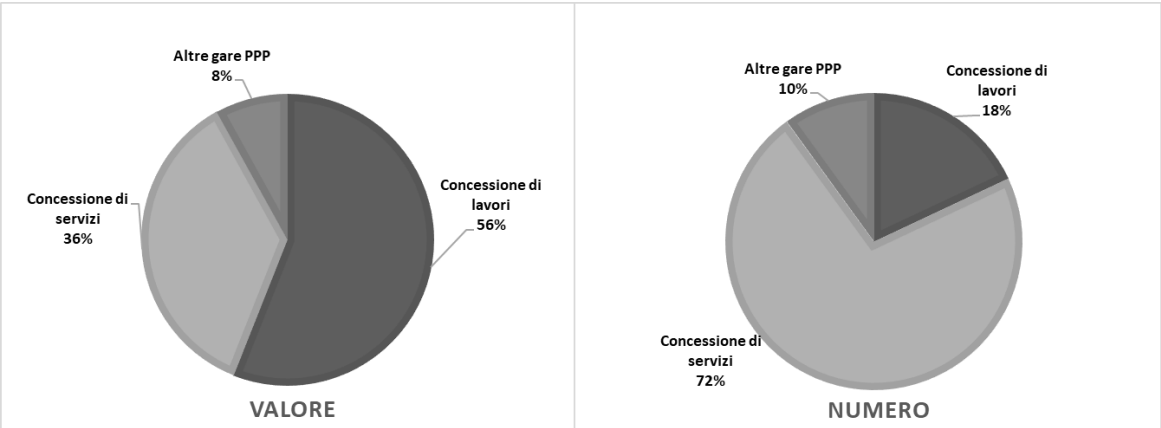

Figura 3 – Valore e numero dei contratti chiusi per tipologia [Fonte: Elaborazioni DIPE su dati EPEC]

Per quanto riguarda le tipologie contrattuali, quella a cui le pubbliche Amministrazioni fanno più ricorso è la concessione di servizi, mentre le concessioni di lavori sono caratterizzate da un valore più alto. Un altro dato importante che si nota dalla Relazione, è che sono i Comuni che maggiormente hanno fatto ricorso a procedure di partenariato pubblico privato, con una percentuale superiore all'80%. Si può dire che, a causa delle situazioni di crisi e della mancanza di risorse economiche pubbliche, gli amministratori locali hanno trovato nel PPP lo strumento utile per la costruzione di nuove infrastrutture e per fornire servizi più efficienti.

1.2 Soggetti coinvolti in una operazione di PPP

Le operazioni di PPP coinvolgono essenzialmente due tipologie di soggetti, le amministrazioni pubbliche e soggetti privati (e talvolta, le banche), che devono soddisfare bisogni differenti per essere in grado di collaborare in modo efficace. Ogni operazione ha ovviamente finalità comuni o complementari tra le parti ma, ad esempio, la principale esigenza di un partner privato è quella di ottenere un profitto ottimale, in base al rischio che si assume. Il soggetto principale delle operazioni di partenariato pubblico-privato è la Pubblica Amministrazione, che richiede la realizzazione dell'opera, a cui vengono presentate le varie proposte da parte dei partner privati.

- amministrazioni aggiudicatrici sono "l*e amministrazioni dello Stato; gli enti pubblici territoriali; gli altri enti pubblici non economici; gli organismi di diritto pubblico; le associazioni, unioni, consorzi, comunque denominati, costituiti da detti soggetti"* [D. Lgs 50/2016, *Articolo 3, comma 1, lettera a*]. Sono i soggetti a cui i promotori presentano le proposte di PPP;

- operatore economico, "*una persona fisica o giuridica, un ente pubblico, un raggruppamento di tali persone o enti, compresa qualsiasi associazione temporanea di imprese, un ente senza personalità giuridica, […], che offre sul mercato la realizzazione di lavori o opere, la fornitura di prodotti o la prestazione di servizi*" [D. Lgs 50/2016, *Articolo 3, comma 1, lettera p*]. Dopo l'affidamento della concessione, viene indicato come *concessionario*.

1.3 Procedure di affidamento

Alla base di una procedura di affidamento di un progetto in partenariato pubblico privato, c'è la necessita di assegnare a un soggetto privato (Concessionario) una concessione di costruzione e gestione di un'opera pubblica. "*Le amministrazioni aggiudicatrici provvedono all'affidamento dei contratti ponendo a base di gara il progetto definitivo e uno schema di contratto e di piano economico finanziario, che disciplinino l'allocazione dei rischi tra amministrazione aggiudicatrice e operatore economico.*" [D. Lgs 50/2016, *Articolo 181, comma 2*].

Il PF può essere svolto in due tipologie distinte:

- opere inserite nella Programmazione Triennale, l'Ente procede alla scelta del soggetto promotore e poi del concessionario utilizzando un sistema di doppia gara, nella quali è possibile inserire il meccanico di prelazione per l'aggiudicatario della prima fase di gara;

- opere non inserite nella programmazione triennale, quindi il privato può autonomamente presentare una proposta per la realizzazione e la gestione di opere pubbliche. Se la proposta viene considerata di pubblico interesse, è compito dell'amministrazione decidere se il progetto risulta idoneo a soddisfare le richieste pubbliche e, in caso positivo, diventa la base di una gara pubblica per la scelta del concessionario (sistema di gara unica), in cui il proponente ha un diritto di prelazione sui partecipanti.

Dal punto di vista procedurale, un'operazione di PF prevede la partecipazione attiva dei soggetti privati che investono il proprio capitale per la realizzazione di opere di interesse pubblico. Le amministrazioni aggiudicatrici possono affidare una concessione per la realizzazione di lavori pubblici o di pubblica utilità, richiedendo a base di gara il progetto di fattibilità, con l'utilizzo di risorse a carico dei proponenti, redatto da soggetti in possesso dei requisiti necessari. Il bando deve indicare quali sono i criteri utilizzati per la comparazione delle proposte, valutate con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Il soggetto che ha presentato la migliore offerta viene nominato promotore. Le amministrazioni aggiudicatrici sono tenute ad esercitare il controllo sull'attività dell'operatore economico, verificando principalmente la permanenza in capo ad egli dei rischi trasferiti. Nel caso in cui il progetto debba essere modificato per l'ottenimento dell'approvazione, il promotore si fa carico delle modiche progettuali. Se non accetta di modificare il progetto, l'amministrazione ha la facoltà di scegliere il concorrente successivo

in graduatoria, dando al promotore il diritto di rimborso delle spese per la predisposizione del progetto, di un valore non superiore al 2,5% del valore dell'investimento. La conferma della concessione avviene solo dopo l'approvazione del progetto definitivo e delle sue modifiche.

È obbligatorio presentare un progetto di fattibilità, una bozza di convenzione che regola i rapporti tra Ente concedente e concessionario per tutta la durata del contratto, il piano economico finanziario (asseverato da soggetti competenti, definiti nell'art.183 c.9 del Codice) e la specificazione delle caratteristiche del servizio e della gestione, come definito dall'art. 183 c.15 del D. Lgs. 50/2016.

I soggetti che possono prendere parte alla stipulazione del contratto devono essere in possesso dei requisiti per i concessionari, definiti dall'art.95 del D.P.R 207/2010. L'aggiudicatario deve mantenere per tutte le fasi della progettazione, fino all'esecuzione dell'opera, i requisiti dichiarati al momento dell'affidamento della concessione, in quanto la verifica può avvenire in qualsiasi momento della procedura.

1.4 Equilibrio economico finanziario

L'equilibrio economico finanziario è l'elemento fondamentale su cui si basa la valutazione di un contratto di PPP; viene definito dal Codice come "*contemporanea presenza delle condizioni di convenienza economica e sostenibilità finanziaria*". [D. Lgs 50/2016 – *Articolo 3, comma 1, lettera fff*]. Per *convenienza economica* si intende la capacità di ottenere un livello di redditività adeguato al capitale investito, la capacità cioè di creare valore nell'arco della durata della concessione. Per *sostenibilità finanziaria*, invece, si intende la capacità di generare flussi di cassa sufficienti a rimborsare il finanziamento iniziale.

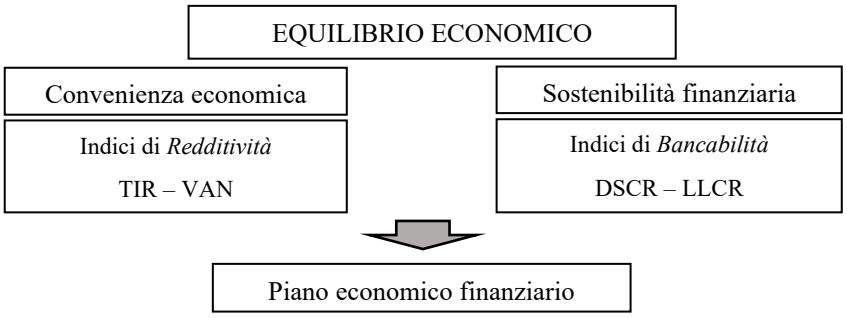

Figura 4 - Equilibrio economico finanziario

In altri termini, si ha un equilibrio economico finanziario quando si realizzano ricavi che coprono i costi derivanti dall'esecuzione del contratto. L'analisi della convenienza economica è basata sul confronto con indicatore di riferimento, VAN e TIR.

Si redige quindi un piano economico finanziario (PEF), che permette di individuare le capacità di reddito dell'attività che si intende gestire con la realizzazione del progetto, ottenendo indicatori che valutano l'equilibrio tra convenienze pubbliche e private. È un'analisi dei flussi di cassa, che prende in considerazione anche la fase di gestione. L'analisi viene effettuata confrontando specifici indicatori di riferimento.

- Indicatori di redditività:

  VAN – *Valore Attuale Netto*, valuta in termini monetari l'incremento di ricchezza e rappresenta il valore creato nell'arco della concessione;

  TIR – *Tasso Interno di Rendimento*, valuta, in termini percentuali, il rendimento del capitale investito.

- Indicatori di bancabilità, o sostenibilità finanziaria del progetto:

  DSCR – *Debt Service Cover Ratio*, indica l'importo del flusso di cassa disponibile in un determinato periodo;

  LLCR – *Long Life Cover Ratio*, indica il rapporto tra valore attuale netto del flusso di cassa disponibile per il periodo compreso tra la data di calcolo e la data finale del rimborso del finanziamento e la somma degli importi erogato e non rimborsati del finanziamento nella stessa data di calcolo.

- Indicatori per la redditività dell'operatore economico:

  VAN *dell'azionista*, rappresenta il valore creato dall'investimento effettuato dagli azionisti nel periodo del contratto, per verificare la redditività del progetto a favore dei soci della società di progetto considerando i flussi di cassa relativi al capitale proprio;

  TIR *dell'azionista*, ha lo stesso significa del TIR di progetto, ma rappresenta il tasso dei flussi di cassa associati agli azionisti, quindi quelli considerati per il calcolo del VAN degli azionisti.

- Soglia di accettabilità:

WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) – Costo medio ponderato, rappresenta il tasso di rendimento minimo che un fornitore di risorse richiede come compensazione per il proprio contributo di capitale. È ottenuto come media tra il costo di capitale proprio e il costo del debito.

$$WACC = C_e \cdot \frac{E}{(D+E)} + C_d \cdot (1-t) \cdot \frac{E}{(D+E)}$$

Equazione 1 - Calcolo del WACC

I pesi della formula del WACC sono valutati in base all'incidenza delle fonti di finanziamento sul capitale totale investito dall'impresa:

C_e – costo del capitale proprio

E – patrimonio netto (*Equity*)

D – indebitamento (*Debt*)

C_d – costo dell'indebitamento

t – aliquota fiscale sulle imposte sui redditi

In generale l'equilibrio economico finanziario è verificato quando il valore attuale netto dei flussi di cassa del progetto e quello degli azionisti sono pari a zero (VAN = 0). Se si verifica questa situazione, significa che il TIR di progetto coinciderà con il WACC, mentre il TIR degli azionisti sarà uguale al costo del capitale proprio (*Equity*).

Nel caso in cui non venga perseguito l'equilibrio economico-finanziario è previsto l'uso di un contributo pubblico, in fase di costruzione, in fase di gestione e alla fine della concessione, nel caso in cui sia necessario migliorare la redditività dell'investimento (ad esempio nel caso in cui i ricavi di gestione non permettano al partner privato di recuperare il capitale iniziale).

1.4.1 Piano economico finanziario (PEF)

Il piano economico finanziario è uno strumento di pianificazione di valutazione dei flussi di cassa, utilizzato per definire preventivamente lati positivi e rischi del nuovo progetto. Per

la costruzione del PEF è necessario individuare inizialmente la situazione tecnico-operativa, economica e finanziaria di un'azienda in un determinato momento. Non trattandosi di beni destinati alla vendita, è prevista nel calcolo una componente gestionale. Bisogna considerare il conto economico, lo stato patrimoniale e i flussi di cassa. La periodizzazione quindi è generalmente annuale in modo da poter considerare anche il tempo di ammortamento dei costi, dell'ordine di decine di anni.

Tra le ipotesi di input si devono tenere in considerazione i tempi (di gestione e di costruzione), i parametri macroeconomici (tasso di inflazione, variazioni dei tassi di interesse), gli interventi di manutenzione straordinaria (che possono influire sull'investimento e sugli oneri totali) e i ricavi di gestione (si deve considerare la manutenzione ordinaria, le spese e le imposte, il personale, ecc.).

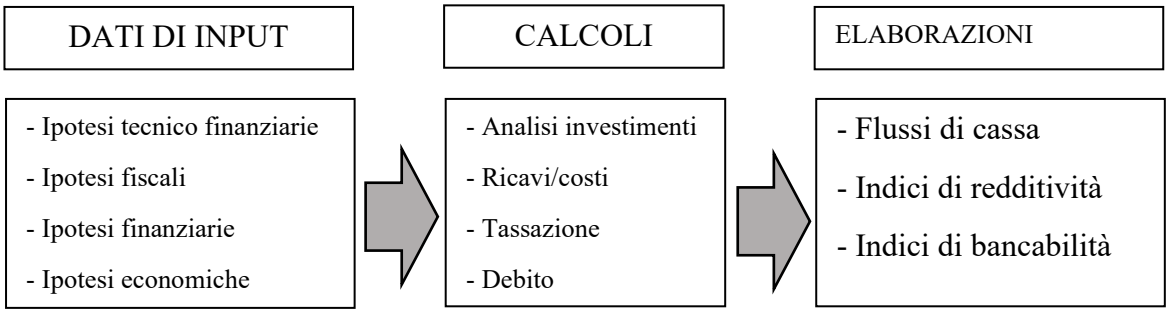

Figura 5 - Costruzione del PEF

Il piano economico-finanziario permette di individuare, partendo dai flussi di cassa derivanti da costi e ricavi, la capacità del progetto di ottenere una remunerazione che copre il capitale di rischio; deve contenere tutti gli elementi che permettano all'amministrazione aggiudicatrice di considerarlo come uno dei criteri di valutazione dell'offerta. In caso di giudizio negativo, la proposta non può essere ritenuta idonea.

Le operazioni di PPP hanno solitamente una durata abbastanza estesa; diventa prevedibile il fatto che, nel corso della concessione, si abbia uno scostamento di quanto previsto nel PEF preposto in fase di gara. Il Codice prevede una revisione del PEF in caso di "fatti non riconducibili all'operatore economico [ad esempio, cause di forza maggiore, che rendono faticosa l'erogazione dei servizi previsti] che incidono sull'equilibrio del piano economico finanziario", effettuando una nuova analisi degli indicatori di redditività e bancabilità descritti precedentemente. La verifica delle condizioni di equilibrio economico finanziario deve essere effettuata periodicamente, per l'intera durata contrattuale, nelle modalità previste dal contratto in fase di proposta.

CAPITOLO 2

LITERATURE SURVEY

Questo elaborato si concentra sui rischi associati ai contratti in PPP, utilizzando in particolare esempi presenti in letteratura. In questa parte si esegue la ricerca in letteratura di articoli scientifici, libri o *conference paper* che riguardano il tema del Partenariato Pubblico-Privato, per capire come viene trattato nel mondo, e quali metodi vengono utilizzati per la gestione del rischio. Si è utilizzato il sito www.scopus.com, un database di documenti riguardanti la ricerca scientifica, di qualsiasi campo di interesse.

2.1 Quanti documenti parlano di PPP in generale, per anno e per provenienza

- ricerca "***public private partnership***" (ultima consultazione - 20/01/2020)

14.995 documenti

- limite a: anni 2010 – 2020

11.827 documenti

- esclusione: medicine, biochemistry genetics and molecular biology, agricultural and biological sciences, earth and planetary sciences, pharmacology, immunology and microbiology, nursing, art and humanities, math, physics, neuroscience, health professions, psychology, chemistry, veterinary, dentistry

5.334 documenti

- limite a: article, conference paper, book chapter

4.766 documenti

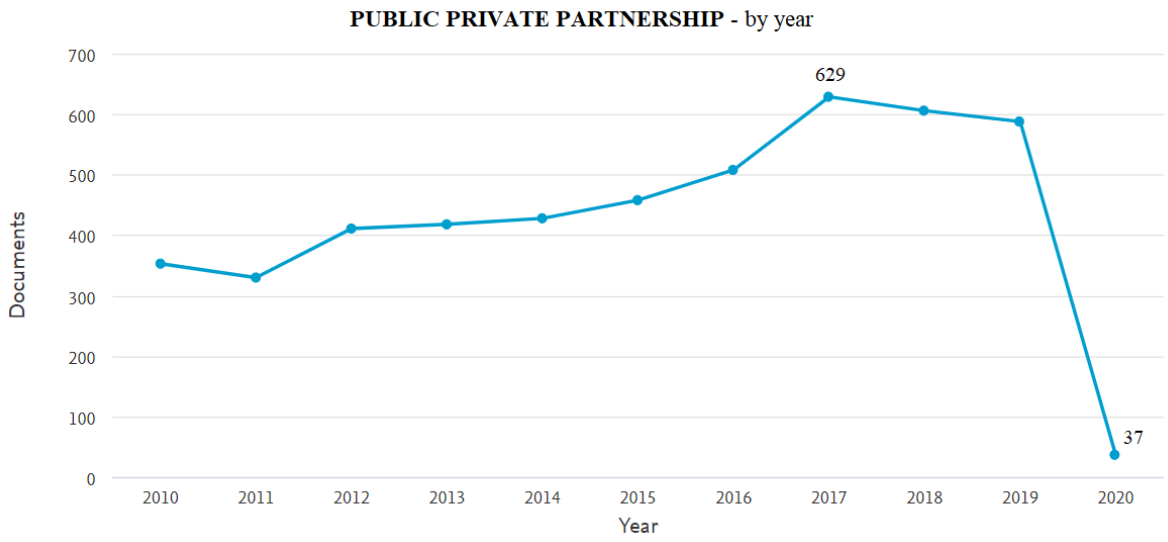

Figura 6 - Documenti sul PPP (per anno) [Fonte: www.scopus.com]

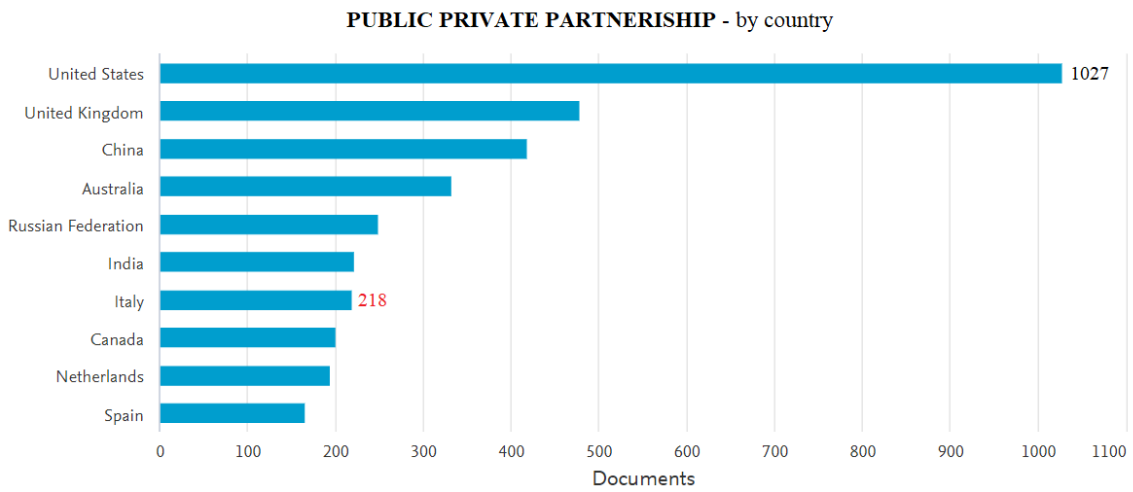

Figura 7 - Documenti sul PPP (per paese) [Fonte: www.scopus.com]

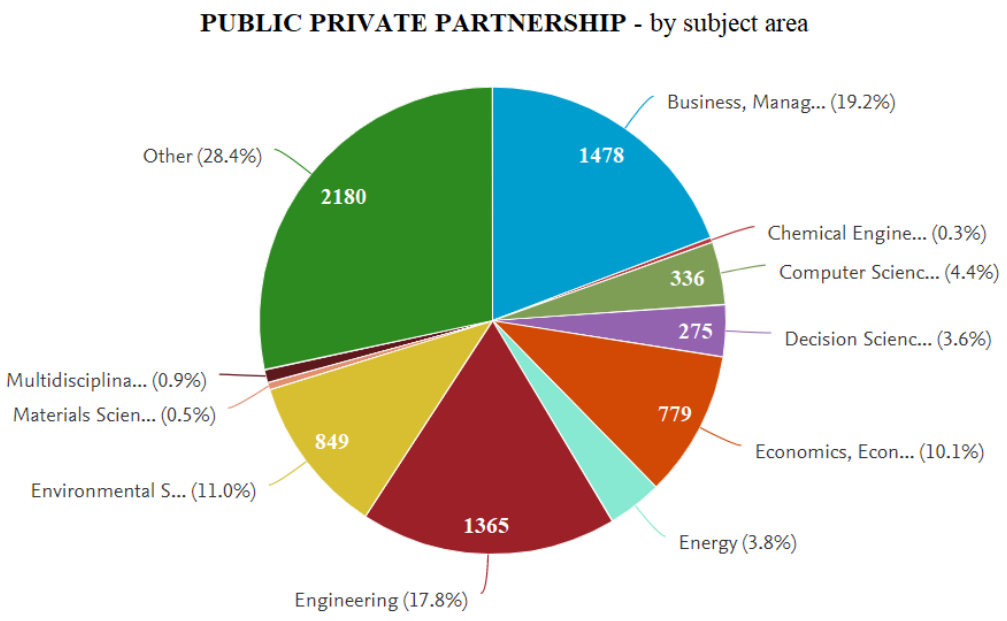

Figura 8 - Documenti sul PPP (per argomento) [Fonte: www.scopus.com]

La ricerca precedente è stata effettuata su scala mondiale. L'anno in cui è stato maggiormente trattato il tema del Partenariato Pubblico privato è il 2017 con 629 documenti. Si nota che nel decennio che va dal 2010 al 2020, il tema del PPP ha avuto un incremento nelle trattazioni scientifiche. Per fare questa considerazione, il valore dell'anno 2020 non viene considerato in quanto si tratta di un numero provvisorio. Dal punto di vista geografico, il paese che ha pubblicato più ricerche sul tema sono gli Stati Uniti, per dimensione del Paese e quindi numero dei progetti avviati nel territorio. L'Italia è al settimo posto con 218 documenti. La situazione del mercato del partenariato pubblico privato italiano è stata analizzata nel capitolo precedente.

Il PPP è un argomento trattato in tutti i campi del sapere. Ad esclusione degli argomenti non inerenti alla ricerca condotta in questo elaborato (categoria *Others* con 2180 documenti), le aree nella quale vengono applicati i concetti del PPP sono ingegneria e *business management*.

2.2 Quanti documenti parlano di rischi nel PPP

Per approfondire la ricerca, a partire dai 4.766 documenti precedenti, vengono utilizzate le parole chiave "*risk*" e "*risks*", per ottenere documenti che trattano il tema del rischio nel PPP. **2.298 documenti**

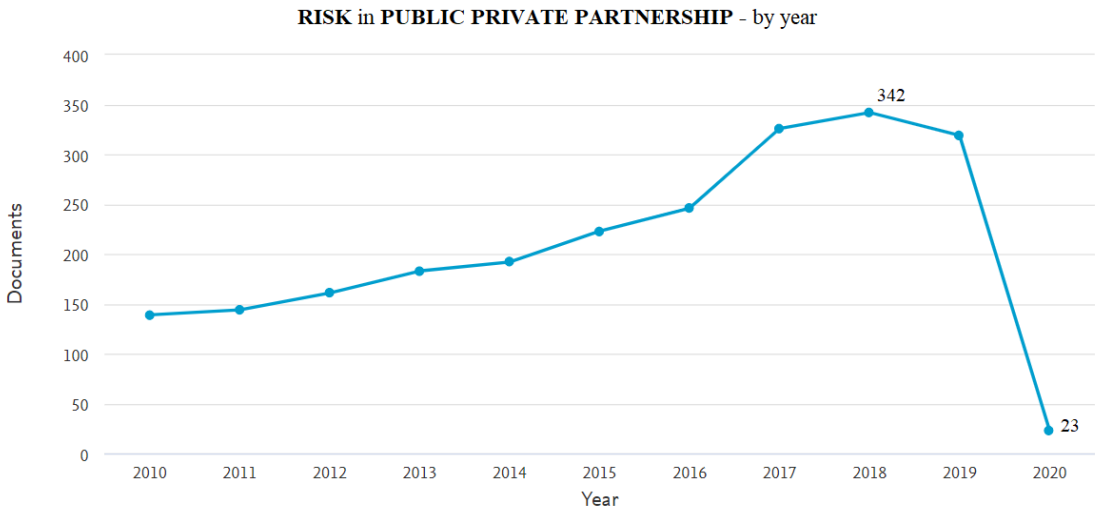

Figura 9 – Documenti sul rischio nel PPP (per anno) [Fonte: www.scopus.com]

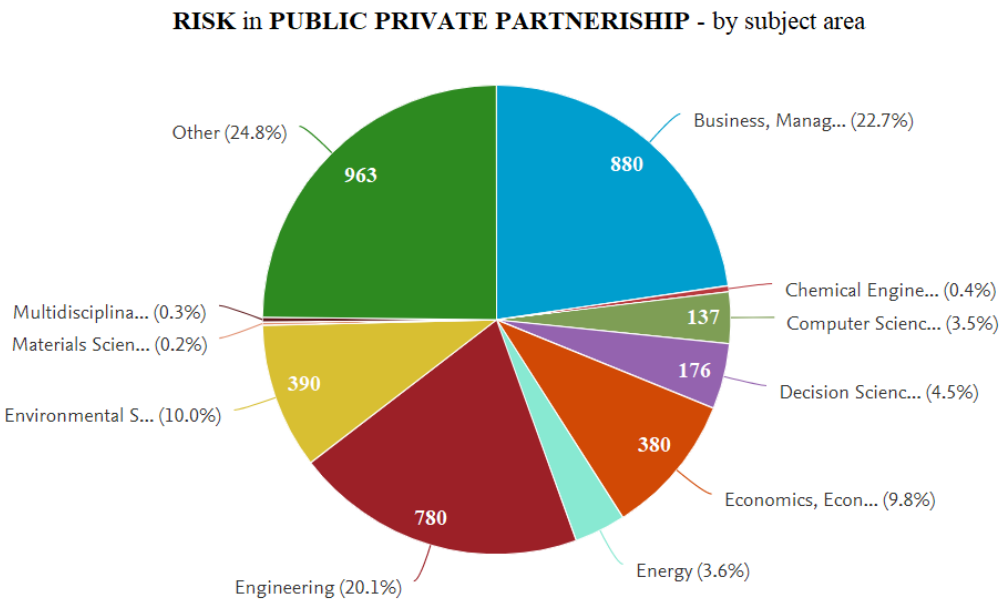

Figura 10 - Documenti sul rischio nel PPP (per argomento) [Fonte: www.scopus.com]

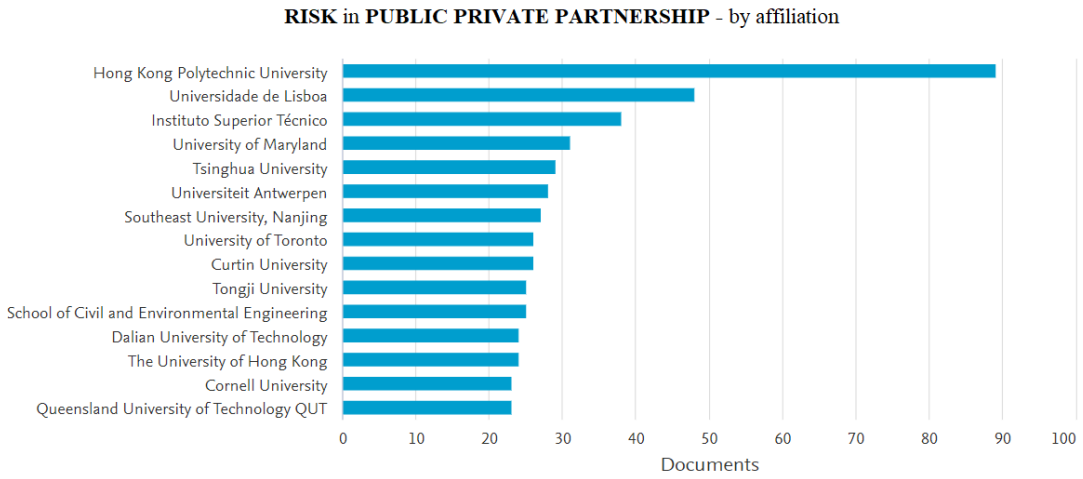

Figura 11 - Documenti sul rischio nel PPP (per università di provenienza) [Fonte: www.scopus.com]

In questa ricerca, il numero più elevato di documenti riguardanti il tema del PPP, con maggiore approfondimento sui rischi presenti, si ha nel 2018. Coerentemente con quanto ottenuto nella ricerca precedente, si ha una tendenza crescente nell'arco del decennio dal 2010 e i campi di interesse che trattano di più l'argomento sono gli stessi (ingegneria e *business management*). Concentrando la ricerca sulle università di provenienza, si nota che il PPP è stato analizzato principalmente da paesi asiatici (es. Hong Kong, Tongji, ecc.).

All'estero il PPP si applica prevalentemente alle infrastrutture, così la ricerca prova a indagare la situazione europea. Dei 4.766 documenti sul PPP, si considerano solo quelli dei 28 paesi dell'**Unione Europea** (Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Croazia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Ungheria)

839 documenti

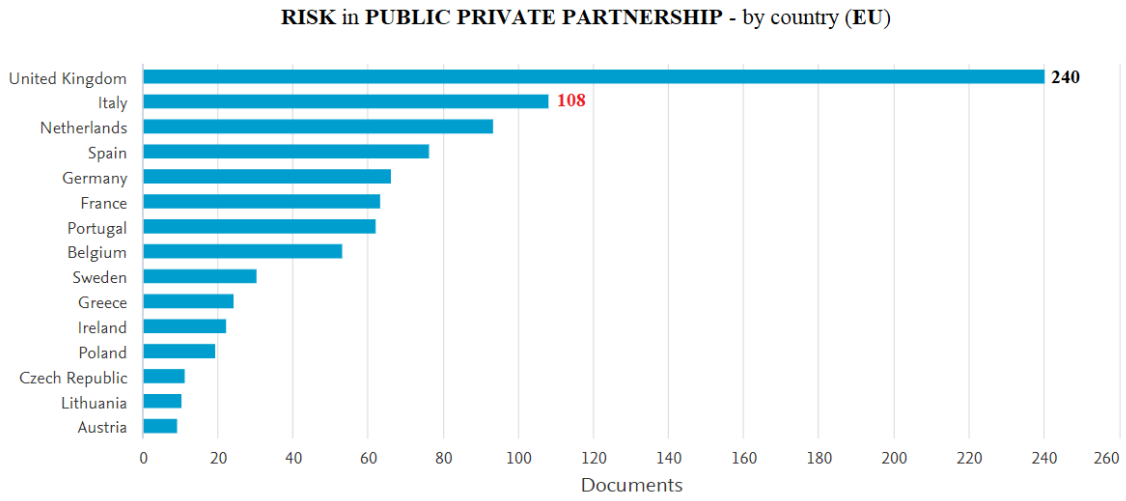

Figura 12 - Documenti sul rischio nel PPP in Europa [Fonte: www.scopus.com]

Dal grafico precedente si vede che il Paese in cui viene maggiormente trattato il tema del rischio nel PPP è il Regno Unito, primo paese che ha utilizzato questa forma di contratto per la realizzazione del tunnel della Manica nel 1994 con capitale privato, trovando poi applicazioni in ogni tipo di ordinamento nazionale. Infatti, l'Italia, ad esempio, è al secondo posto.

2.3 Quanti documenti parlano di metodi di analisi dei rischi nel PPP

Per individuare le tecniche di analisi del rischio, tra i 4.766 risultati sul PPP, si inseriscono le parole chiave "*risk analysis*" - "*risk assessment*" - "*risk method*" - "*risk evaluation*" - "*risk management*". Al fine di ottenere un maggior numero di risultati, la ricerca viene svolta su scala mondiale.

596 documenti

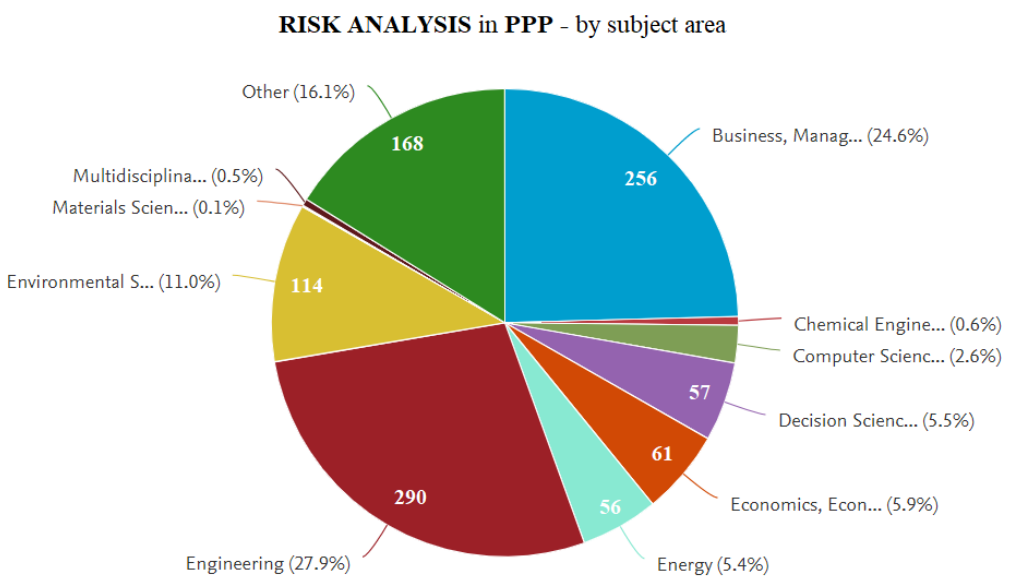

Figura 13 - Documenti sui metodi di valutazione del rischio (per argomento) [Fonte: www.scopus.com]

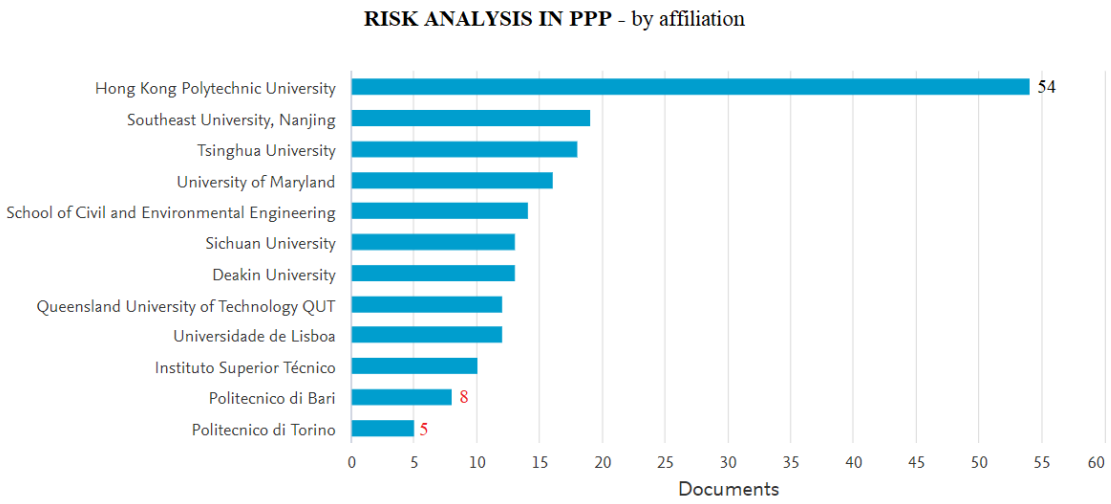

Figura 14 - Documenti sull'analisi del rischio (per università di appartenenza) [Fonte: www.scopus.com]

Come detto precedentemente per la ricerca sui rischi nel PPP, i metodi di analisi del rischio trovano applicazione nei campi dell'ingegneria e del business management. Le università asiatiche sono quelle che affrontano maggiormente il tema dei metodi di analisi, in quanto cercano di trovare metodi alternativi e integrati. L'Italia (Politecnico di Torino e Politecnico di Bari) è invece in coda, nonostante il tema del PPP venga largamente trattato. Se invece

si analizza la situazione europea, al primo posto c'è il Regno Unito con 57 documenti, seguita dall'Italia con 22 documenti.

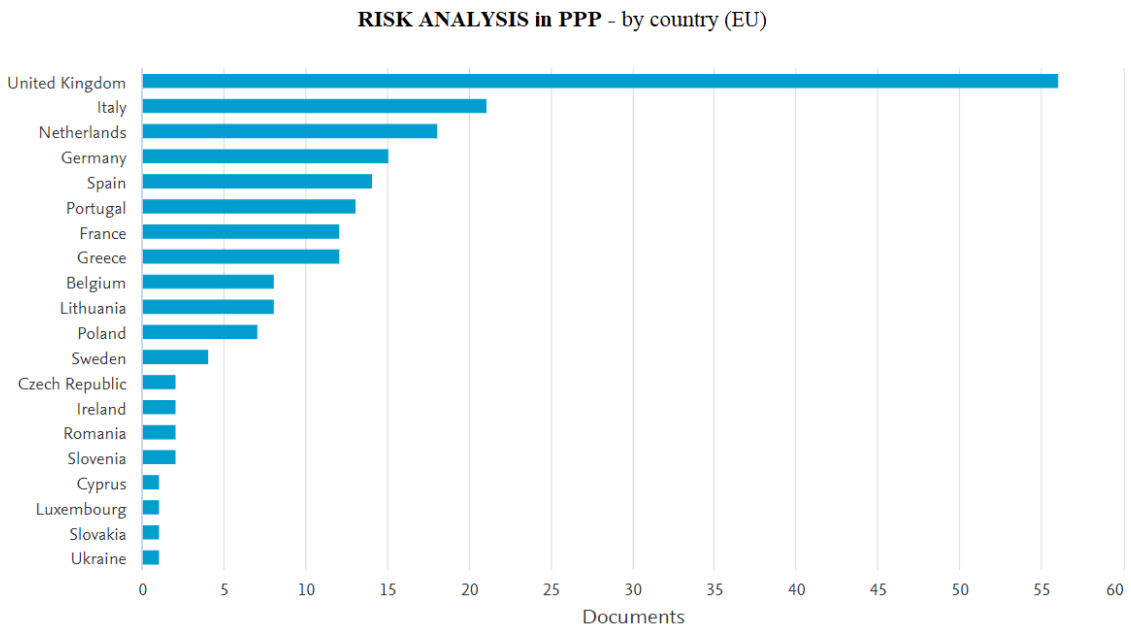

Figura 15 - Documenti sull'analisi del rischio in Europa [Fonte: www.scopus.com]

2.4 Quanti parlano di matrice dei rischi

Fra i 596 documenti sui metodi di valutazione del rischio, la ricerca è stata approfondita per sapere se i metodi utilizzati negli articoli portassero alla costruzione di una matrice dei rischi. Si inserisce quindi la parola chiave "*matrix*", effettuando la ricerca su scala mondiale.

31 documenti

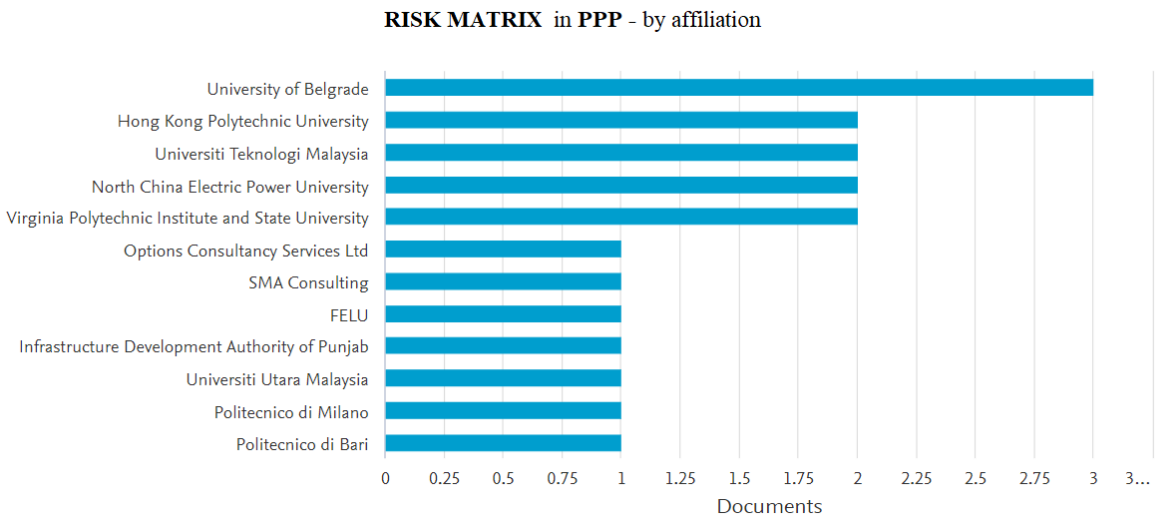

Figura 16 - Documenti sulle matrici dei rischi (per università di appartenenza) [Fonte: www.scopus.com]

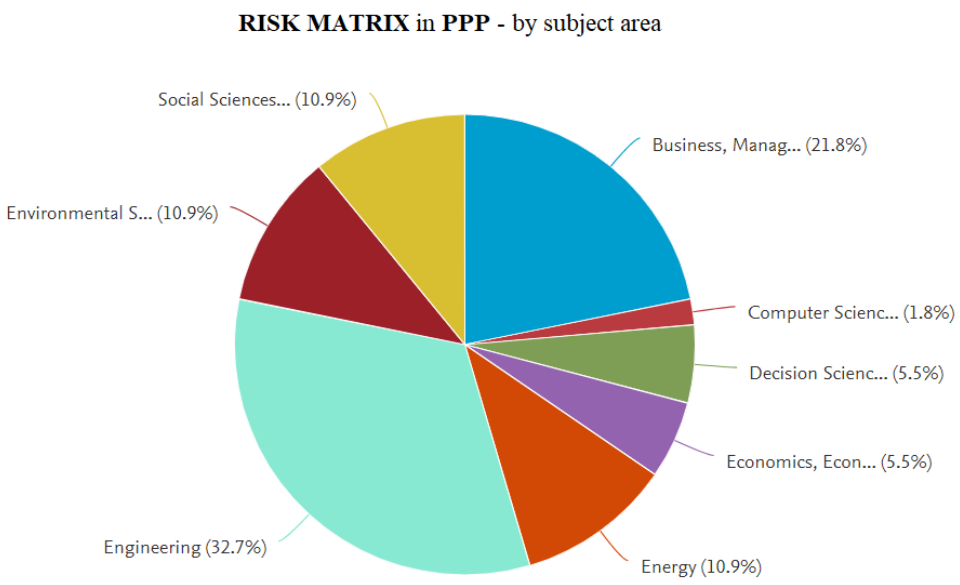

Figura 17 - Documenti sulle matrici dei rischi (per argomento) [Fonte: www.scopus.com]

Si ottiene che i documenti che discutono della costruzione della matrice dei rischi sono molto pochi. Ad esempio, nonostante l'università di Hong Kong sia quella nella quale viene largamente trattato il tema del partenariato pubblico privato, sono presenti in letteratura solo 2 documenti sulla matrice dei rischi.

Al fine di ottenere informazioni utili per l'applicazione di un metodo di analisi dei rischi in un progetto di esempio nel territorio piemontese, sono stati analizzati in modo più approfondito alcuni dei documenti ottenuti dalle ricerche precedenti.

2.5 Con quali metodi valutano i rischi

La quasi totalità dei documenti riguarda progetti in PPP di impianti di depurazione, impianti idrici, ponti su fiumi, autostrade. Per ognuno dei progetti sono stati esaminati i fattori di rischio presenti più frequentemente. Ogni progetto ha tipologie e profili di rischio propri, distribuiti nelle diverse fasi operative, differenti per caratteristiche e tempi.

[1] IMPIANTI DI DEPURAZIONE ACQUE

Rischio di cambiamento politico e normativo
Rischio di credito pubblico
Rischio di reddito del progetto
Rischio normativo del governo
Rischio di violazione di leggi e regolamenti
Rischio ambientale
Mancanza di esperienza di cooperazione in PPP
Rischio operativo e di manutenzione
Meccanismo imperfetto di adeguamento dei prezzi
Rischio di opposizione pubblica
Rischio del processo di approvazione del governo
Cambiamenti della domanda di mercato
Rischio di corrispondenza delle strutture

[2] IMPIANTI IDRICI

Rischio del processo di approvazione del progetto
Rischio di pianificazione e progettazione
Cambiamenti della domanda di mercato
Superamento dei costi di costruzione
Rischio di opposizione pubblica
Rischio finanziario

Meccanismo imperfetto di adeguamento dei prezzi

Distribuzione dei profitti irrazionale

Rischio di credito pubblico

Rischio di cambiamento politico e normativo

Mancanza di esperienza in cooperazione in PPP

Rischio di corruzione del governo

Rischio di reddito del progetto

[3] PONTI

Rischio di pianificazione e progettazione

Superamento dei costi di costruzione

Cambiamenti della domanda di mercato

Rischio di progetto parallelo competitivo

Rischio contrattuale

Rischio economico

Rischio di credito pubblico

Rischio di offerta del progetto

Rischio normativo del governo

Rischio della qualità di costruzione

Rischio di corrispondenza delle strutture

[4] AUTOSTRADE

Rischio di offerta (di mercato)

Rischio normativo del governo

Rischio di cambiamento politico e normativo

Rischio finanziario

Rischio di coordinamento organizzativo

Rischio di violazione di leggi e regolamenti

Rischio di pianificazione e progettazione

Rischio di modifica del progetto

Rischio di credito pubblico

Superamento dei costi di costruzione

Rischio del programma di costruzione (aumento dei tempi)

La tabella seguente è stata ottenuta mettendo insieme i rischi presenti nella maggior parte dei progetti casi studio degli articoli, di cui occorre tenere conto in linea generale nella progettazione e gestione di un'opera, indicando a quale soggetto pubblico o privato è stato allocato il rischio.

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE	[1]	[2]	[3]	[4]	Privato	Pubblico
Rischio del processo di approvazione del governo						x
Rischio di corrispondenza delle strutture					x	
Rischio ambientale					x	x
Rischio di modifica del progetto					x	x
Rischio di pianificazione e progettazione					x	
Rischio di progetto parallelo competitivo						
Rischio di non raggiungimento della qualità					x	
Rischio di errata valutazione dei costi di costruzione					x	
Rischio di superamento dei tempi del cronoprogramma					x	
Rischio di forza maggiore					x	x
Rischio contrattuale					x	x
GESTIONE						
Rischio di gestione e di manutenzione					x	
Rischio di reddito del progetto					x	
Rischio della domanda di mercato					x	
COMUNI						
Rischio di cambiamento politico e normativo						x
Rischio di coordinamento organizzativo					x	
Rischio di violazione di leggi e regolamenti					x	
Rischio di credito pubblico						x
Rischio di opposizione pubblica						x
Rischio economico					x	
Rischio finanziario					x	x

Tabella 1 - Allocazione dei rischi più comuni della letteratura

I rischi che si presentano in tutte e quattro le tipologie di progetto analizzate sono il rischio di errata valutazione dei costi di costruzione, che comporta un aumento dei costi sostenuti dal partner privato a cui è allocato il rischio, e il rischio di credito pubblico, dovuto a una errata valutazione del servizio di gestione. Alcuni dei rischi sono stati allocati ad entrambi i settori, come ad esempio il rischio di forza maggiore, in quanto sono indipendenti dalle conoscenze e capacità dei settori.

A causa della specificità dei rischi di un progetto in PPP, è necessario esaminare rischi specifici per ogni diverso tipo di progetto. Negli anni sono stati introdotti diversi metodi di identificazione del rischio nel PPP, che si possono riassumere in tre categorie principali, nella tabella di seguito.

METODO	VANTAGGI	SVANTAGGI
intervista	gli esperti intervistati hanno esperienza e conoscenza che porta a una rapida identificazione del rischio	analisi soggettiva dell'esperto
ricerca in letteratura	identificazione del rischio semplice e a basso costo ma non è possibile dare un parere soggettivo	è necessario considerare l'influenza di diverse aree di interesse, paesi e altri rischi
caso di studio	esempi della situazione attuale	la raccolta di materiale richiede molto tempo e soldi

Tabella 2 – metodi di identificazione dei rischi [Fonte: articolo "*Identifying significant risks and analyzing risk relationship for construction PPP Projects in China using integrated FISM-MICMAC approach*"]

Attraverso la ricerca in letteratura si può notare quanto sia vasta la scelta tra i vari metodi di indagine del rischio in progetti di PPP. In particolar modo, si nota che sono presenti metodologie che portano ad analisi quantitative, e quindi permettono un confronto numerico, oppure, attraverso interviste a studiosi esperti si ottengono delle analisi perlopiù soggettive, per le quali è necessario trovare metodi di comparazione per ottenere risultati più oggettivi. Si riportano, di seguito, alcuni dei nomi di metodologie più utilizzate nella ricerca in letteratura.

Fuzzy Analytic Network Process (F-ANP) and Interpretative Structural Modeling (ISM) methods, Fuzzy Analytic Hierarchical Process (F-AHP) method, integrated model of sensitive analysis and Monte Carlo simulation, Fault Tree Analysis (FTA) and Fuzzy-FTA, Fuzzy synthetic evaluation analysis, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Fuzzy comprehensive evaluation model, by matter-element theory, the gray system method

METODO	PRO	CONTRO
Matrice dei rischi	Classifica gli elementi usando analisi qualitativa	Classificazione limitata a un numero di categorie
Metodo di simulazione Monte Carlo	Aggrega effetti derivati da parametri incerti	Dati devono essere precisi, richiede tempo e soldi
Metodo dell'analisi dello scenario di rischio	Verifica le conseguenze di diversi scenari	Richiede molti dati per la valutazione
Analytic Hierarchy Process	Classifica gli eventi di rischio con controlli a coppie	Applicabile a un numero limitato di coppie
Logica fuzzy	Utilizzabile in caso di assenza di dati probabilistici	Impreciso
Failure Mode and Effects Analysis	Identifica eventi critici di rischio	Analizza una sola conseguenza per volta
Fault Tree Analysis	Trova i punti deboli di tutto il sistema	Facile errore di valutazione

Tabella 3 - Metodologie per l'analisi dei rischi più usate

Dalla ricerca dei documenti sulla matrice dei rischi, sono stati scelti quattro documenti per identificare quale dei rischi è stato valutato più influente sul fallimento del progetto.
L.M. Sastoque, C. A. Arboleda, J. L. Ponz utilizzano 3 metodi per la valutazione del rischio nei progetti in PPP per le infrastrutture sociali nei paesi in via di sviluppo
: - analisi fattoriale;
- fuzzy sets;
- fuzzy synthetic evaluation.
Dopo aver definito una lista di rischi, ad ognuno di essere è stato assegnato un peso attraverso questionari e interviste ad esperti del settore. Da questa valutazione hanno ottenuto che i rischi più alti sono dati da:
- mancanza di una legislazione chiara;
- incertezza sull'allocazione dei rischi;
- fattibilità economica.
Xiaoyan Jiang, Kun Lu, Bo Xia, Yong Liu and Caiyun Cui utilizzano i metodi:
- F-ISM (*Fuzzy Interpretative Structural Modeling*);
- MICMAC (*Matrix Impact Cross-reference Multiplication Applied to a Classification*) ottenendo che i fattori di rischio più critici e fondamentali nel sistema di rischio sono:
- rischio ambientale;
- rischio di opposizione pubblica;
- rischio di ritardi nel processo di approvazione;
- rischio di pianificazione e progettazione.

Valipour, A., Yahaya, N., Noor, N. M., Valipour, I., e Tamošaitienė, J. hanno utilizzato un metodo integrato SWARA-COPRAS applicato a un progetto di impianto di depurazione acque, ottenendo una tabella di rischi, valutati in ordine decrescente. I fattori di rischio più influenti sono:

- rischio di interferenze politiche;
- rischio di corruzione politica (che può essere data da falsificazione volontaria, offerte non bilanciate, ecc.) che porta a scarsa qualità e aumento delle tariffe di gestione.

Ahmad et al. si sono occupati dei rischi nei progetti di partenariato malesi con la costruzione di matrici frequenza – impatto, ottenendo che i rischi più critici sono:

- rischio di errata valutazione dei tempi e costi di costruzione;
- rischio di ritardi nel processo di approvazione;
- rischio finanziario.

In conclusione, si può affermare che in un progetto di partenariato pubblico privato sono presenti le stesse famiglie di rischi, ma che il fallimento del progetto dipende da diversi elementi caratterizzanti il particolare progetto, come ad esempio dimensioni e contesto, senza particolari ricorrenze verso una tipologia di rischio specifico.

CAPITOLO 3

ANALISI DEI RISCHI

Una delle più importanti caratteristiche del partenariato pubblico privato è la condivisione di responsabilità, rischi e benefici tra partner privato e partner pubblico. Per qualsiasi operazione di PPP, deve essere preventivamente svolta l'analisi dei rischi connessi alla costruzione e gestione dell'opera, così da trasferire in modo ottimale i rischi in capo all'operatore economico, condizione necessaria perché si parli di partenariato pubblico privato. Solamente aderendo ai principi del *risk management* diventa più facile ottenere un migliore controllo sui fondi pubblici da parte della Pubblica Amministrazione e consentire al privato un'esposizione al rischio più consapevole.

Le risorse utilizzate in una operazione di PPP possono essere considerate non pubbliche solo se viene sostenuta da parte dell'operatore privato la maggior parte dei rischi della procedura. Per questo motivo, l'analisi della ripartizione del rischio tra partner privato e Pubblica Amministrazione deve avere un ruolo centrale. Per poter effettuare la più corretta allocazione del rischio, è necessario preventivamente definire tutti i rischi.

Il *risk management* è un processo di gestione del rischio che ha l'obiettivo di ridurre i possibili danni prima che si verifichino. Il rischio può essere inteso come l'incertezza dei risultati attesi in un considerato intervallo di tempo. In generale i rischi associati alle diverse fasi della progettazione sono:

- associati alla fase di realizzazione (rischio di costruzione);
- associati in generale al progetto (rischio finanziario, rischio normativo, rischio politico, ecc.);
- associati alla gestione economica (rischi *post-completion*, e cioè rischio di disponibilità, rischio di domanda).

Una volta identificati e valutati i rischi di progetto si decide quali di essi è opportuno trasferire al privato, quali mantenere in capo alla PA e quali suddividere tra le parti, e quindi le percentuali di suddivisione. Il risultato è quello di ottenere una valutazione quantitativa capace di dare una misura al rischio esistente. Una volta definita l'entità del rischio, è necessario valutarne l'accettabilità definendo un limite di accettabilità, non essendo

possibile l'azzeramento della probabilità di accadimento, a causa della insostenibilità economica di questo procedimento, e anche considerando che è sempre presente una parte di rischi dovuta a eventi naturali non precisamente prevedibili.

La probabilità di accadimento di un evento legato al rischio considerato è, in una certa misura, connessa alla capacità del soggetto a cui è stato allocato il rischio di attuare azioni di prevenzione e mitigazione volte alla minimizzazione del rischio stesso. Una corretta operazione di PPP deve mirare ad una allocazione ottimale dei rischi. In tale ottica, l'amministrazione deve valutare l'effettiva capacità degli attori del procedimento di farsi carico dei rischi allocati, tenendo in considerazione le competenze tecniche specialistiche, le conoscenze ed esperienze precedenti.

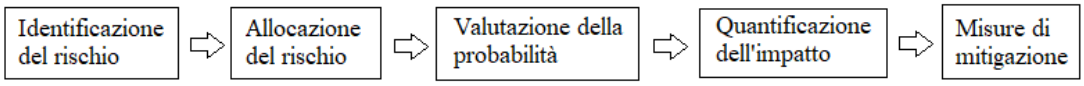

Figura 18 - Processo di Risk Management

3.2 Identificazione dei rischi

I modi di identificare i rischi nei progetti di infrastrutture sono molti. Principalmente si utilizzano metodi qualitativi, ricerche in letteratura, analisi di casi studio, interviste agli esperti del settore attraverso questionari e altri metodi di indagine. L'identificazione del rischio può essere suddivisa in base a fonti di rischi, livello di rischio, fasi di progetto e categoria. Attualmente, i metodi più utilizzati per l'identificazione del rischio sono in base al **livello di rischio**, Li Bing (2015) ha suddiviso i rischi in tre livelli (macro, *meso* e micro rischi), e in base al **ciclo di vita** del progetto, Li Li (2016) ha suddiviso nei progetti i rischi presenti in fase decisionale, fase contrattuale, fase di finanziamento, fase di costruzione e fase operativa.

A causa della lunga durata dello sviluppo e dell'elevato investimento della maggior parte dei progetti pubblici, sono molti i rischi ai quali il settore pubblico e privato sono esposti nel PPP. Inoltre, la durata, i costi e la qualità inizialmente previsti per il progetto, possono cambiare durante l'evoluzione delle diverse fasi. Per questo motivo, il tipo di rischio e la sua entità sono associati direttamente alle caratteristiche del progetto. Nonostante questa

diversità, nei progetti in PPP di infrastrutture, sono principalmente presenti otto categorie di rischi, in qualsiasi progetto:

- rischi tecnici, causati da errori di progettazione ingegneristica;
- rischi di costruzione, associati a superamento dei costi previsti o ritardi che si hanno in fase di costruzione;
- rischi finanziari, dovuti ai cambiamenti dei prezzi sul mercato, alle variazioni della domanda;
- rischi legali, riferiti a modifiche normative che potrebbero influenzare il corso del progetto;
- rischio ambientale, che potrebbero influenzare la sostenibilità del progetto;
- rischi operativi, causati da cattiva progettazione, errori nella costruzione e cambiamenti di caratteristiche operative previste, durante la fase operativa;
- rischi naturali, dovuti a eventi di forza maggiore quali eventi naturali, incendi, alluvioni, guerre, ecc.

La caratteristica principale che si deve avere affinché si possa parlare di partenariato pubblico-privato è il trasferimento dei rischi economici in capo all'operatore economico e quindi il mantenimento di questi per tutta la durata del contratto.

In particolare, ci si riferisce all'allocazione:

- del *rischio operativo*, definito all'*articolo 3, comma 1, lettera zz)* del Codice, legato alla fase di gestione dei lavori. "*La parte del rischio trasferita all'operatore economico deve comportare una reale esposizione alle fluttuazioni del mercato tale per cui ogni potenziale perdita stimata subita dall'operatore economico non sia puramente nominale o trascurabile*". Include le perdite che portano al mancato raggiungimento dell'equilibrio economico finanziario nel corso dell'esecuzione;
- del *rischio di costruzione*, definito all'*articolo 3, comma 1, lettera aaa)* del Codice, legato alla fase di costruzione dell'opera, e quindi ritardi di consegna, non rispetto degli standard di progetto, "*inconvenienti di tipo tecnico nell'opera e mancato completamento dell'opera*";
- del *rischio di disponibilità*, definito all'*articolo 3, comma 1, lettera bbb)* del Codice, legato alla possibilità, da parte del concessionario, di fornire le prestazioni prestabilite nel contratto;
- del *rischio di domanda*, definito all'*articolo 3, comma 1, lettera ccc)* del Codice, legato alla presenza dell'utenza, indipendentemente dalla qualità del servizio.

Durante tutta la durata del contratto di PPP possono però presentarsi altri rischi, secondo quanto riportato nelle Linea Guida ANAC n.9:

- *rischio di commissionamento*, se l'opera non ottiene il consenso da parte del pubblico;
- *rischio amministrativo*, dovuto a un ritardo/rifiuto per l'ottenimento delle autorizzazioni;
- *rischio ambientale*, dovuto ad esempio alle condizioni del terreno oppure a ritardi a causa di ritrovamenti archeologici;
- *rischio finanziario*, che può ad esempio essere dovuto ad un aumento dei tassi di interesse;
- *rischio esproprio*;
- *rischio di interferenze*.

La *Decisione Eurostat* del 11/02/2004 indica che un'opera realizzata in forma di partenariato pubblico privato non incide sul bilancio pubblico se il partner privato assume il rischio di costruzione e ***almeno*** uno degli altri due rischi principali (rischio di disponibilità e rischio di domanda). L'allocazione al privato del rischio di costruzione è un obbligo della *Decisione*. Il trasferimento anche del rischio di domanda e/o del rischio di disponibilità rende un contratto tipico del PPP rispetto a un appalto tradizionale. Il rischio di costruzione è trasferito al privato ponendo nel contratto l'incremento dei costi di costruzione a carico del concessionario. Il rischio di disponibilità è trasferito se una parte consistente del capitale del partner privato è a rischio. Il rischio di domanda è trasferito se il pubblico non effettua pagamenti indipendenti dal livello di domanda dei servizi dall'utente.

Si può dire, riassumendo, che l'operatore economico privato debba farsi carico delle eventuali conseguenze derivanti da un andamento negativo della procedura, e quindi del rischio di non poter recuperare l'investimento iniziale e i costi sostenuti in corso. Per questo motivo, la valutazione del rischio non può essere fatta in modo superficiale, ma anzi bisogna gestire il rischio e allocarlo al soggetto che presenta la maggiore capacità di sostenerlo e controllarlo.

3.3 Metodologie per l'analisi dei rischi

Importante per la valutazione dei rischi è definire un modello di valutazione che sia efficiente per la valutazione dei fattori di rischio, per la definizione di livelli di rischio, per l'identificazione di relazioni e interdipendenza tra i fattori di rischio, e per la loro classificazione. I metodi utilizzati si possono genericamente dividere in tre categorie: qualitativi, quantitativi e integrati.

I *metodi qualitativi* sono quelli basati su interviste e questionari a figure esperte del settore, e quindi su valutazioni soggettive dei rischi, utili per definire una lista di rischi da tenere in considerazione e identificarne impatto e probabilità di accadimento. I fattori di rischio possono non essere valutati con obiettività, in modo accurato e corretto, e devono essere combinati con altri metodi.

I *metodi quantitativi* si usano principalmente come implementazione dell'analisi qualitativa, per un'indagine più approfondita dei rischi precedentemente individuati. Lo scopo è quello di dare un valore all'impatto di un evento rischioso e alla sua probabilità di accadimento, in modo da poterlo gestire e minimizzare nel miglior modo possibile. Se con il metodo qualitativo, viene dato un "parere soggettivo" su questi due fattori, in questo caso si esegue una ricerca di dati esistenti ed esperienze pregresse per analizzare le probabilità di accadimento di un rischio, e le sue effettive conseguenze (aumento dei costi/tempi, mancata qualità nella consegna del lavoro, ecc.). Anche in questo caso però, data la variabilità dei rischi, l'utilizzo di un solo metodo quantitativo potrebbe portare a risulti poco accurati. In alcuni casi, l'applicazione di metodi di analisi tradizionali ha portato al fallimento del progetto in quanto non erano state considerate le relazioni tra i rischi e loro interdipendenza, l'incertezza dei dati analizzati e la soggettività delle risposte degli esperti. Molti studiosi hanno quindi preferito la combinazione di più metodi di valutazione dei rischi, ottenendo *metodi integrati*.

Fischer et al. (2010) e Li (2003) hanno spiegato che un'operazione di *Risk management* di un progetto di partenariato pubblico privato prevede cinque passaggi:
- identificazione dei rischi presenti nel progetto;
- analisi e valutazione del rischio: utilizzo di un software o di una matrice dei rischi;
- allocazione del rischio;
- mitigazione del rischio: sviluppo di strategie per la minimizzazione dei rischi;
- monitoraggio del rischio: gestione attraverso un database.

L'analisi dei rischi può essere effettuata considerando una base temporale con lo scopo di analizzare le fasi del progetto cronologicamente (progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione), oppure su base tipologica e quindi identificando le diverse categorie di rischio che possono manifestarsi in un progetto (di costruzione, finanziari, ambientali, tecnici…).

Lo standard **ISO 31000:2018** sul *Risk management* ha come obiettivo la definizione di condizioni che permettano di individuare e gestire tutti i rischi possibili e prevenirne le conseguenze, nell'ambito di ogni attività. Spiega che un processo di gestione del rischio comporta tre fasi: *risk assessment*, *risk treatment* e *risk monitoring* (valutazione, trattamento, monitoraggio). La fase di *risk assessment* comprende il processo di identificazione, analisi e valutazione del rischio. La fase di *risk treatment* comprende la formulazione di politiche di minimizzazione del rischio, anche grazie ad una giusta allocazione del rischio. Nella fase di *risk monitoring* si intende fare una revisione continua delle strategie per valutare e trattare i rischi.

Il processo di valutazione del rischio è quello più importante in una procedura di partenariato pubblico privato, aiuta i project manager a stabilire adeguati termini contrattuali in modo da definire chiaramente dall'inizio diritti e responsabilità delle parti durante tutta la durata della concessione. La revisione della letteratura esistente rivela che molti sono gli studi che hanno valutato i rischi nel PPP, utilizzando vari metodi.

- Lyons e Skitmore (2004) hanno effettuato *un'analisi qualitativa* del rischio basata su giudizi e valutazioni soggettive da parte di esperti, acquisiti tramite ***questionari***, che è il metodo di partenza utilizzato in tutte le ricerche analizzate. L'indagine attraverso il questionario è il metodo più utilizzato per ottenere una esauriente lista di rischi più comunemente presenti nei progetti di partenariato, e di criteri e ostacoli da prendere in considerazione per una corretta allocazione del rischio. Gli intervistati sono un gruppo di esperti del settore, che abbiano avuto esperienze precedenti nel campo riguardante il progetto. Il questionario ha sempre una prima parte che richiede informazioni relative agli intervistati, come gli anni di esperienza in progetti in PPP, i tipi di progetti trattati, il ruolo in ogni progetto, quindi informazioni per identificare il *background* di ogni esperto. La seconda parte contiene domande per ottenere il livello di ciascun rischio in base a una valutazione di impatto e frequenza e per misurare l'importanza di criteri e ostacoli. I fattori di rischio vengono classificati in base a una scala di valori, in particolare attraverso la *scala di Likert* a cinque punti per la frequenza (1: molto bassa, 2: bassa, 3: moderata, 4: alta, 5: molto alta) e per l'impatto (1: insignificante, 2: minore, 3: moderato, 4: maggiore, 5: grave), per misurare l'importanza di criteri e ostacoli per l'allocazione del rischio (1: uguale importanza, 2: importanza moderata, 3: importanza forte, 4: importanza molto forte, 5: estrema importanza).

I punteggi di rischio vengono determinati moltiplicando la media della frequenza di insorgenza del rischio per la media dell'impatto del rischio. (R = F x I). Si costruisce quindi una matrice del rischio, considerando tre intervalli di gravità del rischio:

- ALTO (punteggio 15-25), è necessario eseguire un'azione immediata per controllare il pericolo;

- MEDIO (punteggio 5-14), è necessario pianificare un'azione per il controllo del pericolo;

- BASSO (punteggio 1-4), può essere un rischio accettabile ed essere risolto in modo veloce ed efficiente.

- Songer, Diekmann e Pecsko (1997) hanno effettuato *un'analisi quantitativa* utilizzando il ***metodo di simulazione Monte Carlo***, Si tratta di un metodo statistico non parametrico, in cui vengono generati scenari casuali di rischio basandosi su dati ottenuti mediante la generazione di numeri casuali con distribuzioni di probabilità oltre che dall'esperienza dei valutatori. Anche se nella maggioranza dei casi si riesce a stimare il costo del rischio compreso nel costo del progetto, si tratta di un metodo complicato in quanto, per essere attendibile, ha bisogno di una grande quantità di dati di input.

- Woodward (1995) ha utilizzato il metodo dell'**analisi di sensitività** per le valutazioni finanziarie del capitale investito nei processi di gestione del rischio. Si tratta di un metodo grazie al quale è possibile esaminare i diversi valore assunti dal VAN quando cambiano i fattori (es. tempi amministrativi, aumento dei tassi di interesse, aumento dei costi di costruzione, ecc.) considerati come base di analisi. Liu, Wang, Yao e Li sono arrivati alla conclusione che il rischio di mercato è quello che ha avuto il maggiore effetto sul sistema dei rischi, raccogliendo dati sull'evoluzione del rischio nei progetti in PPP attraverso l'analisi di sensitività. In letteratura è possibile trovare esempi di integrazione dell'analisi di sensibilità con il metodo di simulazione Monte Carlo.

- La "***Fault Tree Analysis***" (lett. Analisi dell'albero dei guasti) analizza le possibili combinazioni di eventi che portano a un determinato evento critico e le possibili conseguenze anche in termini monetari. Questo metodo favorisce l'organizzazione decisionale, in quanto è facile attraverso i collegamenti notare quale conseguenza porta alla soluzione più vantaggiosa, quindi è utile a individuare le misure preventive necessarie a ridurre la probabilità di accadimento di un rischio.

- Per alcuni progetti viene utilizzata l'analisi ***SWOT*** (*Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Si tratta di una metodologia utilizzata per effettuare scelte strategiche a partire da una classificazione dei fattori interni ed esterni, positivi e negativi, di un'organizzazione. Aiuta a mettere in pratica un'efficace strategia di marketing. La SWOT è una matrice 2x2 in cui i fattori interni ed esterni che hanno un potenziale impatto, positivo o negativo, sul business o sull'attività che si vuole realizzare sono opportunamente identificati e organizzati. Nella prima riga sono inseriti i *fattori interni*, cioè gli aspetti che dipendono dalle capacità e dalle possibilità dei soggetti facenti parte della procedura. Nella seconda riga invece si parla di *fattori esterni* in quanto dipendenti dal contento in cui viene inserita la progettazione. Nella prima colonna si prevedono gli *aspetti positivi*, i punti di forza che contribuiscono alla riuscita della procedura, e nella seconda colonna gli *aspetti negativi*, i punti di debolezza.

- "***Failure Mode and Effect Analysis*** **(FMEA)**" serve ad analizzare le modalità di fallimento di un processo partendo dalla sua scomposizione in sotto parti e di ognuna di queste elencare possibili modi di incidente, possibili cause, possibili effetti, possibili controlli.

- Diversi studi hanno applicato la **logica *fuzzy*** per determinare il peso dei fattori di rischio sulla base di una combinazione di analisi gerarchica e teoria della valutazione.

- Liu e Wang (2019) hanno studiato un modo per la valutazione del rischio che prendesse in esame le relazioni e le interdipendenze tra i rischi. In particolare, hanno utilizzato un approccio integrato, mai usato in campo edile, di due metodi ***Fuzzy Analytic Network Process*** (F-ANP) e ***Interpretative Structural Model*** (ISM).

- Valipour A., Yahaya N., Md Noor N., Valipour I., Tamošaitienė J. (2019), hanno presentato un approccio ibrido *SWARA-COPRAS* per l'allocazione del rischio in alcuni progetti di approvvigionamento idrico e fognature in Malesia. Questo metodo consente di trovare la migliore strategia di ripartizione del rischio tra settore pubblico e settore privato, utilizzando termini linguistici qualitativi. Vengono illustrate in figura le fasi principali del processo di allocazione del rischio.

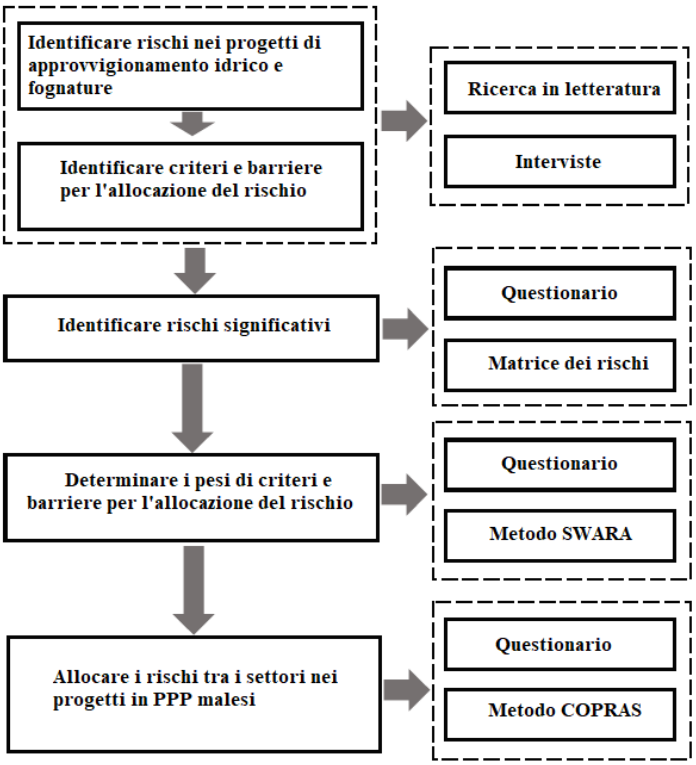

Figura 19 - Metodo integrato SWARA - COPRAS

Inizialmente, attraverso una esauriente ricerca in letteratura e interviste a un gruppo di esperti in materia, si definiscono quali sono i criteri e gli ostacoli da tenere in considerazione per la fase di allocazione del rischio. Per l'identificazione dei rischi significativi, si costruisce una matrice dei rischi. Successivamente, attraverso il metodo SWARA (*Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*) vengono determinati i pesi dei criteri presi in considerazione. Per determinare una equa ripartizione tra il partner pubblico e il partner privato, si integra il metodo precedente con il metodo COPRAS (*COmplex PRoportional ASsessement*). Entrambi i metodi vengono spiegati più avanti.

L'obiettivo dell'approccio integrato *SWARA-COPRAS* è quello di allocare i rischi tra settore pubblico e settore privato, dopo aver identificato e valutato i rischi significativi e dopo aver trovato i pesi di ciascun criterio e ostacolo.

3.3.1 Il metodo SWARA

Il metodo SWARA (*Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*) viene utilizzato per ottenere il peso dei criteri e degli ostacoli nell'allocazione del rischio, e dà la possibilità di coordinare e raccogliere le informazioni degli esperti. Questo metodo, proposto da Kersuliene, Zavadskas e Turskis nel 2010 è ampiamente utilizzato in diverse aree di ricerca ed è in continua evoluzione. Si tratta di una tecnica basata sul giudizio di esperti che, grazie all'esperienza, hanno un ruolo significativo nella valutazione dei pesi dei criteri e nella definizione dell'importanza di ciascun elemento, classificandoli dal più importante al meno importante. Questa tecnica permette ai decisori di considerare le proprie priorità nel processo decisionale, in base alle politiche aziendali e alle esigenze del Paese.

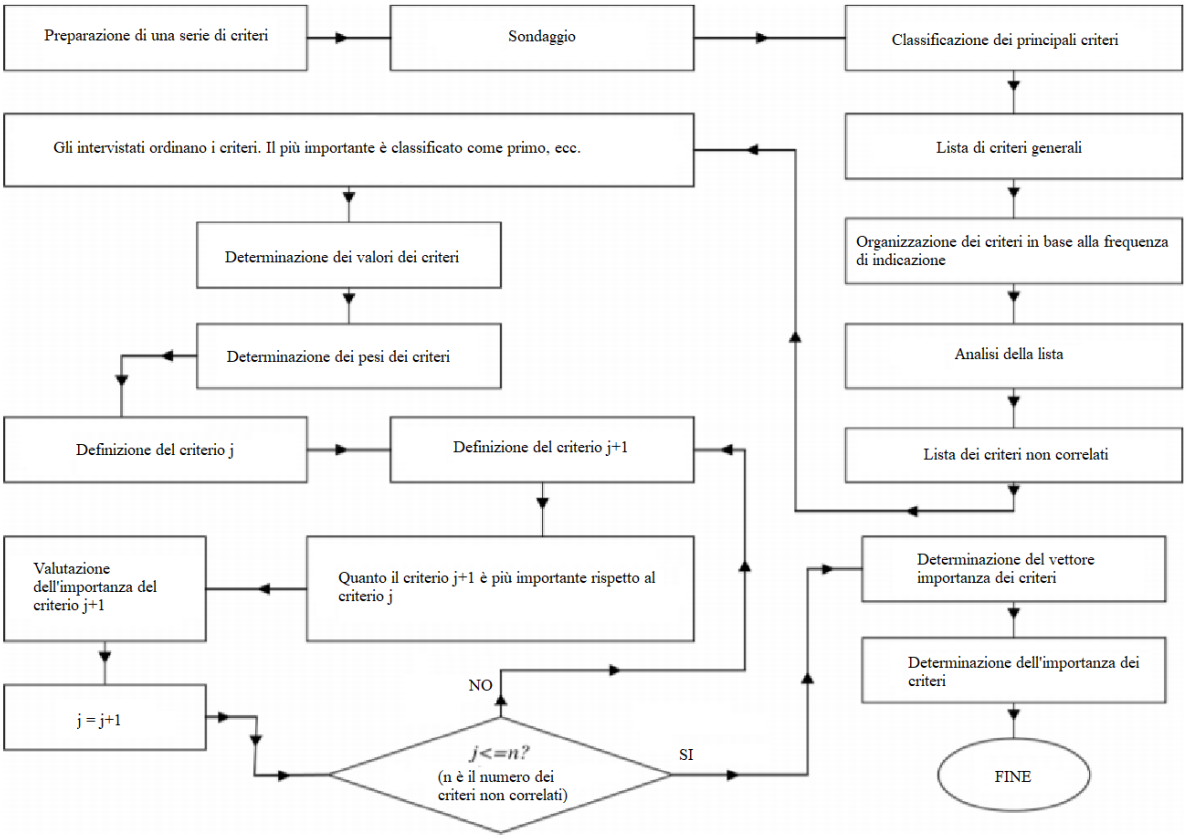

Figura 20 - Grafico metodo SWARA per l'identificazione dei pesi dei criteri [Fonte: Kersuliene e Turskis, 2010]

Inizialmente i criteri vengono raccolti attraverso sondaggi e ricerche in letteratura; quindi viene definito un elenco generale. Successivamente, attraverso i questionari, vengono classificati in ordine di importanza in base al punto di vista degli esperti e, come detto precedentemente, ordinati in ordine decrescente. Si definisce un criterio j e un criterio j+1

e l'intervistato deve dare un parere sul grado di importanza del criterio j+1 rispetto al criterio j. Questo confronto viene eseguito per tutti i criteri della lista.

Il metodo SWARA viene utilizzato per determinare l'importanza comparativa del valore medio S_j calcolato come:

$$S_j = \sum_{i}^{m} \frac{A_i}{m}$$

dove *m* esprime il numero degli esperti intervistati, A_i indica il grado assegnato dagli esperti per ciascun elemento *i* e *j* rappresenta il numero degli elementi. Viene calcolato il coefficiente Kj come:

$$K_j = \begin{cases} 1 \quad se\, j = 1 \\ S_j + 1 \quad se \;\; j > 1 \end{cases}$$

Il peso ricalcolato è determinato come:

$$q_j = \frac{K_{j-1}}{K_j}$$

I pesi dei criteri di valutazione sono calcolati come:

$$W_j = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^{c} q_j}$$

dove *Wj* rappresenta il peso del criterio j-esimo e *c* indica il numero totale dei criteri.

È importante sottolineare che i risultati sono basato sul parere soggettivo degli esperti, e che possono essere quindi influenzati dalla mancanza di esperienza o di conoscenza.

3.3.2 Il metodo COPRAS

Il metodo COPRAS (*COmplex PRoportional ASsessement*), introdotto e sviluppato da Zavadsakas e Kaklauskas nel 1996, è uno dei più noti metodi MCDM (*Multi-Criteria Decision-Making*, cioè di metodi decisionali multicriteri). Questo metodo viene utilizzato perché è in grado di fornire gli strumenti di scelta tra criteri non correlati, spiega sia i criteri positivi (massimizzando) sia i criteri negativi (minimizzando), selezionando la migliore alternativa tra molte alternative possibili. Nell'applicazione classica del metodo COPRAS i pesi dei criteri sono presi come dati numerici nitidi. Tuttavia, in alcune recenti applicazioni, il modello COPRAS viene spesso integrato con la logica fuzzy, per la prima

volta nel 2007 da Zavadskas e Antucheviciene, in quanto non è facile per gli estimatori dare un valore preciso a parametri di vita reale. Per questo si parla di metodo *Fuzzy COPRAS*.

Il procedimento del metodo COPRAS tradizionale è costituito da vari step descritti di seguito.

Passo 1: definire i criteri più importanti che descrivono le alternative.

Passo 2: determinare la matrice decisionale X:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Passo 3: determinare i pesi dei criteri w_j. (attraverso il metodo SWARA sopra riportato)

Passo 4: determinare la matrice decisionale normalizzata $\bar{X}$. I valori normalizzati della matrice sono calcolati come:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}$$

Con $i = 1, 2, \ldots, m$ e $j = 1, 2, \ldots, n$.

Passo 5: calcolare la matrice decisionale normalizzata ponderata $\hat{X}$. I valori ponderati $\hat{x}_{ij}$ sono calcolati come:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j$$

Come definito nel passo 3, w_j è il peso del criterio j-esimo. Successivamente, si ottiene la matrice decisionale normalizzata ponderata.

Passo 6: sommare i valori dei criteri dove sono assegnati valori più alti, quindi criteri positivi, (massimizzazione) e si trova P_i per ogni alternativa i (con $i = 1, 2, \ldots, m$):

$$P_i = \sum_{j=1}^{k} \hat{x}_{ij}$$

k è il numero dei criteri che devono essere massimizzati.

Passo 7: sommare i valori dei criteri dove sono assegnati valori più bassi, quindi criteri negativi, (minimizzazione) e si trova R_i per ogni alternativa i (con $i = 1, 2, \ldots, m$):

$$R_i = \sum_{j=k+1}^{n} \hat{x}_{ij}$$

La massimizzazione e la minimizzazione dei criteri sono tecniche per l'ottimizzazione del risultato.

Passo 8: determinare il valore minimo degli R_i, R_{min}.

Passo 9: calcolare il peso relativo Q_i di ogni alternativa:

$$Q_i = P_i + \left(R_{min} \sum_{i=1}^{m} R_i\right) \Big/ \left(R_i \sum_{i=1}^{m} R_{min} / R_i\right)$$

che può essere riscritta come:

$$Q_i = P_i + \left(\sum_{i=1}^{m} R_i\right) \Big/ \left(R_i \sum_{i=1}^{m} 1 / R_i\right)$$

Passo 10: determinare il criterio ottimale *K* come il massimo dei Q_i.

Passo 11: determinare la priorità dei progetti. Il Q_i maggiore per l'alternativa *i* mostra la priorità più alta dell'alternativa. Nel caso di Q_{max}, il grado di soddisfazione è il più alto.

Passo 12: calcolare il grado di utilità di ciascuna alternativa:

$$N_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{max}}\right)$$

dove Q_i e Q_{max} sono i pesi ottenuti nel passo 9.

3.3.3 Metodo ISM

Introdotto nel 1994 da Mandal e Deshmukh, considera l'interrelazione dei fattori di rischio nel progetto di PPP considerato. Per questo, dopo avere identificato i rischi presenti in un progetto, viene eseguito un confronto a coppia. Viene considerata la proprietà della transitività: se A è correlato a B e B è correlato a C, allora A è correlato a C, e si costruisce una matrice di fattibilità suddivisa in diversi livelli. Sulla base di questa matrice, si ottiene un diagramma grazie al quale si analizzano l'influenza e l'interrelazione dei rischi.

3.3.4 Metodo ANP

Si tratta di un'analisi multicriterio che porta al calcolo del peso di ogni fattore di rischio, più accurata in quanto considera le interdipendenze dei fattori. La logica *fuzzy* viene applicata a questo metodo per ottenere una precisione più elevata dei risultati, può aiutare a comprendere il rischio più influente in quanto trasforma l'indeterminatezza di un feedback ottenuto da questionari e interviste ad esperti in una formula matematica.

L'applicazione integrata di questo metodo con il metodo ISM ha permesso ai ricercatori di ottenere risultati più accurati su problemi complessi più generali. Sulla base di ricerche in letteratura e interviste agli esperti, sono stati identificati dei fattori di rischio. È stato costruito un indice di rischio per progetti PPP, utilizzando una struttura gerarchica, quindi indici di primo, secondo e terzo livello che identificano livelli di macro, medio e micro rischio. Lo studio analizzato ha lo scopo di dare una più giusta comprensione globale dei rischi di un progetto di PPP, e un adeguato metodo di gestione del rischio, in ordine di priorità in base al grado di influenza di ognuno, partendo da un insieme di rischi dedotti da ricerche precedenti. In particolare, l'obiettivo principale è quello di fornire un metodo che possa essere utilizzato in altri progetti simili, anche con l'approfondimento dei livelli dell'elenco dei fattori di rischio.

Nel metodo ANP, ogni problema viene trattato come una rete (*network*) di elementi specifici (nodi) raggruppati in serie omogenee (*clusters*), collegate tra loro. Si ottiene quindi una configurazione di interdipendenza sia tra elementi dello stesso gruppo che tra i diversi gruppi. Una volta scomposto il problema in parti elementari, è necessario individuare le relazioni esistenti. Si riporta in figura un esempio di rete e le varie relazioni che è possibile creare.

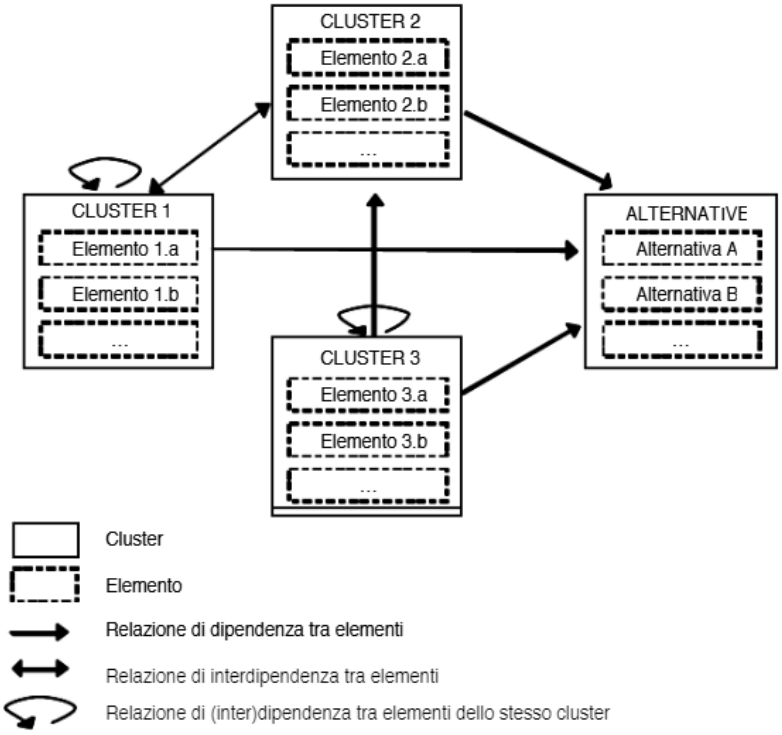

Figura 21 - Esempio di struttura "a rete semplice" con clusters ed elementi

Esistono due modi per creare il modello:

- rete semplice, che consiste in un *network* di relazioni che si sviluppano tra clusters e tra nodi;
- rete complessa, formata da sottoreti, ognuna organizzata come una rete semplice. Il modello complesso più comune è il BOCR, cioè la suddivisione in sottorete Benefici, sottorete Opportunità, sottorete Costi e sottorete Rischi.

In questo documento verrà utilizzato lo stesso metodo gerarchico, considerando il rischio (generico) come rete complessa, e la sua suddivisione in base a un determinato criterio scelto in sottoreti.

Secondo le linee guida della Commissione Europea, il rischio può essere definito come qualsiasi evento che minaccia il buon esito di un progetto in termini di tempo, costi e qualità. In progetti di infrastruttura, i rischi sono molto complessi e non è possibile sottovalutarli. Sulla base della ricerca in letteratura del capitolo II, sono stati identificati i fattori di rischio presenti nella maggior parte dei progetti di infrastruttura.

3.3.4.1 Confronto a coppie

Dopo avere costruito il modello, si procede alla valutazione mediante confronti a coppie. Imponendo ogni elemento della rete come "principale", si eseguono molteplici confronti a coppie tra tutti gli elementi ad esso collegati. Ad ogni confronto si attribuisce un giudizio numerico stabilito da una scala di valutazione che varia da 1 a 9, denominata "scala fondamentale di Saaty".

Valore	Intepretazione
1	**a** e **b** sono ugualmente importanti
3	**a** è poco più importante di **b**
5	**a** è abbastanza più importante di **b**
7	**a** è decisamente più importante di **b**
9	**a** è assolutamente più importante di **b**
1⁄3	**a** è poco meno importante di **b**
1⁄5	**a** è abbastanza meno importante di **b**
1⁄7	**a** è decisamente meno importante di **b**
1⁄9	**a** è assolutamente meno importante di **b**

Tabella 4 - Valori in scala di Saaty

È possibile anche valori intermedi non in tabella (es. 4 o 1/4).

Una volta assegnati i valori numeri si ottengono delle matrici quadrate di confronto degli elementi che devono essere determinate ad ogni punto della rete. Le interdipendenze e quindi i valori dei confronti vengono identificati in base alle opinioni degli esperti esaminati. Nel caso in esame, anche questo passaggio è basato sulla ricerca in letteratura.

L'applicazione della logica *fuzzy* permette di trasformare l'indeterminatezza della soggettività dei valori dati dagli esperti in una formula matematica. Nell'articolo "*Using fuzzy analytic network process and ISM methods for risk assessment of public-private partnership: A china perspective*" attraverso i giudizi degli esperti combinati con la scala di valutazione di Saaty, è stata definita una scala di giudizi.

	Termini linguistici	Scala numeri fuzzy triangolari	Valore medio	Corrispondenza scala Saaty
Scala reciproca di numeri fuzzy triangolari	IVL	(1/4,1/3,1/2)	0,3611	1⁄3
	IL	(1/6,1/5,1/4)	0,2056	1⁄5
	IH	(1/8,1/7,1/6)	0,1448	1⁄7
	IVH	(1/9,1/9,1/9)	0,1121	1⁄9
	Equally Influent (EQ)	(1,1,1)	1	1
	Very High Influence (VH)	(9,9,9)	9	9
	High Influence (H)	(6,7,8)	7	7
	Low Influence (L)	(4,5,6)	5	5
	Very Low Influence (VL)	(2,3,4)	4	3
	No influence (N)	(0,0,0)	0	-

Tabella 5 - Scala di giudizi combinata

3.3.4.2 Definizione delle supermatrici

Il ricorso alla supermatrice permettere di gestire la dipendenza tra i fattori all'interno del sistema. Le supermatrici utilizzate in un processo ANP sono quella *iniziale*, composta dai vettori ottenuti dai confronti a coppie tra i nodi e non tiene conto dei pesi attribuiti ai clusters, quella *pesata*, ottenuta dalla moltiplicazione della supermatrice iniziale con quella dei valori del confronto tra i clusters. Moltiplicando per se stessa la supermatrice pesata per un numero di volte tendente a infinito, si ottiene la supermatrice limite, composta dal vettore delle priorità dei fattori considerati. Quest'ultimo passaggio può essere ottenuto utilizzando software decisionali.

3.3.4.3 Ricerca di criteri e ostacoli per l'allocazione dei rischi significativi

La ricerca di articoli, basati a loro volta su interviste e questionari, è servita inoltre per raccogliere i criteri e gli ostacoli per l'allocazione dei rischi. Sono stati identificati 20 criteri e 17 ostacoli per l'allocazione ottimale del rischio di progetti PPP. Tra questi, sono stati estratti i criteri e gli ostacoli ritenuti più importanti, come riportato da Valipour et al. (2014) nell'articolo "*Using fuzzy analytic network process and ISM methods for risk assessment of public-private partnership: A china perspective*" e applicati come base di scelta per l'allocazione di un rischio significativo nel modello proposto. Per una semplificazione di calcolo, sono stati identificati un totale di 9 criteri e 8 ostacoli da prendere in considerazione per l'allocazione del rischio progetti PPP.

CRITERI	OSTACOLI
Identificazione del rischio (C_1)	Avversione al rischio dei partecipanti al progetto (O_1)
Previsione del rischio (C_2)	Instabilità e abuso di potere (O_2)
Valutazione del rischio (C_3)	Non comprensione dei benefici dell'allocazione (O_3)
Sostegno del rischio a basso costo (C_4)	Mancanza di fiducia tra i partecipanti al progetto (O_4)
Possibilità di controllo del rischio (C_5)	Mancanza di un efficiente metodo di allocazione (O_5)
Controllo della probabilità del rischio (C_6)	Complessità del contratto (O_6)
Minimazzazione della perdita in caso di rischio (C_7)	Coinvolgimento per fasi dei partecipanti al progetto (O_7)
Esperienza nel controllo del rischio (C_8)	Diverse informazioni sui rischi nel progetto (O_8)
Propensione al rischio (C_9)	

Tabella 6 - Criteri e ostacoli per l'allocazione dei rischi

3.3.4.4 Applicazione del metodo

Per utilizzare il metodo ANP è quindi necessaria la definizione dei clusters e degli elementi. Prendendo spunto dal metodo del sistema complesso Benefici-Opportunità-Costi-Rischi, il primo livello è dato da un raggruppamento di rischi dello stesso tipo, per comodità nell'uso della matrice le voci sono indicate con C_i, il secondo livello elenca gli elementi di ogni gruppo che definiscono il tipo di rischio, ognuno indicato con un indice E_{ij}.

GRUPPO	TIPO DI RISCHIO
rischio politico (C_1)	stabilità del governo (E_{11})
	rischio espropri (E_{12})
	decisioni politiche pubbliche sbagliate (E_{13})
	forte opposizione politica (E_{14})
	corruzione e tangenti (E_{15})
rischio macroeconomico (C_2)	tasso di inflazione instabile (E_{21})
	mercato finanziario scarso (E_{22})
	tasso di interesse instabile (E_{23})
	eventi economici influenti (E_{24})
rischio legale (C_3)	cambio legislativo (E_{31})
	modifiche normative fiscali (E_{32})
rischio naturale (C_4)	ambiente (E_{41})
	condizioni geotecniche (E_{42})
	condizioni meteo (E_{43})
	forza maggiore (E_{44})
rischio di selezione del progetto (C_5)	livello di domande per il progetto (E_{51})
	livello di opposizione al progetto (E_{52})
rischio finanziario (C_6)	fattibilità finanziaria (E_{61})
	attrazione del progetto per gli investitori (E_{62})
	alti costi finanziari (E_{63})
rischio in fase di progettazione (C_7)	ritardo nelle approvazione del progetto (E_{71})
	carenze progettuali (E_{72})
rischio di costruzione (C_8)	superamento dei costi di costruzione (E_{81})
	superamento dei tempi di costruzione (E_{82})
	disponibilità dei materiali (E_{83})
	modifiche progettuali (E_{84})
	scarsa qualità della manodopera (E_{85})
	variazioni contrattuali eccessive (E_{86})
	scarsa qualità (E_{87})
rischio operativo (C_9)	aumento costi operativi (E_{91})
	bassa produttività (E_{92})
	aumento dei costi di manutenzione (E_{93})
	manutenzione più frequente (E_{94})
	inadempimento dei fornitori (E_{95})
	rischio organizzazione e coordinamento (E_{96})
rischio di cooperazione (C_{10})	distribuzione inadeguata delle responsabilità (E_{101})
	differenza del metodo di lavoro tra i partner (E_{102})

Tabella 7 - Classificazione di clusters ed elementi

Si può utilizzare il software SuperDecision.

Il primo passo per costruire il modello è decidere i cluster e quindi i nodi che strutturano il problema. I cluster che sono utilizzati sono il cluster degli obiettivi, il cluster dei criteri, il cluster degli ostacoli e il cluster delle alternative. È stato scelto il fattore di rischio "*Superamento dei costi di costruzione*" (E_{81}) per illustrare come utilizzare il modello per determinare in che percentuale vengono condivisi i rischi del progetto PPP tra il settore privato e il settore pubblico. Dopo l'identificazione e la valutazione dei rischi importanti, dei criteri e barriere di allocazione del rischio, è stata costruita una struttura a rete per creare influenza reciproca tra ciascun fattore di rischio, criteri, ostacoli e alternative basate sull'allocazione del rischio.

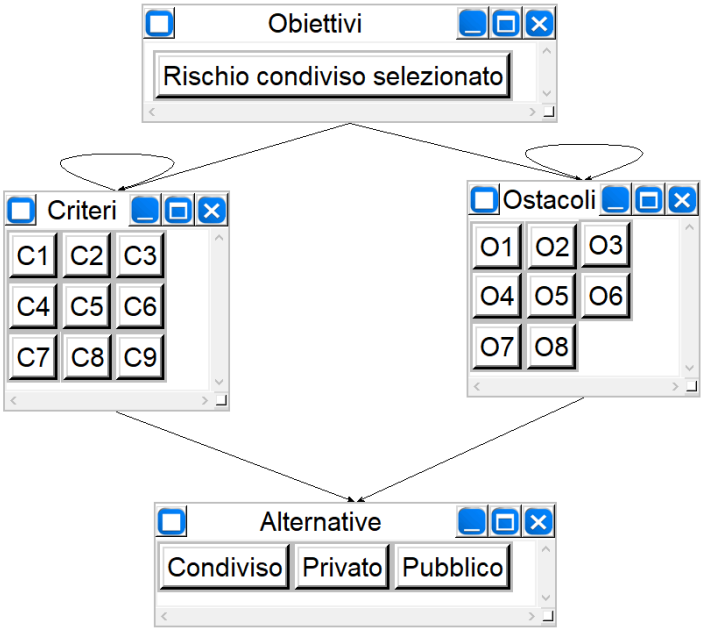

Figura 22 - Struttura a rete con il software SuperDecision

Il metodo ANP è uno strumento decisionale multicriteri, che viene utilizzato per il calcolo dei pesi di questi aspetti. In particolare, ANP è una estensione del conosciuto metodo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) che non considera l'interdipendenza tra i fattori di rischio. Tuttavia, anche il metodo ANP presenta delle limitazioni, in quanto dipende dal grado di soggettività dei giudizi degli esperti e per affrontare questo "ostacolo", si prova ad utilizzare la logica *fuzzy*, che può aumentare la precisione dei risultati. Un altro ostacolo è rappresentato dalla difficoltà del metodo ad affrontare le relazioni tra un numero elevato di fattori di rischio.

3.3.5 Il metodo del Public Sector Comparator e il VfM

Il metodo del *Public Sector Comparator* (PSC) consiste in uno strumento di ausilio all'amministrazione pubblica per eseguire un'opera in forma di PPP rispetto a un appalto tradizionale, attraverso il raggiungimento di un Value for Money (lett. "qualità-prezzo"), ovvero la capacità di un'amministrazione di orientare la propria spesa verso soluzioni più efficaci. Per l'utilizzo di una procedura di partenariato pubblico-privato (in particolare di Project financing), è necessario valutare la giusta ripartizione del rischio, che dovrebbe essere allocato alla parte, settore pubblico o settore privato, che meglio possa gestirlo, minimizzarlo e in ogni caso sostenerlo a costi minori. La completa allocazione dei rischi al partner pubblico renderebbe l'utilizzo del PF non conveniente in quanto il privato non sarebbe incentivato a mettere in gioco la sua completa capacità di gestione, oltre a rendere in tal caso l'appalto tradizionale il metodo più giusto da utilizzare.

Un passo necessario perché si parli di contratto di concessione è quindi il trasferimento del rischio operativo legato alla gestione dei lavori e alla possibilità di non recupero degli investimenti effettuati e dei costi sostenuti. L'identificazione dei rischi è un passo fondamentale per la creazione di uno schema da prendere come riferimento per la gestione del rischio. Con la realizzazione di una *matrice dei rischi* vengono raccolti tutti i rischi presenti in un progetto e, soprattutto, si possono evidenziare quelli più rilevanti per trattarmi con maggiore attenzione.

La scelta dei rischi da trasferire al privato è fondamentale per l'ottenimento del VfM, che può anche essere inteso come margine di convenienza tra appalto tradizionale e un'operazione in PPP.

È necessario riuscire a dare una quantificazione, in termini monetari, al PSC, partendo da una valutazione di costi e ricavi del progetto e del valore dei rischi trasferibili al privato. Dalla valutazione economico finanziaria del progetto, è possibile quantificarne costi e ricavi. La valutazione del rischio, sia trattenuto che trasferibile, invece deve tenere in considerazione l'eventualità di accadimento e l'entità del rischio in modo da valutare in modo efficace l'impatto del rischio sull'equilibrio economico.

Il PSC può essere considerato come un costo "aggiustato" del rischio in relazione a un progetto di infrastruttura realizzata in PF. Per calcolare il PSC è necessario prima definire tutti i flussi di cassa dell'intero periodo della concessione, considerando anche il periodo di

gestione. Per l'utilizzo dei flussi di cassa è necessario attualizzarli, quindi è necessario scegliere il giusto tasso di attualizzazione. La Commissione Europea ha indicato nella "Guida all'analisi costi benefici dei progetti di investimento" un valore del tasso di sconto *r* compreso tra il 3% e il 5,5%. In Italia la Conferenza dei Presidenti delle regioni e delle province autonome nella "Guida per la certificazione dei nuclei regionali e verifica degli investimenti pubblici ha indicato un tasso di sconto reale per i flussi di cassa degli investimenti pubblici pari al 5%, tasso effettivo annuale utilizzato. Il tasso di sconto da applicare ai flussi sarà da modificare con il tasso di inflazione, nel caso in cui i flussi siano espressi in valori nominali, utilizzando l'equazione di Fisher:

$$(1 + r_r) \cdot (1 + i_{att}) - 1 = r_n$$

dove r_r è il tasso di interesse reale (pari al 5%, come sopra indicato), r_n è il tasso di interesse nominale e i_{att} è il tasso di inflazione attesa. Il valore i_{att} viene considerato pari a 1,2% (da statistiche ISTAT 2019_nel 2020 pari a -0,2).

Il valore del PSC è dato dalla somma dei seguenti quattro contributi:

- ***PSC base***, dato da costo del capitale e costi operativi associati a tutte le fasi dell'opera (costruzione, gestione e manutenzione). È dato dalla somma di (costi operativi – ricavi dall'utenza) e dei costi di costruzione;

- ***neutralità competitiva***, secondo la quale l'utilizzo di un appalto tradizionale non deve avere vantaggi rispetto all'utilizzo di PPP per la PA;

- ***rischio trasferibile***, come ad esempio aumento di tempi e costi, cioè il rischio associato ad eventi che influenzano l'andamento del processo di costruzione;

- ***rischio trattenuto***, come ad esempio modifiche normative, che deve essere necessariamente allocato in capo al settore pubblico.

Il PSC così calcolato, viene confrontato con il costo dell'investimento del soggetto privato, per scegliere se conviene che il progetto sia svolto in PF. Se il partner privato ha la capacità di minimizzare il *rischio trasferibile* (non superamento del budget, rispetto dei tempi, …) allora riesce a creare *Value for Money* e quindi è conveniente coinvolgerlo nell'operazione dei PPP.

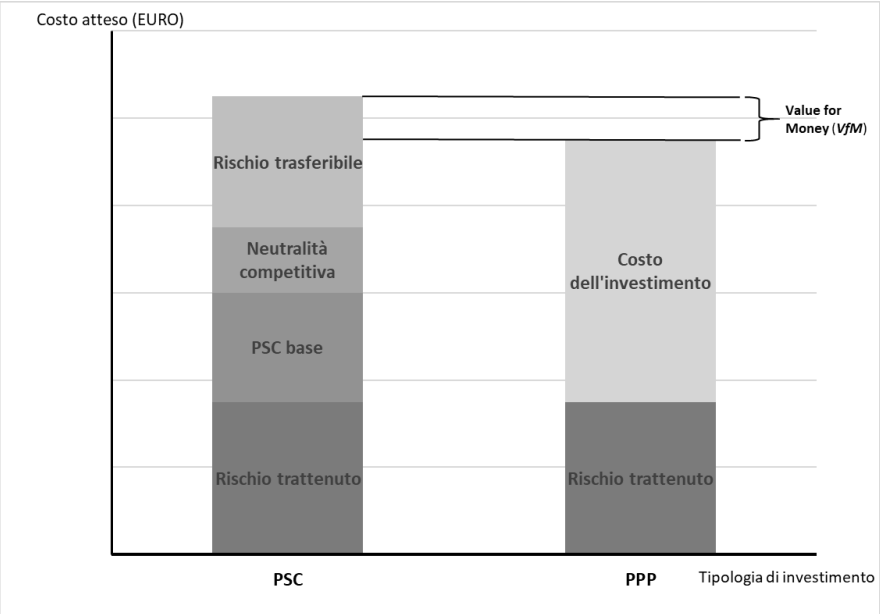

Figura 23 - PSC e Value for Money

In questo caso quindi la pubblica amministrazione ottiene vantaggi ricorrendo ad una procedura di partenariato pubblico privato, in quanto il costo del PSC è maggiore rispetto al costo di un PPP. Si nota come la differenza è data principalmente dalla capacità di gestione del rischio, e quindi dei relativi costi.

Il calcolo del PSC è uno degli strumenti più utilizzati per valutare i rischi da trasferire ai soggetti privati. Il problema più complesso è il calcolo della probabilità di accadimento di un evento rischioso che potrebbe portare a un insuccesso della progettazione, anche perché in base a questo vengono monetizzati i vari rischi, permettendo di capire se possono essere o no supportati dall'operatore economico. Questo procedimento è agevolato se si utilizzano dati statistici.

Nel momento dell'analisi dei rischi, è necessario individuare quali e quanti rischi sono trasferibili al privato (aumento dei costi e dei tempi di costruzione, rischio operativo, rischio di performance). La quantificazione dei rischi è basata su una stima soggettiva della probabilità di accadimento di un rischio e delle conseguenze che comporta. In generale, questa analisi può essere condotta sulla base di esperienze pregresse, diminuendo in questo modo il grado di soggettività di una sola stima della probabilità di accadimento di un evento rischioso. È l'amministrazione che decide quali rischi possono essere ritenuti trasferibili. Da esperienze pregresse e revisioni della letteratura di progetti iniziati e conclusi negli anni

2000-2007, l'ANAC ha realizzato una tabella di valori che indicano la probabilità di accadimento di un evento rischioso e l'entità del danno.

Interventi iniziati e conclusi tra il 2000 e 2007 suddivisi per classe di scostamento (numerosità interventi indicata in %)		
Classe di scostamento (%)	*Efficienza finanziaria e temporale*	
	% interventi con scostamento finanziario	***% interventi con scostamento temporale***
Nullo (<=0)	25%	23%
Lieve (>0 <5%)	30%	2%
Moderato (>=5% <20%)	33%	9%
Forte (>=20%)	12%	66%
Totale interventi	**100%**	**100%**

Figura 24 - Percentuali di scostamento [fonte: ANAC]

Partendo da questa tabella si può analizzare il rischio di incremento, ad esempio, dei costi di costruzione. Prendendo un valore dei lavori di esempio pari a 500.000€ per un tempo di 400 giorni, si hanno i seguenti calcoli.

Incremento		Ammontare del costo di costruzione	Entità del danno	Probabilità	Valore del rischio
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	500.000,00 €	-	25%	0
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	525.000,00 €	25.000,00 €	30%	7.500,00 €
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	600.000,00 €	100.000,00 €	33%	33.000,00 €
Forte (≥20%)	50,00%	750.000,00 €	250.000,00 €	12%	30.000,00 €
					70.500,00 €

Incremento		Ammontare del costo di costruzione (causa ritardi)	Entità del danno (giorni)	Probabilità	Valore del rischio (giorni)
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	400	-	23%	0
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	420	20	2%	0
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	480	80	9%	7
Forte (≥20%)	50,00%	600	200	66%	132
					140

Incremento		Ammontare del costo di costruzione (causa ritardi)	Entità del danno	Probabilità	Valore del rischio
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	500.000,00 €	-	23%	- €
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	525.000,00 €	25.000,00 €	2%	500,00 €
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	600.000,00 €	100.000,00 €	9%	9.000,00 €
Forte (≥20%)	50,00%	750.000,00 €	250.000,00 €	66%	165.000,00 €
					174.500,00 €

Tabella 8 - Esempi di calcolo degli incrementi di costo e tempo di costruzione

3.4 Matrice dei rischi

Al fine di gestire al meglio i rischi sopra identificati, e quindi compiere una efficace analisi del rischio, il Responsabile Unico del Procedimento (RUP) deve definire una ***matrice dei rischi*** da allegare al contratto.

La matrice dei rischi è lo strumento che rappresentata la ripartizione dei rischi tra le parti. Il contratto di PPP deve avere in allegato l'offerta aggiudicata e la matrice dei rischi, definita contestualmente al progetto. Questo documento, che è quindi una sintesi dell'analisi dei rischi effettuata sul progetto, è utilizzato in fase di procedura di gara per verificare la convenienza di una concessione in PPP piuttosto che come appalto tradizionale. La matrice di rischi è necessaria per monitorare il mantenimento dei rischi trasferiti in capo al soggetto privato, in quanto in essa è riportata la definitiva ripartizione dei rischi tra le parti. Una matrice più dettagliata permette di non sottovalutare aspetti rilevanti e di effettuare una ottimale allocazione del rischio, soprattutto nel caso questa sia suddivisa non solo per tipo di rischio e ripartizione, ma anche in base alla fase della concessione (progettazione, costruzione e gestione) alla quale è collegato. L'allocazione del rischio deve essere presa in considerazione nel piano economico-finanziario (PEF).

Per definire una matrice del rischio si seguono i seguenti punti:

- identificazione del rischio: si individuano tutti gli elementi che possono influire sull'andamento del processo, anche non attribuibili a una delle due parti;

- *risk assessment*: si intende la probabilità che possa presentarsi un evento associato a un rischio e se questo determina un aumento dei costi e dei tempi (si affida un valore numero o, dove non possibile, si dà una valutazione – alta, media, bassa…);

- *risk management*: si definiscono metodi per la minimizzazione del pericolo che un determinato evento possa accadere;

- allocazione del rischio: tra soggetto pubblico e soggetto privato. In caso di dubbia allocazione, è necessario inserire nella matrice il motivo per cui un determinato rischio sia stato assegnato a uno dei due soggetti.

Una volta terminata la matrice dei rischi è fondamentale che l'amministrazione controlli la coerenza dell'allocazione dei rischi in base a quanto riportato dal Codice dei Contratti Pubblici. In caso di una qualsiasi variazione contrattuali, l'Amministrazione deve sempre effettuare questa verifica in modo tale che possa essere garantito il mantenimento del rischio in capo all'operatore economiche, così come prestabilito in fase di contratto. A questo scopo il RUP, insieme al direttore dei lavori, consulta un resoconto periodico dell'andamento dell'esecuzione dei lavori e di qualsiasi evento possa cambiare la gestione del contratto.

Tipo di rischio	Probabilità del verificarsi del rischio (valori percentuali o valori qualitativi: ad es. nulla, minima, bassa, media, alta)	Maggiori costi (variazioni percentuali /valori in euro) e/o ritardi associati al verificarsi del rischio (giorni/mesi, etc.)	Strumenti per la mitigazione del rischio	Rischio a carico del pubblico (SI/NO)	Rischio a carico del privato (SI/NO)	Articolo contratto che identifica il rischio
rischio di progettazione						
rischio di esecuzione dell'opera difforme dal progetto						
rischio di aumento del costo dei fattori produttivi o di inadeguatezza o indisponibilità di quelli previsti nel progetto						
rischio di errata valutazione dei costi e tempi di costruzione						
rischio di inadempimenti contrattuali di fornitori e subappaltatori						
rischio di inaffidabilità e inadeguatezza della tecnologia utilizzata						

Tabella 9 - Esempio di matrice dei rischi [Fonte: Linee Guida ANAC n.9]

CAPITOLO 4

APPLICAZIONE DEL METODO *FAULT TREE ANALYSIS*

Dalla revisione della letteratura si nota una grande quantità di informazioni sui rischi e sulla loro gestione solo per particolari tipi di progetti. In questo capitolo si cercherà quindi di trovare la corretta allocazione dei rischi, dopo averli valutati con il metodo della *Fault Tree Analysis*. del progetto di un impianto sportivo della banca dati del Comune di Rivoli (TO). La probabilità che si verifichino determinate situazioni di rischio non è sempre valutata nello stesso modo per ogni tipo di progetto. Lo scopo di base dell'utilizzo della FTA è quello di mostrare le possibili combinazioni tra gli eventi che potrebbero portare al fallimento del progetto in PPP, che viene appunto considerato il *top event* del *Fault Tree*. Il problema che si riscontra è legato alla soggettività dei valori ottenuti da un sondaggio tramite questionario a un gruppo di esperti del settore.

4.1 Panoramica del progetto

La maggiore esigenza di soddisfare richieste di servizi pubblici e la necessità di rinnovare il patrimonio infrastrutturale pubblico hanno comportato l'aumento delle risorse finanziarie necessarie per gli investimenti. Questo ha richiesto il coinvolgimento di soggetti privati nel finanziamento e nella gestione delle opere pubbliche. Per l'applicazione delle nozioni apprese dalla ricerca in letteratura dei capitoli precedenti, è stato preso in esame un progetto svolto in PPP. Si farà riferimento al piano economico finanziario della gestione e manutenzione e al quadro economico, inclusi nei documenti di progetto.

Il caso studio preso in esame riguarda la sistemazione di un complesso di edifici destinati alla realizzazione di un bocciodromo nel Comune di Rivoli (TO). L'intervento prevede la realizzazione di un centro sportivo polivalente, con piscine, locali per il fitness e campi da calcio a otto, destinato alla utenza pubblica e privati. L'opera in oggetto si estende su una superficie di circa 14000 m^2 e comprende la riqualificazione dell'ex bocciodromo, ad oggi abbandonato e in stato di degrado.

Figura 25 - Render del nuovo progetto dell'impianto sportivo [fonte:http://cad.comune.rivoli.to.it]

Il Business Plan, relativo alla progettazione, costruzione e gestione dell'opera, è stato realizzato considerando una durata della concessione di 20 anni. La durata della concessione è divisa in due fasi:

- primi tre anni di gestione di start up, nei quali i ricavi sono stati contabilizzati in diminuzione del 20% per il primo anno, 10% per il secondo anno e 5% per il terzo anno, ipotizzando di raggiungere la piena operatività economica a partire dal quarto anno di gestione. I costi invece sono stati contabilizzati in diminuzione del 10% per il primo anno e 5% per il secondo anno;

- una seconda fase, fino alla fine della concessione, nel corso del quale l'intervento seguirà l'andamento dei valori previsti dal business plan.

Si illustrano di seguito il piano finanziario, il quadro economico dell'intervento e la matrice dei rischi del progetto.

INVESTIMENTO	3.689.999,57 €
ANTICIPO	- €
RISCATTO	368.999,96 €
TASSO BASE	0%
SPREAD OFFERTO	4,40%
TASSO BASE	4,40%
DURATA (Anni)	20
Importo canone semestrale	257.982,93 €
Totale: 20 canoni	5.159.658,69 €
Totale: 20 canoni + anticipo	5.159.658,69 €
Totale: 20 canoni + anticipo + riscatto	5.528.658,65 €
VALORE DEGLI INTERESSI IN 20 ANNI	**1.838.659,08 €**

Tabella 10 - Piano finanziario dell'investimento

A	Lavori	
A.1	Lavori soggetti a ribasso	2.850.000,00 €
A.2	Oneri per la sicurezza (non soggetti a ribasso)	85.000,00 €
	Totale A	2.935.000,00 €
B	Somme a disposizione - Spese tecniche	
B.1	Spese tecniche in fase progettuale (Progetto preliminare)	40.000,00 €
B.2	Spese per redazione documento preliminare verifica VAS ai fini urbanistici	50.000,00 €
B.3	Spese tecniche in fase progettuale (Progetto definitivo)	125.000,00 €
B.4	Spese tecniche in fase progettuale (Progetto esecutivo)	100.000,00 €
B.5	Inarcassa su somme in appalto	12.600,00 €
B.6	Spese sostenute dal Proponente per la predisposizione della Proposta (oltre B.1. e B.5)	40.000,00 €
	Totale B	*367.600,00 €*
C	Somme a disposizione - altre	
C.1	Spese tecniche in fase esecutiva DIREZIONE LAVORI	81.000,00 €
C.2	Spese tecniche in fase esecutiva CSE	39.000,00 €
C.3	Collaudi tecnici e amministrativi	6.500,00 €
C.4	Attività di verfica e validazione progetti (artt. 26 e 27 del D.Lgs. 50/2016)	10.000,00 €
C.5	Supporto al RUP	15.000,00 €
C.6	Spese Commissione aggiudicatrice (art. 77 del D.Lgs. 50/2016)	1.500,00 €
C.7	Contribuzione AVCP	600,00 €
C.8	Spese di pubblicità legale ante e post gara	2.000,00 €
C.9	Accatastamento	2.500,00 €
C.10	Fondo per innovazione e progettazione	35.000,00 €
C.11	Certificazione energetica	2.000,00 €
C.12	Oneri omologazione e ottenimento pareri	20.000,00 €
C.13	Inarcassa su somme a disposizione	5.540,00 €
C.14	Imprevisti e potenziamento allacciamento servizi	51.800,00 €
C.15	Importe indirette (di registro, ipotecaria, catastale)	20.000,00 €
C.16	Oneri notarili	20.000,00 €
	Totale C	*312.440,00 €*
	Totale A+B+C	**3.615.040,00 €**
D	**Oneri di prelocazione**	74.959,57 €
	Totale A+B+C+D | Totale da finanziare	**3.689.999,57 €**
E	**Contributo annuale del gestore**	**170.000,00 €**
F	**Canone annuale di manutenzione straordinaria**	**20.000,00 €**

Tabella 11 - Quadro economico

	TIPOLOGIA DI RISCHIO	Possibilità di verificarsi del rischio	Maggiori costi	Allocazione PUBBLICO	Allocazione PRIVATO
A	**Rischio di costruzione**	MEDIA	Alla luce delle considerazioni svolte e conformemente alle indicazioni della soppressa Autorità di Vigilanza sui Contratti Pubblici (AVCP) contenute nella pubblicazione "Analisi delle tecniche di valutazione per la scelta del modello di realizzazione dell'intervento: il metodo del Public Sector Comparator e l'analisi del valore" e dai dati dell'osservatorio, riteniamo che il contratto di PPP ipotizzato produca il trasferimento del rischio di costruzione.		x
A.1	Rischio di commissionamento	MEDIA			x
A.2	Rischio amministrativo	BASSA		x	x
A.3	Rischio espropri	NULLA			x
A.4	Rischio ambientale	BASSA			x
A.5	Rischio di progettazione	MEDIA			x
A.6	Rischio di esecuzione difforme dal progetto	MEDIA			x
A.7	Rischio di errata valutazione tempi e costi	MEDIA			x
A.8	Rischio di inadempimento contrattuale	MEDIA			x
B	**Rischio di disponibilità**	ALTA	Nell'ambito della propria attività istituzionale ANAC ha più volte constato l'esistenza di diffuse criticità in relazione alle fasi di programmazione, di progettazione e di esecuzione dei contratti di servizi e forniture. La debolezza dei contratti – in termini di mancanza di chiarezza ovvero di incompletezza nell'articolato – unita alla scarsa attenzione prestata alle criticità che possono emergere nella fase esecutiva, concorrono ad aumentare i rischi di inefficienza e/o inefficacia dell'appalto nonché a compromettere la qualità delle prestazioni, che rappresenta uno dei principi fondamentali della normativa sui contratti pubblici. La stima del danno prodotto dai mancati interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, a seconda dell'incuranza, può raggiungere dunque valori molto variabili.		x
B.1	Rischio di manutenzione straordinaria	ALTA			x
B.2	Rischio di performance	MEDIA			x
B.3	Rischio di obsolescenza tecnica	MEDIA			x
C	**Rischio di domanda**	NULLA	Tale rischio non comporta maggiori costi legati alla procedura in essere. Viene comunque evidenziato che tale rischio viene trasferito totalmente alla controparte privata.		x
C.1	Rischio di contrazione della domanda di mercato	NULLA			x
C.2	Rischio di contrazione della domanda specifica	NULLA			x
D	**Rischio finanziario**	NULLA			x
E	**Rischio residuale**	ALTA			x

Tabella 12 - Matrice dei rischi di progetto

4.2 Identificazione e analisi dei rischi

L'identificazione dei rischi presenti nel progetto oggetto di studio viene fatta utilizzando come base di partenza la matrice dei rischi fornita dalle linee guida dell'ANAC. Sono presenti:

- rischio di costruzione, dovuto a:

  - rischio di commissionamento, l'opera non riceve l'approvazione da altri soggetti pubblici e/o la collettività;

- rischio amministrativo, dovuto al ritardo nel rilascio delle autorizzazioni;
- rischio espropri;
- rischio ambientale;
- rischio di progettazione, legato alle varie fasi della progettazione, dovuto a modifiche o errore in corsi;
- rischio di esecuzione difforme dal progetto, cioè non sono rispettati gli standard;
- rischio di errata valutazione di costi e tempi di costruzione;
- rischio di inadempimenti contrattuali, riguardo ai fornitori o subappaltatori che non permettono il rispetto di tempi e costi previsti dal contratto;

- rischio di disponibilità, dovuto a:
  - rischio di manutenzione straordinaria, non prevista e quindi ne conseguono modifiche di costi e tempi;
  - rischio di performance, dovuto ad attività di gestione contraria a quanto prestabilito;
  - rischio di obsolescenza tecnica, dovuto al superamento delle tecnologie;
- rischio di domanda, di mercato e specifica;
- rischio finanziario, dovuto al mancato o ritardato reperimento delle risorse finanziarie;
- rischio di valore residuale, cioè valore di consegna inferiore alle aspettative.

L'analisi dei rischi può essere effettuata attraverso metodi non numerici, con cui si valuta l'entità dell'impatto di un evento e la sua probabilità di accadimento, utilizzando una scala di valori espressa, ad esempio, come alto, medio, basso, ecc. Successivamente i rischi vengono poi classificati considerando l'effetto che possono avere sull'intero progetto. Un esempio è dato dalle matrici probabilità-impatto.

L'analisi numerica invece si basa su un metodo matematico-probabilistico del rischio e delle sue conseguenze generali sul progetto, che porta a valutazioni economiche e statistiche.

Per dare un valore economico al rischio è necessario stimare la probabilità di accadimento di un evento rischioso e le conseguenze che esso porterebbe alla riuscita del progetto. Come

già definito in precedenza, il rischio di un evento può essere misurato moltiplicando la probabilità di accadimento per l'impatto che ne deriverebbe.

		IMPATTO				
		Trascurabile	Lieve	Moderato	Forte	Grave
FREQUENZA		1	2	3	4	5
Nulla	1	1	2	3	4	5
Minima	2	2	4	6	8	10
Bassa	3	3	6	9	12	15
Media	4	4	8	12	16	20
Alta	5	5	10	15	20	25

Tabella 13 - Matrice Frequenza – Impatto

4.3 Applicazione di FTA

A causa del lungo termine di una concessione, è prevista anche una lunga cooperazione tra governo e investitori privati. Per questo motivo è necessaria una grande capacità di gestione del rischio, che deve essere ragionevolmente suddiviso tra privato e pubblico. Gli investitori privati sono i principali responsabili del rischio operativo e del rischio finanziario del progetto.

La *Fault Tree Analysis* (FTA) è un metodo che permette di definire la probabilità di accadimento di un evento critico. È basato sulla costruzione e nella successiva analisi di uno schema chiamato "albero dei guasti" (*Fault Tree*), che ha al principio un *top event*, cioè l'evento principale, collegato a tutti i rischi di base (*basic event*), componenti del sistema, che lo determinano. Iniziando dall'evento principale in alto, si ramifica verso livelli più bassi fino agli eventi basici di cui sono note le probabilità di accadimento. La probabilità del *Top event* è determinata quindi partendo dal basso verso l'alto.

Il metodo FTA non rappresenta solo un collegamento tra i fattori di rischio del progetto PPP ma permette anche di trovare facilmente i punti deboli del sistema, partendo da una analisi generale fino all'analisi dei singoli componenti.

I passaggi del metodo sono riportati di seguito.

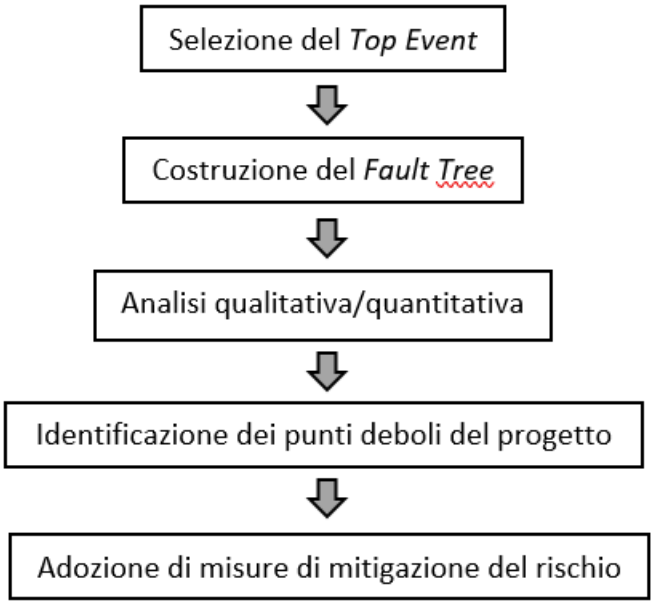

Figura 26 - Metodo della Fault Tree Analysis

4.3.1 Definizione degli eventi

Per la definizione e la classificazione dei fattori di rischio presenti nel progetto, si calcola l'indice di importanza relativa (*Relative Importance Index – RII*). In generale, i fattori di rischio vengono esaminati da un gruppo di esperti del settore, con esperienza decennale in progetti simili, vengono valutati sulla base della scala di Likert (valori da 1 a 5, in ordine crescente di importanza, nullo, minima, bassa, media, alta), e successivamente si applica la formula per il calcolo di RII. Gli indici di importanza relativa si calcolano come:

$$RII = \sum \frac{w}{A \cdot N}$$

dove w è il peso dato dagli esperti a ciascun rischio attraverso il questionario, A è il massimo peso (con la scala di Likert A = 5) ed N è il numero totale degli intervistati. Se il valore del coefficiente è alto, significa che l'evento di base ha un maggiore impatto sul *top event*.

Avendo a disposizione nei documenti del progetto la valutazione in scala di Likert della frequenza di accadimento, questa è stata considerata come la media dei risultati ottenuti da un ipotetico sondaggio agli esperti, ed N è stato assimilato pari a 1; non si hanno dei risultati precisi, ma arrotondati per eccesso o per difetto. In questo modo la struttura può essere

ordinata in base al valore del coefficiente indice di rischio (RII), applicando la formula e si ottiene:

RISCHIO	Frequenza	RII
Rischio di costruzione	4	0,8
Rischio di commissionamento	4	0,8
Rischio amministrativo	3	0,6
Rischio espropri	1	0,2
Rischio ambientale	3	0,6
Rischio di progettazione	4	0,8
Rischio di esecuzione difforme dal progetto	4	0,8
Rischio di errata valutazione tempi e costi	4	0,8
Rischio di inadempimento contrattuale	4	0,8
Rischio di disponibilità	5	1
Rischio di manutenzione straordinaria	5	1
Rischio di performance	4	0,8
Rischio di obsolescenza tecnica	4	0,8
Rischio di domanda	1	0,2
Rischio di contrazione della domanda di mercato	1	0,2
Rischio di contrazione della domanda specifica	1	0,2
Rischio finanziario	1	0,2
Rischio residuale	5	1

Tabella 14 - Classificazione dei rischi in base a RII

Trattandosi di un progetto PPP di una banca dati, quindi già sviluppato e concluso, non è stato possibile effettuare un sondaggio a un gruppo di esperti. Perciò, il risultato del fattore di rischio individuato nella tabella precedente è frutto di una stima dell'autore, esito di una serie di ricerche sul tema.

Per una maggiore precisione, la classificazione dei rischi del progetto è stata effettuata con la comparazione di valutazioni di progetti simili presenti in letteratura, tenendo conto della possibile elevata diversità tra i progetti per dimensioni, caratteristiche e contesto. La valutazione in scala di Likert della frequenza di accadimento di un evento rischioso è stata definita come media tra il valore indicato nella matrice dei rischi allegata al progetto, riportata sopra, e i valori indicati nei sondaggi di alcuni articoli di letteratura su casi non infrastrutturali.

RISCHIO	Caso studio	[1]	[2]	MEDIA
Rischio di costruzione				
Rischio di commissionamento	4	2,8	2,7	**3,2**
Rischio amministrativo	3	3,1	3,9	**3,3**
Rischio espropri	1	2,8	2,8	**2,2**
Rischio ambientale	3	2,8	2,9	**2,9**
Rischio di progettazione	4	2,9	3,7	**3,5**
Rischio di esecuzione difforme dal progetto	4	3,0	3,3	**3,4**
Rischio di errata valutazione tempi e costi	4	2,8	3,2	**3,4**
Rischio di inadempimento contrattuale	4	2,9	3,1	**3,3**
Rischio di disponibilità				
Rischio di manutenzione straordinaria	5	4,3	2,9	**4,1**
Rischio di performance	4	3,0	3,0	**3,3**
Rischio di obsolescenza tecnica	4	3,2	2,4	**3,2**
Rischio di domanda				
Rischio di contrazione della domanda di mercato	1	2,9	3,3	**2,4**
Rischio di contrazione della domanda specifica	1	3,0	3,1	**2,4**
Rischio finanziario	1	3,0	3,5	**2,5**
Rischio residuale	5	4,4	2,5	**4,0**

[1] Mohammed MARZOUK, Mahmoud EL-HESNAWI

[2] Yongjian KE, ShouQing WANG, Albert P.C. CHAN, Esther CHEUNG

Tabella 15 - Valutazione della frequenza di accadimento in scala Likert

E' stato così definito anche l'impatto di un evento rischioso, che moltiplicato per la frequenza, dà il valore del rischio come $R = F \ x \ I$. Si riporta nella tabella seguente la classificazione degli eventi di rischio presenti nel progetto in esame.

RISCHIO	FREQUENZA	IMPATTO	F x I	Posizione
Rischio di commissionamento	3,20	3,74	11,97	4
Rischio amministrativo	3,30	3,89	12,84	3
Rischio espropri	2,20	3,50	7,70	15
Rischio ambientale	2,90	3,20	9,28	12
Rischio di progettazione	3,50	3,67	12,85	2
Rischio di esecuzione difforme dal progetto	3,40	3,15	10,71	7
Rischio di errata valutazione tempi e costi	3,40	3,41	11,59	5
Rischio di inadempimento contrattuale	3,30	3,37	11,12	6
Rischio di manutenzione straordinaria	4,10	3,48	14,27	1
Rischio di performance	3,30	3,13	10,33	9
Rischio di obsolescenza tecnica	3,20	3,07	9,82	10
Rischio di contrazione della domanda di mercato	2,40	3,72	8,93	13
Rischio di contrazione della domanda specifica	2,40	3,48	8,35	14
Rischio finanziario	2,50	3,80	9,50	11
Rischio residuale	4,00	2,67	10,68	8

Tabella 16 - Classificazione dei rischi per frequenza e impatto

4.3.2 Costruzione dell'albero dei guasti

Per la costruzione dell'albero si utilizzano dei collegamenti chiamati "gates", tipici dell'algebra booleana, che rappresentano le relazioni tra ogni elemento dell'albero. Gli operatori booleani più utilizzati sono descritti di seguito.

- OR: il guasto c'è se almeno uno degli elementi di input si verifica – Struttura sequenziale.

$$P(A\ OR\ B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$

In generale, si ha l'equazione $P(A_0) = 1 - \Pi_i^n = \{1 - P(A_i)\}$

- AND: il guasto c'è se tutti gli elementi di input si verificano – Struttura parallela.

$$P(A\ AND\ B) = P(A) \cdot P(B)$$

In generale, si ha l'equazione $P(A_0) = \Pi_i^n = P(A_i)$

- PRIORITY AND: il guasto c'è se gli eventi si verificano secondo un ordine preciso.

- EXCLUSIVE OR: il guasto c'è se solo un evento si verifica.

- M-OUT OF-n: il guasto c'è se si verificano m degli n eventi presenti.

In generale, nell'analisi di progetti di questo tipo si ricorre solo alle porte OR e AND in quanto si tratta di eventi che non hanno una sola modalità di accadimento, e quindi è necessario definire se un determinato evento si verifica o non si verifica. In particolare, nell'analisi in questione è stata utilizzata solo la porta OR perché il fallimento di un progetto

in partenariato pubblico privato può avvenire anche nel caso sia presente solo uno dei rischi descritti, a seconda dell'entità del rischio.

Il rischio del progetto è stato analizzato con *Free FTA software*. La simbologia utilizzata è riportata di seguito.

OPERATORI BOOLEANI	GATE
OR	
AND	

EVENTO	SIMBOLO
BASIC EVENT	
EVENTO CON UN GATE	

Figura 27 - Simbologia per FT

Si procede quindi alla costruzione del *Fault tree*, riportato in forma compatta.

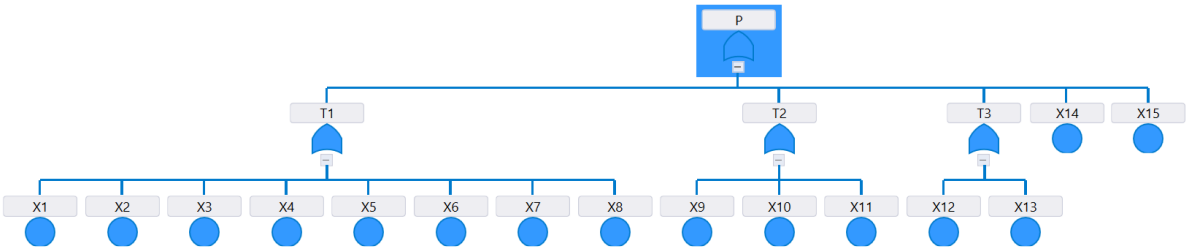

Figura 28 - Fault Tree *(in forma compatta)*

Di seguito è riportata la tabella degli eventi di rischio presenti nel progetto, a cui sono associati i codici utilizzati nell'albero dei guasti. In particolare, nel caso studio preso in analisi, l'albero dei guasti sarà formato dal top event P, 3 eventi intermedi (T) e 15 eventi di base (X).

Num	Codice	RISCHIO
1	T1	**Rischio di costruzione**
2	X1	Rischio di commissionamento
3	X2	Rischio amministrativo
4	X3	Rischio espropri
5	X4	Rischio ambientale
6	X5	Rischio di progettazione
7	X6	Rischio di esecuzione difforme dal progetto
8	X7	Rischio di errata valutazione tempi e costi
9	X8	Rischio di inadempimento contrattuale
10	T2	**Rischio di disponibilità**
11	X9	Rischio di manutenzione straordinaria
12	X10	Rischio di performance
13	X11	Rischio di obsolescenza tecnica
14	T3	**Rischio di domanda**
15	X12	Rischio di contrazione della domanda di mercato
16	X13	Rischio di contrazione della domanda specifica
17	X14	**Rischio finanziario**
18	X15	**Rischio residuale**

Tabella 17 - Codici degli eventi nel FT

La valutazione del Fault Tree è sia di tipo quantitativo che qualitativo. La prima definisce la probabilità di accadimento del top event. Mentre la seconda fornisce informazioni su MSC, spiegato nel paragrafo successivo, per il top event. L'interpretazione finale dei risultati dà una visione globale dell'impatto che l'accadimento di un *basic event* può avere sul sistema.

4.3.3 Analisi qualitativa e quantitativa dell'albero dei guasti

4.3.3.1 Analisi qualitativa

Il fallimento del progetto PPP, corrispondente all'evento principale P, può essere causato da diverse combinazioni degli eventi basici. Si utilizza il concetto di *cut set*, che consiste in un insieme di eventi che, se si verificano, fanno sì che anche il *top event* si verifichi.

Set di taglio minimo (*minimal cut set*): si tratta di un sottoinsieme ultimo $\{x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{ik}\}$, dove i =1, 2, …, k e k è il numero dei set di taglio. Si presuppone che l'evento principale (fallimento del progetto in PPP) si ha quando si verificano gli eventi di base contenuti nel sottoinsieme. Il set di taglio minimo è ottenuto secondo i criteri dell'algebra booleana.

$$P = T_1 + T_2 + T_3 + X_{14} + X_{15} =$$
$$= X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12}$$
$$+ X_{13} + X_{14} + X_{15}$$

Il set di taglio minimo, il numero minimo di "percorsi" necessari e sufficienti a determinare il verificarsi del *top event*, corrisponde all'accadimento di 15 tipi di errore dell'evento principale. Il top event si verifica se almeno uno degli eventi intermedi si verifica.

Nel caso analizzato il calcolo del MSC è semplice perché, con la presenza di sole porte OR, si riduce alla somma della probabilità degli eventi. Nel caso di eventi più complessi, in cui è presente una maggiore quanti di rischi, è utile l'applicazione in quanto è possibile ridurre il calcolo agli eventi basici più influenti del progetto.

Analizzando il grado di importanza nella struttura degli eventi basici si osserva quali sono quelli che influenzano maggiormente il progetto. Quelli che hanno il massimo impatto sull'evento principale sono X9, X15. Inoltre, hanno un forte impatto gli eventi basici X1, X2, X5, X6, X7, X8, X10, X11. Per questo motivo, è necessario concentrare buone tecniche di gestione del rischio sugli eventi intermedi T1 e T2 (rischio di costruzione e rischio di disponibilità).

Una volta ottenuto il *minimum cut set*, si può fare una analisi quantitativa del sistema determinando la probabilità di accadimento di ogni evento basico, la probabilità del minimal cut set e la probabilità di accadimento del top event.

4.3.3.2 Analisi quantitativa

Per quantificare la probabilità di accadimento di un top event è necessario definire quella dei diversi *basic events.*

Sulla base dei valori della matrice dei rischi allegata al progetto, sono stati stimati i valori della probabilità di accadimento con una raccolta di dati attraverso la ricerca in letteratura di progetti in PPP. La struttura del sistema probabilistico viene sviluppata per ognuno dei 18 rischi; è composta da una catena sequenziale di eventi rischiosi che coinvolgono uno o più eventi causati individualmente, ciascuno con la propria probabilità di accadimento. Ad esempio, "rischio di costruzione" è un evento intermedio causato da diversi eventi basici

(rischio di commissionamento, rischio amministrativo, rischio di progettazione, ecc.). La probabilità di accadimento di un evento intermedio viene calcolata con i modelli della *Fault Tree Analysis* attraverso le equazioni booleane definite in precedenza. In particolare, nel caso considerato, il gate OR viene calcolato utilizzando l'equazione:

$$P(A_0) = 1 - \Pi_i^n = \{1 - P(A_i)\}$$

dove A_0 è l'evento intermedio e A_i è l'evento di input (di base).

L'Autorità di Vigilanza ha raccolto e analizzato con riferimento alla probabilità di accadimento dei rischi circa 32000 casi definendo una tabella di valori, riferita però agli incrementi di costi e tempi relativi ai soli costi di costruzione (come nel metodo del PSC). A questi devono essere aggiunti tutti i rischi di carattere generale che sono sempre presenti in una procedura di partenariato pubblico privato. Dall'analisi dei documenti della letteratura, è stata individuata un'associazione delle percentuali di accadimento con la valutazione della frequenza in scala Likert, ottendo la tabella seguente.

	Probabilità di accadimento	
1	Nulla	0-1%
2	Minima	Da 1% a 5%
3	Bassa	Da 5% a 15%
4	Media	Da 15% a 25%
5	Alta	Più di 25%

Tabella 18 - Uguaglianza scala Likert - probabilità di accadimento

Le probabilità di accadimento dei rischi del progetto sono riportate di seguito.

RISCHIO	Frequenza	Probabilità di accadimento
Rischio di costruzione		
Rischio di commissionamento	4	15%
Rischio amministrativo	3	10%
Rischio espropri	1	1%
Rischio ambientale	3	5%
Rischio di progettazione	4	15%
Rischio di esecuzione difforme dal progetto	4	20%
Rischio di errata valutazione tempi e costi	4	15%
Rischio di inadempimento contrattuale	4	20%
Rischio di disponibilità		
Rischio di manutenzione straordinaria	5	35%
Rischio di performance	4	15%
Rischio di obsolescenza tecnica	4	25%
Rischio di domanda		
Rischio di contrazione della domanda di mercato	1	1%
Rischio di contrazione della domanda specifica	1	1%
Rischio finanziario	1	1%
Rischio residuale	5	30%

Tabella 19 - Probabilità di accadimento degli eventi di rischio

Si può calcolare la probabilità di accadimento del rischio di costruzione. A titolo di esempio ci si riferisce a un solo evento intermedio. Nel *Fault Tree* il rischio di disponibilità è considerato un evento intermedio dovuto a tre eventi basici collegati con porta OR. Con la formula scritta precedentemente, si avrà:

$$P(T_2) = 1 - \Pi_i^n = \{1 - P(X_9); 1 - P(X_{10}); 1 - P(X_{11})\}$$

In modo semplificato, la probabilità che accadano gli eventi intermedi è data dalla media pesata degli eventi di base. Quindi si ha:

- rischio di costruzione: 13%;
- rischio di disponibilità: 25%;
- rischio di domanda: 1%, non comporta maggiori costi relativi alla procedura;
- rischio finanziario: 1%;
- rischio di valore residuale: 30%.

L'evento principale *Fallimento del progetto PPP* è dato dalla combinazione tramite porta OR degli eventi intermedi; si ha:

$$P(P) = P(T_1) + P(T_2) + P(T_3) + P(X_{14}) + P(X_{15}) - \big(P(T_1)P(T_2)\big) - \big(P(T_1)P(T_3)\big) - \big(P(T_1)P(X_{14})\big) - \big(P(T_1)P(X_{15})\big) - \big(P(T_2)P(T_3)\big) - \big(P(T_2)P(X_{14})\big) - \big(P(T_2)P(X_{15})\big) - \big(P(T_3)P(X_{14})\big) - \big(P(T_3)P(X_{15})\big) - \big(P(X_{14})P(X_{15})\big) = \mathbf{60}\%$$

cioè la somma delle probabilità di accadimento degli eventi intermedi meno la probabilità dell'intersezione di due eventi intermedi. Questo valore indica che la probabilità che accada almeno un evento rischioso che possa portare al fallimento del progetto è pari al 60%, e cioè mediamente elevata. Per questo motivo è molto importante applicare le giuste soluzioni di mitigazione dei rischi, soprattutto di quelli con la probabilità di accadimento più elevata.

Come è scaturito dall'analisi per la definizione degli eventi del sistema, il rischio che deve essere gestito al meglio per limitare la probabilità di fallimento del progetto è il "rischio di manutenzione straordinaria" (X9). Per mitigare questo rischio, il realizzatore deve garantire il mantenimento in efficienza dell'immobile usando la massima diligenza nelle attività manutentive.

Per dare un valore economico al rischio di manutenzione straordinaria, si possono applicare gli stessi criteri che vengono utilizzati per il calcolo dell'incremento di tempi e costi di costruzione nel calcolo del PSC del progetto, come definito dall'Autorità di Vigilanza:

SCOSTAMENTO	EFFICIENZA FINANZIARIA E TEMPORALE	
Nullo	25%	23%
Lieve (0-5%)	30%	2%
Moderato (5-20%)	33%	9%
Forte (40%)	12%	66%
Totale interventi	100%	100%

Tabella 20 - Percentuali di scostamento economico e finanziario

Di seguito si riportano a titolo di esempio, i calcoli di alcuni valori economici di rischio.

Il valore per il costo di manutenzione straordinaria previsto nel quadro economico è di 20.000€. Quindi si ha:

Incremento		Ammontare del costo di manutenzione straordinaria	Entità del danno	Probabilità	Valore del rischio
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	20.000,00 €	-	25,0%	0
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	21.000,00 €	1.000,00 €	30,0%	300,00 €
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	24.000,00 €	4.000,00 €	33,0%	1.320,00 €
Forte (≥20%)	40,00%	28.000,00 €	8.000,00 €	12,0%	960,00 €
					2.580,00 €

Il calcolo del rischio di errata valutazione di tempi e costi di costruzione si ottiene utilizzando il valore dei lavori, di 2.935.000€.

Incremento		Ammontare del costo di costruzione	Entità del danno	Probabilità	Valore del rischio
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	2.935.000,00 €	-	25,0%	0
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	3.081.750,00 €	146.750,00 €	30,0%	44.025,00 €
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	3.522.000,00 €	587.000,00 €	33,0%	193.710,00 €
Forte (≥20%)	40,00%	4.109.000,00 €	1.174.000,00 €	12,0%	140.880,00 €
					378.615,00 €

Il valore previsto del costo di progettazione è pari a 367.600€.

Incremento		Ammontare del costo di progettazione	Entità del danno	Probabilità	Valore del rischio
Tipo	%				
Nullo (≤0)	0,00%	367.600,00 €	-	25,0%	0
Lieve (>0 e <5%)	5,00%	385.980,00 €	18.380,00 €	30,0%	5.514,00 €
Moderato (>5% e <20%)	20,00%	441.120,00 €	73.520,00 €	33,0%	24.261,60 €
Forte (≥20%)	40,00%	514.640,00 €	147.040,00 €	12,0%	17.644,80 €
					47.420,40 €

Tabella 21 - Calcoli di alcuni rischi (in base a valori di incremento)

Per ciascun tipo di rischio, le parti contraenti devono sviluppare strategie di mitigazione dei rischi. Si ottiene una matrice dei rischi, in cui sono compresi i valori economici e l'allocazione del rischio.

Codice FTA	RISCHIO	Frequenza (scala Likert)	Probabilità di accadimento	Valore del rischio[1]	Allocazione pubblico	Allocazione privato
P	**FALLIMENTO DEL PROGETTO PPP**	**-**	**60%**			
T1	**Rischio di costruzione**	-	***13%***	**980.290,00 €**		x
X1	Rischio di commissionamento	4	15%			x
X2	Rischio amministrativo	3	10%		x	x
X3	Rischio espropri	1	1%			x
X4	Rischio ambientale	3	5%			x
X5	Rischio di progettazione	4	15%	*47.420,00 €*		x
X6	Rischio di esecuzione difforme dal progetto	4	20%			x
X7	Rischio di errata valutazione tempi e costi	4	15%	*378.315,00 €*		x
X8	Rischio di inadempimento contrattuale	4	20%			x
T2	**Rischio di disponibilità**	-	***36%***			x
X9	Rischio di manutenzione straordinaria	5	35%	*2.580,00 €*		x
X10	Rischio di performance	4	15%			x
X11	Rischio di obsolescenza tecnica	4	25%			x
T3	**Rischio di domanda**	-	1%	170.000,00 €		x
X12	Rischio di contrazione della domanda di mercato	1	1%			x
X13	Rischio di contrazione della domanda specifica	1	1%			x
X14	**Rischio finanziario**	1	***1%***			x
X15	**Rischio residuale**	5	***30%***			x

1 I valori in corsivo sono stati calcolati in precedenza, gli altri sono stati presi dal quadro economico

Tabella 22 - Matrice dei rischi con probabilità di accadimento, valore economico e allocazione

4.5 Considerazioni finali

Il successo della collaborazione tra partner privato e settore pubblico richiede che i rischi siano assegnati alla parte contrattuale più in grado di mitigarli. I contratti in PPP sono caratterizzati da una durata a lungo termine e dalla sottoscrizione di ingenti finanziamenti da parte del settore privato. L'allocazione imperfetta dei rischi costituisce una delle cause primarie del fallimento della collaborazione del partner privato con il pubblico, e viceversa del successo quando è fatta adeguatamente. Un'allocazione fatta in modo adeguato minimizza i costi economici associati ad ogni rischio. Questo è stato ampiamente confermato dalla ricerca in letteratura. Il rischio di inefficienza del contratto associato a una cattiva gestione del rischio da parte del settore pubblico comporta costi più elevati quando la pubblica amministrazione utilizza i tradizionali contratti di affidamento delle infrastrutture. Con l'appalto tradizionale, infatti, i rischi vengono trasferiti al cliente e ai contribuenti quando non si riesce a mitigarli. Perciò, anche se si ha un costo di finanziamento più elevato, di fondo il costo totale nei progetti in PPP ben definiti è inferiore a quello di un appalto tradizionale.

Questo elaborato è incentrato sull'esaminare il tema dell'assegnazione del rischio nei progetti di partenariato pubblico-privato. Alla base c'è stato un lavoro di ricerca in letteratura di articoli, conference paper e libri che hanno trattato questo argomento. Grazie a questo è stato possibile identificare una serie di rischi presenti in progetti, su scala mondiale, svolti con una procedura di Partenariato Pubblico Privato. Nel complesso, i risultati del lavoro di ricerca mostrano che in un progetto in Partenariato pubblico privato, il partner del settore pubblico dovrebbe assumersi principalmente i rischi politici e amministrativi. I rischi di organizzazione e coordinamento, i rischi di forza maggiore e i rischi di cambio legislativo devono essere condivisi. La maggior parte dei rischi presenti in un progetto, nello specifico quelli direttamente associati al progetto in PPP (ad esempio, l'aumento dei costi di costruzione, il non raggiungimento della qualità, ecc.) deve essere assunta dal soggetto privato. Alcuni fattori di rischio, come ad esempio il rischio di opposizione pubblica, non può sempre essere assegnato allo stesso soggetto pubblico/privato ma i casi devono essere analizzati caso per caso in base alle dimensioni e alle caratteristiche del progetto trattato.

Attraverso l'applicazione del metodo invece, si nota che la probabilità di accadimento di un evento rischioso cambia a seconda del tipo di progetto. L'analisi FTA riesce a identificare

il quadro delle possibili condizioni di elementi, cause ed eventi che possono causare "guasti" al sistema. Inoltre, l'albero dei guasti può essere utilizzato per il monitoraggio della qualità delle relazioni tra i diversi eventi rischiosi. La capacità di utilizzare nel modo corretto le informazioni che si possono ottenere può aiutare ad aumentare le prestazioni, prendendo la migliore decisione per intraprendere azioni di mitigazione del rischio.

Ad esempio, nel caso preso in esame per l'applicazione del metodo si è ottenuto che il rischio più alto è rappresentato dal rischio di disponibilità (con probabilità di accadimento pari al 36%), dovuto al rischio di manutenzione straordinaria, al rischio di performance e al rischio di obsolescenza tecnica. Si tratta del rischio legato alla capacità dell'investitore economico privato di erogare le prestazioni contrattuali pattuite, in modo da raggiungere lo standard di qualità previsto dal contratto. La poca chiarezza dei contratti insieme alla mancanza di completezza, contribuisce alla compromissione della qualità delle prestazioni. La stima del danno prodotto dai mancati eventi di manutenzione ordinaria e straordinaria può raggiungere valori molto variabili. La mitigazione del rischio può avvenire attraverso l'obbligo contrattuale, concretizzato nel mantenimento dell'alta efficienza dell'opera realizzata.

L'obiettivo principale quindi, era trovare un modo per permettere al settore pubblico e al partner privato di definire il metodo migliore per la corretta allocazione del rischio. Solo in questo modo la Pubblica Amministrazione e il partner privato sono in grado di giungere ad una soluzione più efficiente per lo svolgimento del progetto rispettando gli obblighi contrattuali e ottenendo un risultato di alto livello in termini di qualità.

Bibliografia/Sitografia

ARTICOLI

- Ahmad U., Ibrahim Y., Minai M.S. "*Malaysian public–private partnerships: Risk management in build, lease, maintain and transfer projects"*, 2018, [Cogent Business & Management, pp. 1-13]

- Sastoque L.M., Arboleda C.A., Ponz J.L., "*A Proposal for Risk Allocation in Social Infrastructure Projects Applying PPP in Colombia*", 2016 [Procedia Engineering, vol.145, pp. 1354-1361]

- Xiaoyan Jiang, Kun Lu, Bo Xia, Yong Liu, Caiyun Cui, *"Identifying significant risks and analyzing risk relationship for construction PPP Projects in China using integrated FISM-MICMAC approach*", 2019 [Sustainability, vol.11, num. articolo 5206]

- Yan Li, Xinyu Wang, "*Using fuzzy analytic network process and ISM methods for risk assessment of public-private partnership: A china perspective"*, 2019 [Journal of Civil Engineering and Management, vol.25, pp. 168-183]

- Yongrok Choi, "*Intermediary Propositions for Green Growth with Sustainable Governance*", 2015 [Sustainability 2015, vol.7, pagg. 785-801]

- Rossi M., Festa G., Gunardi A., "*The evolution of Public-Private Partnerships in a comparison between Europe and Italy: Some perspectives for the Energy Sector*", 2019 [International Journal of Energy Economics and Policy, vol.9(3), pagg. 403-413]

- Yihong Lai, Shulian Wu, "*Review of Studies on Risk Early Warning of Public-Private Partnership Projects in Characteristic Town*", 2019 [IOP Conf. Ser.: Earth Environment. Sci. 330022105]

- Alireza Valipour, Nordin Yahaya, Norhazilan MD Noor, Iman Valipour, Jolanta Tamošaitienė, "*A SWARA-COPRAS approach to the allocation of risk in water and sewerage public–private partnership projects in Malaysia*", 2018 [International Journal of Strategic Property Management, vol.23(4), pagg. 269-283]

- Seyed Hossein Razavi Hajiagha, Shide Sadat Hashemi, Edmundas Kazimieras Zavadskas, "*A complex proportional assessment method for group decision making in an interval-valued intuitionistic fuzzy environment*", 2012 [Technological and economic development of economy, vol.19(1), pagg. 22-37]

- Alireza Valipour, Nordin Yahaya, Norhazilan MD Noor, Jurgita Antuchevičienė, Jolanta Tamošaitienė, "*Hybrid swara-copras method for risk assessment in deep foundation excavation project: an iranian case study*", 2016 [Journal of civil engineering and management, vol.23(4), pagg. 524–532]

- Morteza Yazdani, Ali Alidoosti, Edmundas Kazimieras Zavadskas, "*Risk analysis of critical infrastructures using Fuzzy Copras*", 2011 [Economic Research - Ekonomska Istraživanja, vol.24(4), pagg. 27-40]

- Mohammad Majid Fouladgar, Abdolreza Yazdani-Chamzini, Edmundas Kazimieras Zavadskas, S. Hamzeh Haji Moini, "*A new hybrid model for evaluating the working strategies: case study of construction company*", 2011 [Technological and economic development of economy, vol.18(1), pagg. 164-188]

- Gulzhanat Akhanova, Abid Nadeem, Jong R. Kim, Salman Azhar, "*A multi-criteria decision-making framework for building sustainability assessment in Kazakhstan*", 2019 [Sustainable Cities and Society 52]

- Libiao Bai, Yi Li, Qiang Du, Yadan Xu, "*A Fuzzy Comprehensive Evaluation Model for Sustainability Risk Evaluation of PPP Projects*", 2017 [Sustainability, vol.9, num. articolo 1890]

- Alireza Valipour, Nordin Yahaya, Norhazilan MD Noor, Abbas Mardani, Jurgita Antuchevičienė, "*A New hybrid Fuzzy Cybernetic Analytic Network Process model to identify shared risks in PPP projects*", 2015 [International Journal of Strategic Property Management, vol.20(4), pagg. 409-426]

- Tatiana Anopchenko, Olga Gorbaneva, Elena Lazareva, Anton Murzin, Gennady Ougolnitsky, "*Modeling Public—Private Partnerships in Innovative Economy: A Regional Aspect*", 2019 [Sustainability, vol.11, num. articolo 5588]

- Qin Liu, Qing Yang, "*Multi agent risk sharing optimization of PPP project in urban garbage disposal - Based on utility function considering of risk preference*", 2018 [Web of Conferences, vol.53, num. articolo 04014]

- Yuanzhi Xing, Qiuling Guan, "*Risk management of PPP project in the preparation stage based on Fault Tree Analysis*", 2017 [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 59]

- Danielle Nel, "*Allocation of risk in public private partnerships in information and communications technology*", 2020 [International journal of ebusiness and egovernment studies, vol.12(1), pp. 17-32]

- Mostafa Babaeian Jelodar, Tak Wing Yiu, Suzanne Wilkinson, "*Systematic representation of relationship Quality in conflict and Dispute: for Construction Projects*" [Construction Economics and Building, vol.15(1), pagg. 89-103]

- Mohammed Marzouk, Mahmoud EL-Hesnawi "*Framework for assessing serviceability and socio-economic risk associated with ppps projects in Libya*", 2018 [Journal of Civil Engineering and Management, vol.24(7), pagg. 556-567]

- Mohsen Ahmadi, Kourosh Behzadian, Abdollah Ardeshir, Zoran Kapelan, "*Comprehensive risk management using fuzzy fmea and mcda techniques in highway construction projects*", 2017 [Journal of civil engineering and management, vol.23(2), pagg. 300-310]

- S Shoar, A Banaitis, "*Application of fuzzy fault tree analysis to identify factors influencing construction labor productivity: a high-rise building case study*", 2019 [Journal of Civil Engineering and Management, vol.25(1), pagg.41-52]

TESTI/MONOGRAFIE

- Appunti del corso di Fattibilità e valutazione economica dei progetti, Politecnico di Torino

- "*Il partenariato pubblico privato*", L. Falduto, 2019

SITI WEB

- www.scopus.com – ultima consultazione 16.06.2020

- www.scholar.google.com – ultima consultazione 09.07.2020

- www.codicecontrattipubblici.com - ultima consultazione 30.06.2020

- www.programmazioneeconomica.gov.it - ultima consultazione 22.02.2020

- www.lavoripubblici.it

- www.anticorruzione.it

-https://www.ediliziaeterritorio.ilsole24ore.com/art/lavori-pubblici "*Dai requisiti al progetto: i 7 nodi del PPP da sciogliere con il regolamento appalti*", Velia M. Leone, 2020

- www.en.wikipedia.org/wiki/Fault_tree_analysis - ultima consultazione 30.06.2020

- http://cad.comune.rivoli.to.it/index.php/gare-e-appalti/bandi-di-lavori

NORMATIVE

- D. Lgs. 50/2016 – *Codice dei contratti pubblici*, in G.U. n.91 del 19 aprile 2016

AGGIORNAMENTI E MODIFICHE:

Avviso di rettifica (G.U.R.I. n.164 del 15 luglio 2016)

D.L. 30/12/2016 n.244 convertito con Legge 27/02/2017 n.19 (G.U.R.I. n.49 del 28 febbraio 2017)

Decreto "Correttivo" 19/04/2017 n.56 (G.U.R.I. n.103 del 05 maggio 2017)

Legge 27/12/2017 n.205 (G.U.R.I. n.302 del 29 dicembre 2017)

Decreto "Semplificazioni" 14/12/2018 n.135 (G.U.R.I. n.290 del 14 dicembre 2018)

Legge 03/05/2019 n.37 (G.U.R.I. n.109 del 11 maggio 2019)

Decreto "Sblocca Cantieri" 18/04/2019 n.32 (G.U.R.I. n.92 del 18 aprile 2019) convertito con modificazioni con Legge 14/06/2019 n.55 (G.U.R.I. n.140 del 17 giugno 2019)

Decreto "Fiscale" 26/10/2019 n. 124 (G.U.R.I. n.252 del 26 ottobre 2019) convertito con modificazioni con Legge 19/12/2019 n. 157 (G.U.R.I. n.301 del 24 dicembre 2019)

Decreto "Cura Italia" 17/03/2020 n. 18 (G.U.R.I. 17 marzo 2020 n. 70) convertito con modificazioni con Legge 24/04/2020 n. 27 (G.U.R I. 29 aprile 2020 n. 110)

- Linee Guida n. 9, *Monitoraggio delle amministrazioni aggiudicatrici sull'attività dell'operatore economico nei contratti di partenariato pubblico privato*, di attuazione del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, ANAC

- Linee Guida DIPE (Dipartimento per la Programmazione e il Coordinamento della Politica Economica), *100 domande e risposte in materia di PPP*, 2019

- "*Libro verde relativo ai partenariati pubblico-privati ed al diritto comunitario degli appalti pubblici e delle concessioni*", Commissione delle comunità europee, 2004