



UNIVERSITÀ DI PISA

Corso di Laurea Magistrale in Data Science and Business Informatics

Business Process Modeling Progetto 35: Ricerca

Ferri Diletta (667208)

Academic Year 2023-2024

Contents

1	Introduzione	3
2	Modellazione BPMN	3
2.1	Coordinatore	3
2.2	Responsabile di sede	5
2.3	Sistema elettronico di valutazione	5
3	Workflow nets	6
3.1	Workflow net Coordinatore	6
3.2	Workflow net Responsabile di sede	7
3.3	Workflow net Sistema elettronico di valutazione	7
3.4	Workflow net completa	7
4	Variante del processo	10
5	Coverability Graphs	12

1 Introduzione

Il presente report si propone di analizzare lo scenario di sottomissione di un progetto di ricerca da parte di un coordinatore e due responsabili di sede per poter ottenere un finanziamento.
Il processo è stato modellato attraverso lo standard BPMN (Business Process Modeling Notation), esposto nella Sezione 2, ed approfondito successivamente nella Sezione 3 attraverso le reti di Petri.

2 Modellazione BPMN

Lo scenario presentato è stato modellato utilizzando la notazione BPMN, utilizzando gli editor online BPMN.io e Signavio.

Il processo è collaborativo, i cui attori che sono stati identificati sono tre: il coordinatore, il responsabile di sede ed il sistema elettronico di valutazione.

I tre attori sono stati rappresentati attraverso tre pool distinte, e le comunicazioni tra di esse sono rappresentate con dei message flow. Il processo è riportato nella sua interezza, nella sua versione base, nella Figura 1 sottostante. È importante notare che il Coordinatore ed il Sistema elettronico di valutazione sono unici, mentre i Responsabili di sede sono due. Per questo motivo, quando il coordinatore o il sistema di valutazione devono interfacciarsi con entrambi i responsabili, attraverso dei task svolti parallelamente, questo comportamento è indicato dalle tre linee verticali nelle attività corrispondenti.

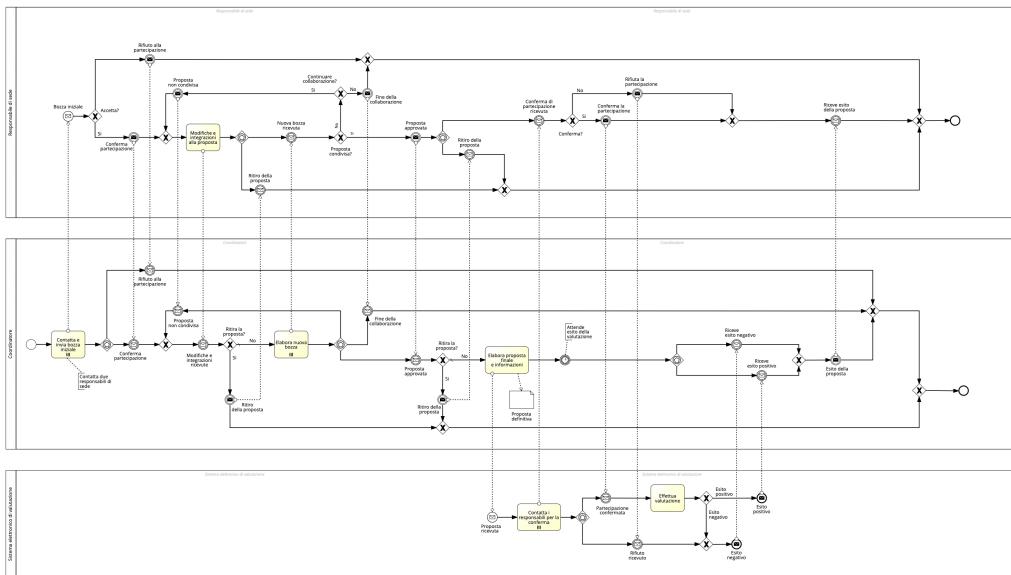


Figure 1: Diagramma BPMN rappresentante lo scenario base

2.1 Coordinatore

Il processo inizia nella pool Coordinatore, riportata in Figura 2, attraverso un primo *task* con il quale questo contatta ed invia una bozza iniziale della proposta ai responsabili di sede, e deve poi attendere una loro risposta positiva o negativa rispetto alla loro volontà di partecipare alla stesura del progetto. Questa situazione è modellata attraverso un *event-based gateway*, essendo dipendente da un’informazione proveniente dall’esterno, che viene rappresentata con un *intermediate catching event*. Nel caso di un rifiuto alla partecipazione della proposta, il processo termina, andando a

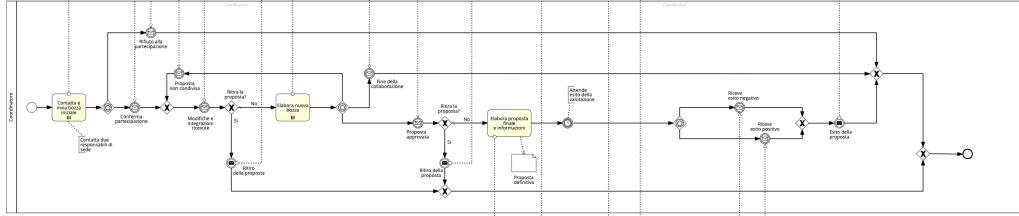


Figure 2: Diagramma BPMN della pool Coordinatore

riunirsi con degli *XOR join* agli altri flussi e raggiungendo l'*end event*. Nel caso invece di una conferma di partecipazione, dopo uno *XOR join* (utilizzato per riunire i diversi flussi), il coordinatore riceverà sempre dai responsabili delle loro modifiche o integrazioni alla proposta.

Il coordinatore ha il diritto di ritirare la proposta in qualsiasi momento. Questo è stato modellato attraverso degli *XOR gateway di tipo split*, presenti prima di ogni task che il coordinatore deve compiere, assicurando così che possa ritirare la proposta prima di continuare il processo di sottosmissione del progetto. Come è possibile vedere in Figura 3, il percorso di default svolto è quello del continuare con l'elaborazione della proposta. Nei casi in cui il coordinatore decida di ritirare la proposta, ne viene inviata comunicazione ai responsabili di sede, modellata con un *intermediate throwing event*, ed il processo termina, andando a riunirsi con uno *XOR join* agli altri flussi, per raggiungere l'*end event*. Non sarà più possibile per il coordinatore avere la scelta di ritirare la proposta dopo aver sottomesso la proposta di progetto al sistema di valutazione.

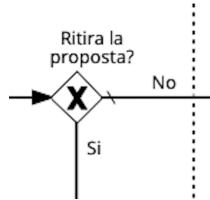


Figure 3: Percorso di default nei momenti di possibile ritiro

Nel caso in cui il coordinatore decida di continuare con l'elaborazione della proposta, andrà ad elaborare una nuova bozza, aggiungendo le modifiche ed integrazioni ricevute, che provvederà ad inviare ai responsabili. Dopodichè aspetterà una loro comunicazione, che viene modellata attraverso un altro *event-based gateway*, con tre possibilità: la proposta non viene accettata nella sua forma attuale, ed in tal caso il flusso torna indietro, ed il coordinatore dovrà attendere le ulteriori modifiche inviate dai responsabili; i responsabili decidono per la fine della collaborazione, quindi il processo termina; o la proposta viene approvata. Questo processo viene iterato finché la proposta non è approvata o finché i responsabili di sede non decidano di mettere fine alla collaborazione.

Dopo che la proposta è stata approvata, il coordinatore potrà nuovamente decidere se ritirarla prima di sottosmetterla per la valutazione. Se decide di continuare, andrà ad elaborare la proposta finale insieme a tutte le informazioni necessarie. Queste verranno poi inserite nel sistema elettronico di valutazione. Dopodichè dovrà attendere finché non riceverà l'esito della valutazione. Essendo anche questa un'informazione esterna, è modellata da un ulteriore *event-based gateway*, a cui seguono degli *intermediate catching events*, che si riuniscono in uno *XOR join*. In entrambi i casi, infatti, viene comunicato ai responsabili, tramite un *intermediate throwing event*, l'esito della valutazione.

Infine i diversi flussi, che rappresentano i diversi modi in cui il processo può terminare, vanno a riunirsi in degli *XOR join*, che indirizzano all'*end event*.

2.2 Responsabile di sede

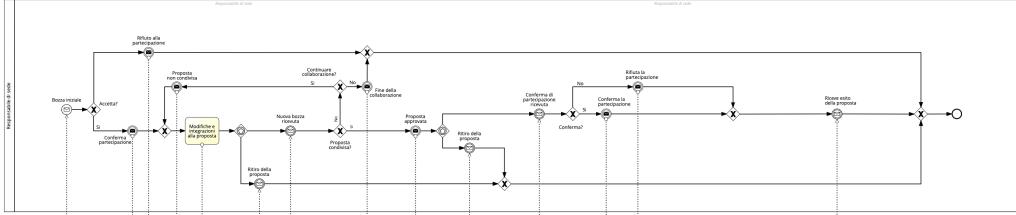


Figure 4: Diagramma BPMN della pool Responsabile

Il processo inizia quando viene ricevuta la bozza iniziale della proposta da parte del coordinatore. Il responsabile ha quindi una scelta, rappresentata da uno *XOR gateway di tipo split*: può scegliere se rifiutare la collaborazione (ed in tal caso il processo va a terminare, andando verso l'*end event*), oppure accettarla. In entrambi i casi la decisione viene comunicata al coordinatore attraverso un *intermediate throwing event*.

Se decide di accettare la partecipazione, troviamo uno *XOR join*, che va a riunire i diversi flussi, seguito dal *task* che prevede l'invio delle modifiche e integrazioni da inviare al coordinatore. La continuazione del processo dipende poi dalla scelta presa dal coordinatore, troviamo quindi un *event-based gateway*, al quale seguono due possibili alternative con degli *intermediate catching events*: uno che modella la ricezione della decisione di ritirare la proposta da parte del coordinatore, l'altro che invece rappresenta l'arrivo della nuova bozza nella quale sono presenti le modifiche inviate. A seguito della ricezione della nuova bozza, il responsabile di sede ha davanti tre possibili scelte, modellate attraverso due *XOR split* collegati, ed in ogni caso la decisione presa viene comunicata al coordinatore attraverso degli *intermediate throwing event*. Nel primo *XOR split* decide se approva o no la proposta. Se non la approva può decidere se interrompere la collaborazione, ed in questo caso si va a far terminare il processo, oppure comunicare che la proposta non è condivisa, ed in questo caso il flusso torna indietro allo *XOR join*, facendo iterare il processo di invio delle modifiche. Nel caso in cui la proposta venga approvata, il processo dipende nuovamente dalle scelte del coordinatore, modellato con un altro *event-based gateway*. Se viene ricevuta la comunicazione del ritiro, il processo va a terminare, come nel caso analogo precedente, altrimenti l'evento possibile è la ricezione della richiesta di conferma di partecipazione alla proposta da parte del Sistema elettronico di valutazione. Il responsabile può decidere se confermare o no, scelta rappresentata da uno *XOR split*, e riunitendo poi i flussi in uno *XOR join*. Infine, viene ricevuto l'esito della proposta. Tutti i possibili flussi vanno poi a riunirsi in uno *XOR join*, che porta all'*end event*, e che conclude il processo.

2.3 Sistema elettronico di valutazione

L'ultima pool presente nel processo è quella del Sistema elettronico di valutazione. Il processo vede verificarsi il suo evento di start con la ricezione della proposta finale. A questo segue un *task* che modella il contatto dei responsabili e la richiesta di conferma di partecipazione alla proposta. Il processo dipende poi dalla risposta dei responsabili, modellato quindi con un *event-based gateway*: da una parte si riceve il rifiuto alla collaborazione, che implica un esito negativo nell'approvazione del progetto di ricerca; dall'altra si riceve la conferma della partecipazione, alla quale segue un *task* di valutazione. I due possibili esiti della valutazione sono modellati da uno *XOR gateway di tipo split*: da una parte si ha l'esito positivo, dall'altra uno *XOR join* che riunisce i casi di esito negativo. In entrambi i casi il processo termina con la comunicazione dell'esito corrispondente al coordinatore.

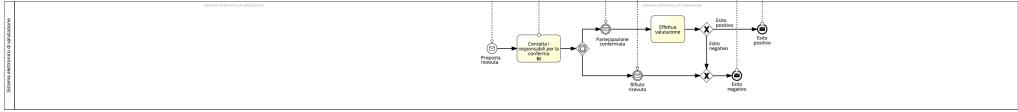


Figure 5: Diagramma BPMN della pool Sistema elettronico di valutazione

3 Workflow nets

I processi modellati attraverso il BPMN sono stati poi trasformati in una particolare tipologia di reti di Petri, le *workflow nets*. Queste permettono una rappresentazione più formale e matematica, che consente un'analisi più approfondita e la verifica di alcune proprietà della rete, e quindi del processo.

Per la trasformazione da BPMN a workflow net sono state osservate le regole seguenti:

- Sostituzione di ogni task ed ogni evento con una transizione;
- Sostituzione di ogni sequence flow con una piazza;
- Traduzione degli XOR split e XOR join in piazze e transizioni;
- Traduzione degli event-based gateway con una piazza seguita da tante transizioni quante le possibili alternative che possono verificarsi;
- Aggiunta di un'unica piazza iniziale e finale.

Di seguito sono analizzate prima le workflow net dei singoli attori ed infine quella completa. Infine, i coverability graphs delle reti, sia nella sua versione base che nella variante, sono riportati nella Sezione 5.

La trasformazione e l'analisi sono state svolte tramite il software WoPeD.

3.1 Workflow net Coordinatore

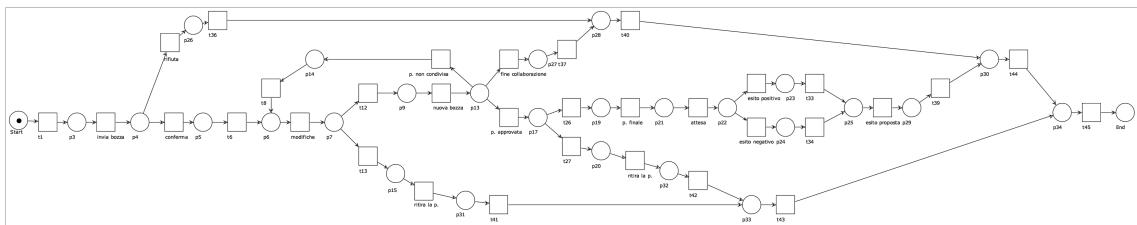


Figure 6: Workflow net Coordinator

La rete progettata per il coordinatore è composta da 28 piazze, 33 transizioni e 66 archi. L'analisi completa della rete è riportata in Figura 9. In primo luogo si può notare che è una workflow net, visto che esistono solo una piazza di input e una di output ed ogni piazza e transizione si trovano su un cammino che porta dalla piazza di input a quella di output.

La rete è anche una *S-net*, dal momento che ogni transizione ha esattamente una piazza di input e una di output, quindi la cardinalità dei pre-set e post-set è sempre 1. Inoltre, la rete è *free-choice* poiché per ogni coppia di transizione i loro pre-set sono disgiunti o uguali. La rete è *strongly-connected*, con un solo *strongly-connected component*. Risulta quindi essere *bounded*, *live*, *safe* e *sound*. In quanto *free-choice*, *live* e *bounded* è *S-coverable*, esiste pertanto un *S-component* che

include tutti gli elementi.

La rete è *well-structured* visto che non sono presenti né PT-handles né TP-handles.

Il Coverability Graph, presente nella Sezione 5, in Figura 15, è composto da 28 vertici e 33 archi, e risulta essere coincidente con il Reachability Graph, che, visto che la rete è bounded, è finito.

3.2 Workflow net Responsabile di sede

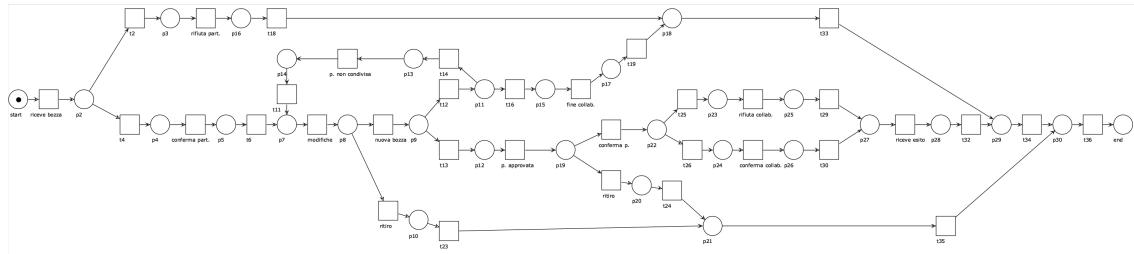


Figure 7: Workflow net Responsabile

L'analisi completa è presentata in Figura 9.

La rete del responsabile di sede è costituita da 30 piazze, 35 transizioni e 70 archi. Valgono tutte le stesse considerazioni della rete precedente: è una *S-net*, *free-choice*, *live*, *bounded* e *sound*. Essendo free-choice, live e bounded anche in questo caso risulta essere *S-coverable*, con un unico *S-component*, e risulta essere anche *well-structured*. Il Coverability Graph, presente in Figura 16, è composto da 30 vertici e 35 archi, ed è di nuovo coincidente con il Reachability Graph, visto che quest'ultimo è finito.

3.3 Workflow net Sistema elettronico di valutazione

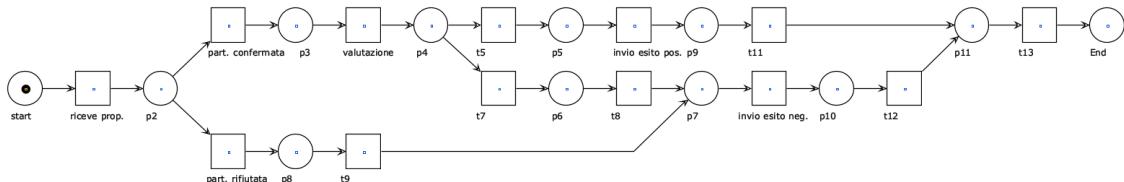


Figure 8: Workflow net Sistema elettronico di valutazione

La workflow net del Sistema Elettronico di Valutazione risulta costituita da 12 piazze, 13 transizioni e 26 archi. Ancora una volta, valgono tutte le considerazioni delle reti precedenti, ed è possibile trovare l'analisi in Figura 9.

Anche questa rete risulta essere una *S-net*, *free-choice*, *live*, *bounded* e *sound*, e anch'essa è *S-coverable* e *well-structured*.

Il Coverability Graph ed il Reachability Graph corrispondono ancora una volta, visto che quest'ultimo è finito, ed è possibile vederlo in Figura 17.

3.4 Workflow net completa

I tre workflow module sono stati combinati insieme per andare ad ottenere un'unica workflow net che rappresentasse l'intero processo, presente in Figura 10. Sono stati quindi aggiunti tutti i



Figure 9: Analisi complete delle workflow nets

message flow presenti nella modellazione BPMN, andando ad inserire una piazza intermedia per permettere il collegamento tra le diverse transizioni.

La piazza di input è unica ed è quella che apparteneva alla rete del Coordinatore, che è il soggetto che da inizio al processo contattando i responsabili ed inviando loro la bozza iniziale: è questo l'evento che va a generare nuove istanze del processo. Anche la piazza di output è unica, ed è preceduta da una transizione che richiede token sia dal processo del Coordinatore che da quello del Responsabile, così da permettere la fine del processo solo quando entrambi sono stati portati a termine.

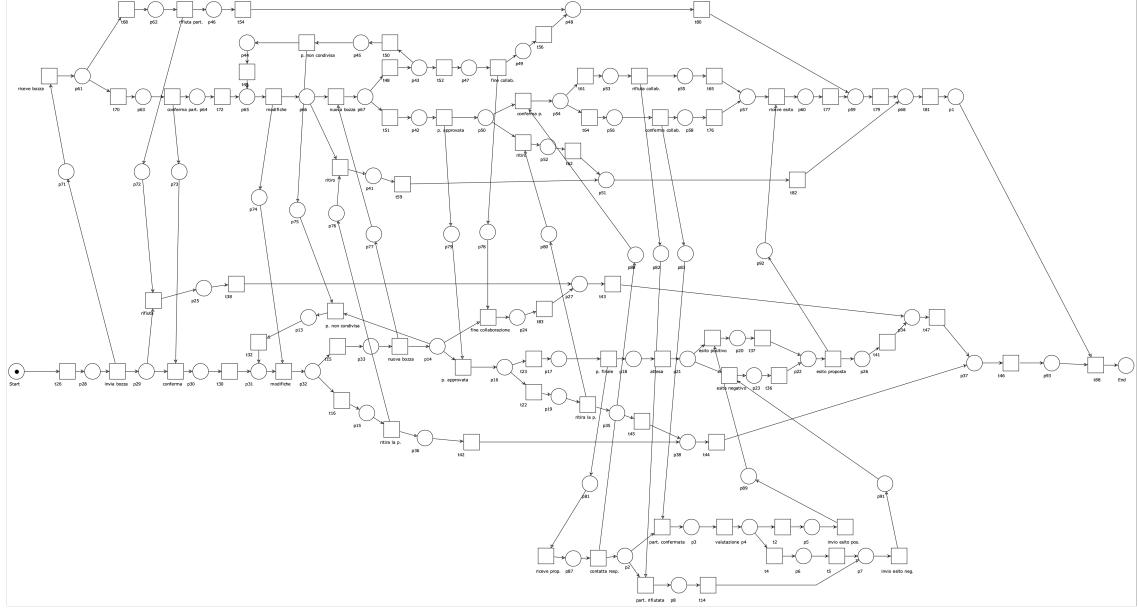


Figure 10: Workflow net della rete completa

L'analisi della rete presenta 83 piazze, 80 transizioni e 191 archi e risulta essere *bounded*, *live* e *sound*. A causa dell'aggiunta delle piazze per la modellazione del flusso informativo, sono presenti coppie di transizioni con pre-set non disgiunti e non uguali, portando la rete a non essere *free-choice*, e non classificabile come *S-net*, essendo presenti transizioni con pre-set e post-set composti da più di una piazza. A differenza delle reti considerate singolarmente, in questo caso sono presenti sia PT-handles (132) che TP-handles (118), quindi la rete complessiva non è *well-structured*. L'analisi completa è presente in Figura 11.

Infine, il Coverability Graph in Figura 18 risulta nuovamente coincidente con il Reachability Graph, visto che la rete continua ad essere bounded.

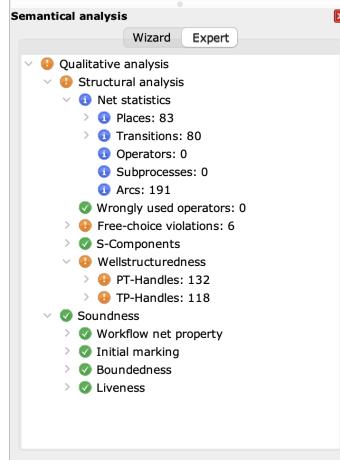


Figure 11: Analisi completa del processo base

4 Variante del processo

Il processo presentato prevede anche una variante che permette al coordinatore, se la proposta viene rifiutata dal sistema di valutazione, di tentare di sottomettere un nuovo progetto assieme agli stessi collaboratori. È riportata in Figura 12 la modellazione tramite BPMN completa, che differisce solo in alcuni punti rispetto a quella presentata nella Sezione 2. Nella pool del coordinatore, a seguito della ricezione dell'esito negativo (tramite un *intermediate catching event*) da parte del sistema elettronico di valutazione, è presente uno *XOR split*, che modella la possibilità di scelta del coordinatore di far terminare il processo o di procedere con un'ulteriore proposta. Nel caso in cui decida di far terminare il processo, il flusso va a riunirsi come nel caso base; nel caso in cui, invece, decida di inviare una nuova proposta, comunica questa intenzione ai responsabili, tramite un *intermediate throwing event*, e procede subito dopo ad elaborare la nuova proposta, che viene anch'essa inviata ai responsabili. Il flusso viene quindi riunito grazie ad uno *XOR join* al flusso della bozza iniziale. Il *gateway XOR join* è poi collegato all'*event-based gateway* come nel caso precedente. Nella pool dei responsabili, a seguito della ricezione dell'eventuale esito negativo e della nuova bozza, il flusso ritorna indietro e, grazie ad uno *XOR join*, si vanno a ripetere gli *XOR split* che modellano le possibili scelte del responsabile: approvare la proposta, rimandarla indietro con delle possibili modifiche o porre fine alla collaborazione.

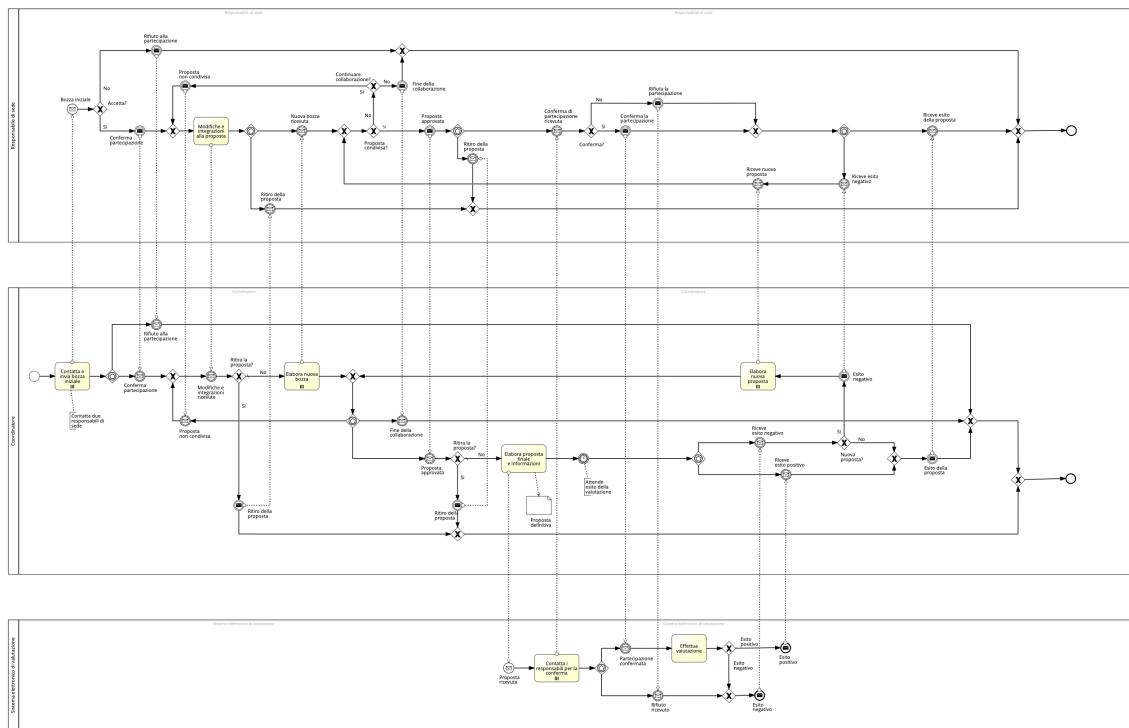


Figure 12: Diagramma BPMN rappresentante la variante del processo

Anche la variante del processo è stata tradotta in una *workflow net*, seguendo le stesse regole di trasformazione presentate nella Sezione precedente. La rete riguardante il sistema di valutazione è rimasta uguale, non essendoci stati cambiamenti nel BPMN, mentre la rete del Responsabile nella nuova versione presenta 35 piazze e 41 transizioni, e quella del Coordinatore 34 piazze e 40 transizioni.

Nonostante le piazze e transizioni aggiunte, entrambe le reti mantengono tutte le proprietà discusse

in precedenza nella Sezione 3.

I tre workflow modules sono stati nuovamente riuniti ed analizzati tramite il software WoPeD, andando a formare un'unica rete. L'analisi di quest'ultima risulta del tutto analoga a quella del caso base presentato precedentemente, come è possibile notare in Figura 14.

Essendo anche in questo caso una rete *bounded*, il Coverability Graph ed il Reachability Graph coincidono, e sono riportati in Figura 19.

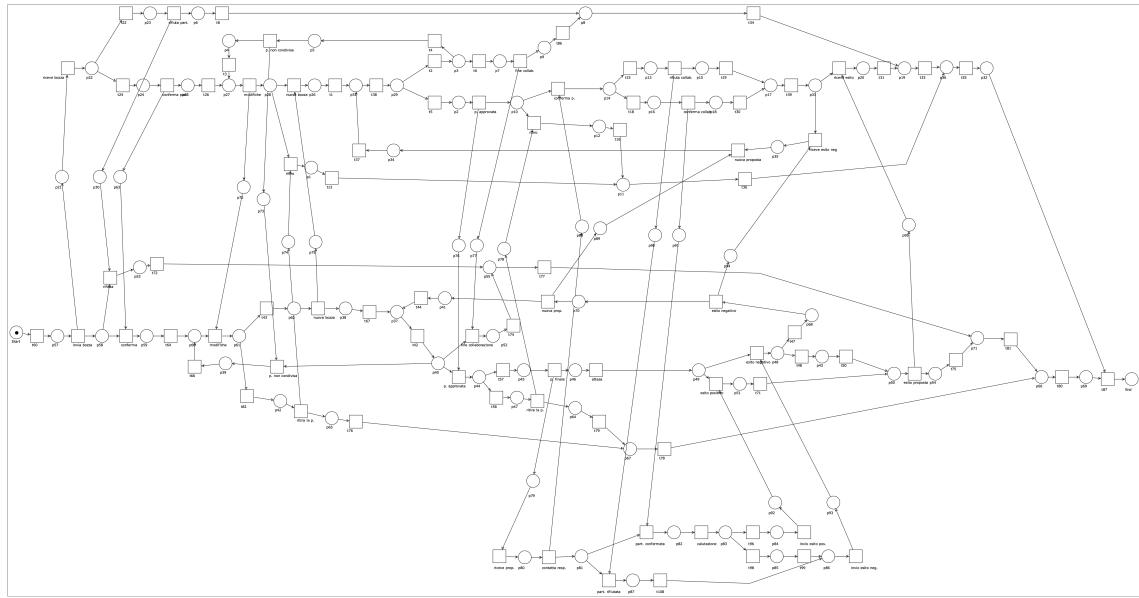


Figure 13: Workflow net della rete completa della variante del processo

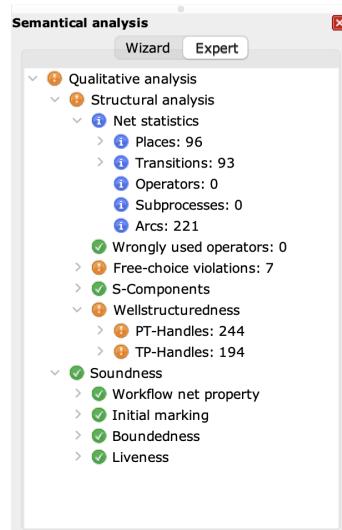


Figure 14: Analisi completa della variante del processo

5 Coverability Graphs

In questa sezione sono riportati tutti i Coverability Graph delle reti analizzate nelle due sezioni precedenti.

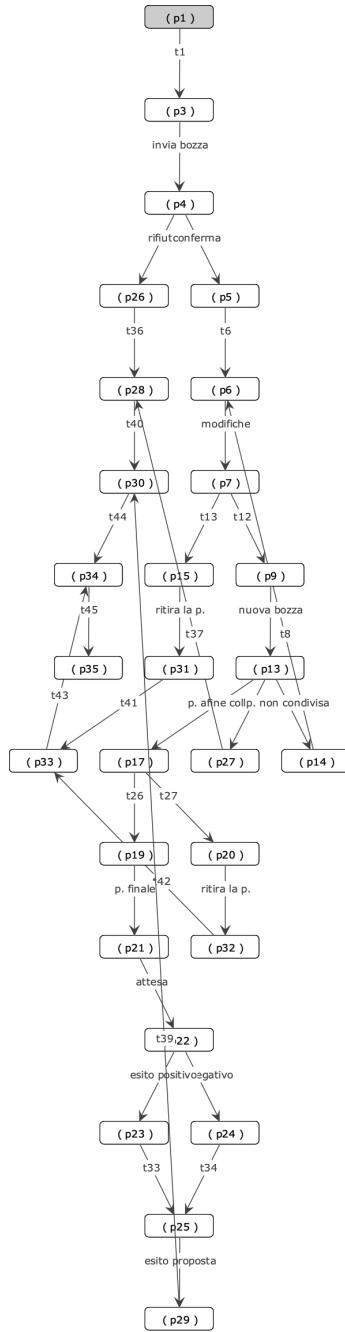


Figure 15: Coverability graph della workflow net Coordinatore

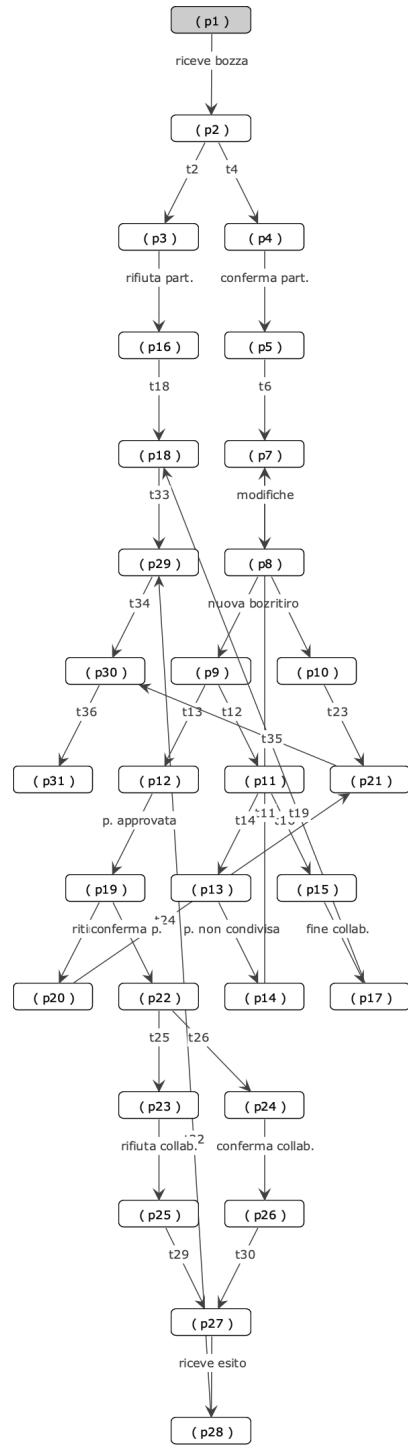


Figure 16: Coverability graph della workflow net Responsabile

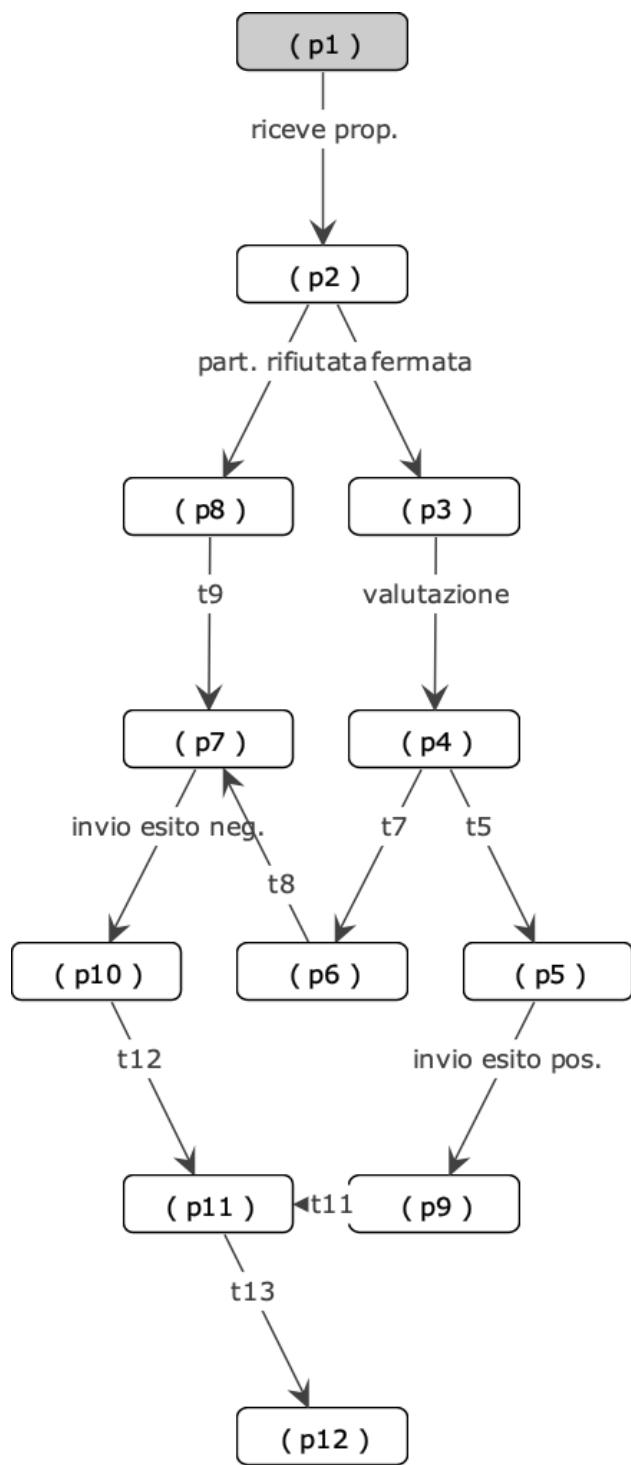


Figure 17: Coverability graph della workflow net Sistema di valutazione

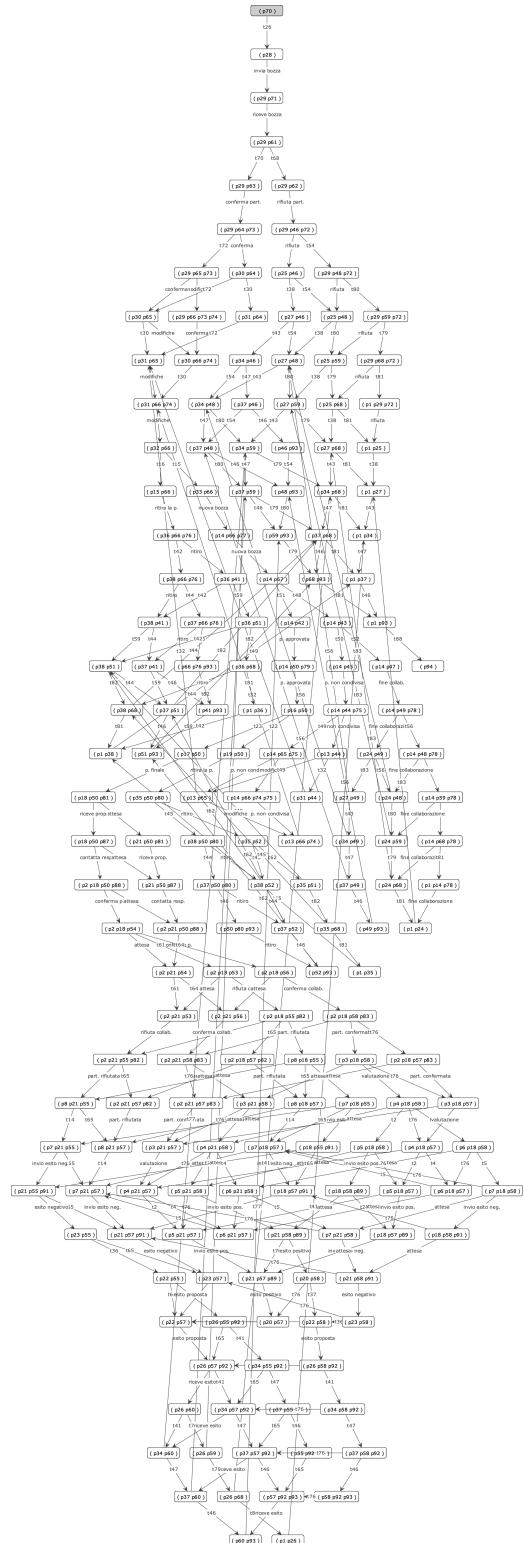


Figure 18: Coverability graph della workflow net del processo base

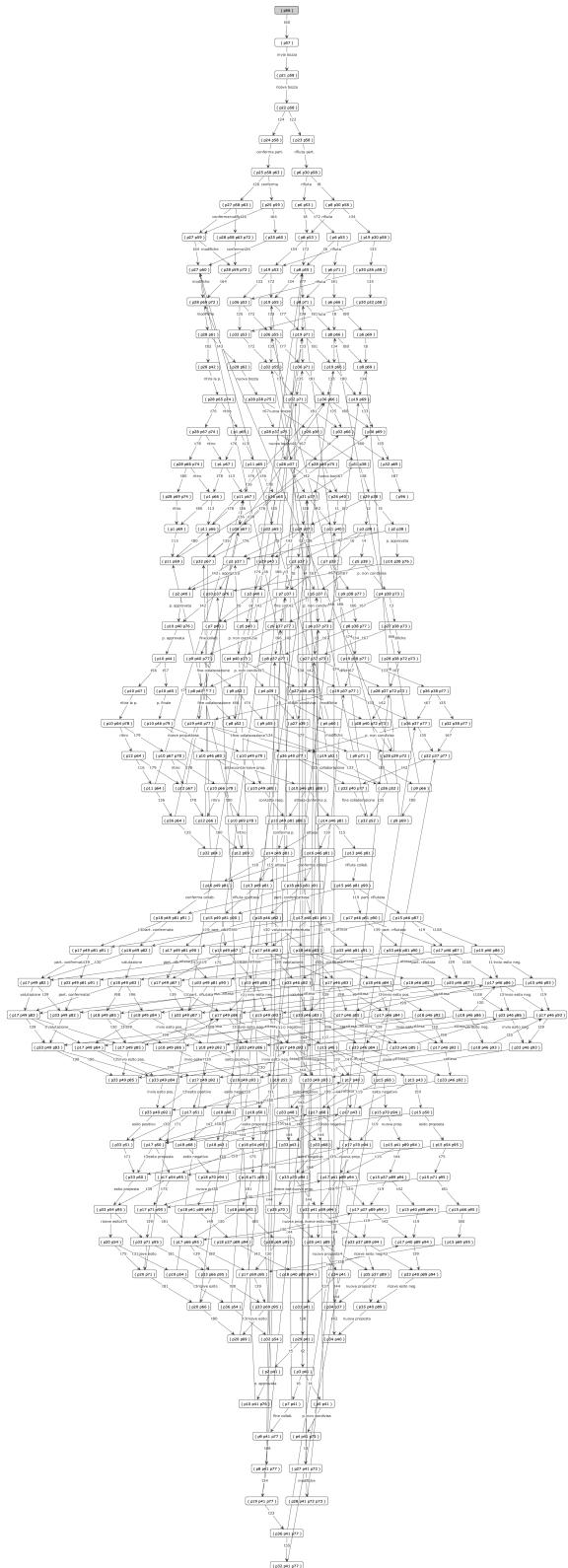


Figure 19: Coverability graph della workflow net della variante del processo