

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale e dell'Informazione
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



ANALISI COMPARATIVA TRAMITE SIMULAZIONE DI DIVERSE POLITICHE DI GESTIONE DELLA PRODUZIONE IN UNA SUPPLY CHAIN

Relatore: Prof. Alberto Portioli Staudacher

Tesi di Laurea di:

CARBÓ RUBIO, Nicolás. Mat. 817063

Anno Accademico 2014-2015

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. ABSTRACT	7
3. ANALISI DELLA LETTERATURA E BACKGROUND TEORICO	8
3.1. Supply chain management	8
3.1.1. Logistica, la supply chain e la strategia competitiva	9
3.1.2. Supply chain management è un concetto più esteso che la logistica	9
3.1.3. Vantaggio competitivo	10
3.1.4. La supply chain diventa la value chain	11
3.2. Eoq	12
3.2.1. Implementazione del modello	13
3.2.2. Sviluppo di estensioni dell'eoq (1980's)	14
3.2.3. Applicazioni in trasporto e logistica	14
3.2.4. Modelli di supply chain	14
3.3. Visibility: La importanza dell'informazione nelle supply chain	15
3.4. Lean manufacturing e just in time	18
3.4.1. Metodi per l'implementazione della lean manufacturing	21
3.4.2. Sistema kanban	25
3.4.3. Concetti alla base del sistema di produzione Toyota	26
3.5. Simulazione	28
3.5.1. Tipologie di simulazione	29
3.5.2. Caratteristiche della simulazione ad eventi discreti (DES)	30
3.5.3. Metodologia per affrontare un problema attraverso la simulazione	32
3.5.4. Modellazione di una supply chain tramite il software arena	35
4. TESI E DOMANDE DI RICERCA	37
5. METODO DI RICERCA	38
6. MODELLO DI RICERCA	39
6.1. Descrizione dell'esperimento	41
6.2. Varianti del modello	42

6.2.1.	Il lotto economico (EOQ)	42
6.2.2.	Il lotto economico con aggiunta di informazione (VISIBILITY)	42
6.2.3.	Il Lean Manufacturing	43
6.3.	I parametri dell'esperimento	45
6.3.1.	I parametri vincolo	45
6.3.2.	I parametri registrati	46
7.	DESCRIZIONE DEI RISULTATI	47
7.1.	Economic Order Quantity (EOQ)	47
7.2.	Visibility (VIS)	49
7.3.	Lean Manufacturing	51
7.3.1.	Lean Non Aggregato	51
7.3.2.	Lean Aggregato	53
8.	ANALISI DEI RISULTATI	56
8.1.	Giacenza media	56
8.2.	Trasporti	60
8.3.	Trasporti cambiando la fisionomia del prodotto	63
8.4.	Costi totali	67
9.	CONCLUSIONI	70
10.	BIBLIOGRAFIA	74

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Il network della Supply Chain	10
Figura 2: Il vantaggio competitivo e le "3C"	11
Figura 3: La catena di valore	12
Figura 4: Modello 0, La Supply Chain tradizionale	15
Figura 5: Modello 1, La Supply Chain	16
Figura 6: Modello 2, La Supply Chain con flusso completo di informazione	16
Figura 7: Il set-up sperimentale	16
Figura 8: Benefici % tra capacità e Modello 0 e Modello 1	17
Figura 9: Beneficio % comparando Modello 1 e Modello 2 contro capacità	18
Figura 10: Supply Chain in analisi	39
Figura 11: Metodo di produzione con Kanban	44
Figura 12: Giacenza media - LS per EOQ medio	48
Figura 13: Numero di Trasporti - LS per EOQ medio	49
Figura 14: Giacenza media - LS per VIS media	50
Figura 15: Numero di Trasporti - LS per VIS media	51
Figura 16: Giacenza media - LS per Lean Non Aggregato medio	52
Figura 17: Numero di Trasporti - LS per Lean Non Aggregato medio	53
Figura 18: Giacenza media - LS per Lean Aggregato medio	54
Figura 19: Numero di Trasporti - LS per Lean Aggregato medio	55
Figura 20: Giacenze medie - LS per ogni politica di produzione	57
Figura 21: Giacenze medie - intervalli di LS per ogni metodo produttivo	58
Figura 22: Istogramma risparmio percentuale di giacenze - Livello di servizio	59
Figura 23: Istogramma N° totale di trasporti - Metodo produttivo	60
Figura 24: Numero totale di Trasporti - LS per ogni metodo produttivo	61
Figura 25: Variazione percentuale dei trasporti - Livello di servizio	62
Figura 26: Variazione percentuale dei trasporti - Livello di servizio	63
Figura 27: Numero di Trasporti - Portata dell'automezzo. Confronto VIS - Lean Non Aggregato	64
Figura 28: Numero di Trasporti - Portata dell'automezzo. Confronto EOQ - Lean Non Aggregato	64
Figura 29: Variazione percentuale Lean Non Aggregato rispetto all'EOQ - Variazione della portata dell'automezzo	66
Figura 30: Costo totale in percentuale riferito all'EOQ - ρ per ogni metodo produttivo	69
Figura 31: Giacenze medie - LS aggregato in intervalli per ogni metodo produttivo	70
Figura 32: Numero totale di Trasporti - LS per ogni metodo di produzione	71

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Tempi di lavorazione Prodotto 1 _____	40
Tabella 2: Domande e Deviazione standard di analisi _____	42
Tabella 3: Valori EOQ per ogni domanda in analisi _____	47
Tabella 4: Valore medio dell'EOQ per le 10 domande considerate _____	47
Tabella 5: Giacenza media EOQ _____	48
Tabella 6: Valori VIS per ogni domanda in analisi _____	49
Tabella 7: Giacenza media VIS _____	50
Tabella 8: Trasporti totali medi per ogni livello di servizio _____	50
Tabella 9: Valori Lean Non Aggregato per ogni domanda in analisi _____	51
Tabella 10: Giacenza media Lean Non Aggregato _____	52
Tabella 11: Valori Lean Aggregato per ogni domanda in analisi _____	53
Tabella 12: Giacenza media Lean Aggregato _____	54
Tabella 13: Giacenze medie per ogni metodo produttivo _____	56
Tabella 14: Giacenze medie raggruppate in intervalli per ogni metodo di produzione _____	58
Tabella 15: Pendenza rette di giacenza media _____	59
Tabella 16: Variazione percentuale rispetto all'EOQ _____	59
Tabella 17: Numero totale di trasporti per ogni metodo produttivo _____	61
Tabella 18: Variazione percentuale dei Trasporti rispetto all'EOQ _____	62
Tabella 19: Numero medio di Trasporti del Primary Manufacturer variando la portata dell'automezzo _____	65
Tabella 20: Numero medio di Trasporti del Secondary Manufacturer variando la portata dell'automezzo _____	66
Tabella 21: Valori della relazione $\rho=CLOG/CMS$ _____	67
Tabella 22: Valore percentuale dei costi totali di ogni metodo riferito all'EOQ per ogni valore di ρ _____	68
Tabella 23: Giacenze medie Domanda 1 _____	76
Tabella 24: Giacenze medie Domanda 2 _____	77
Tabella 25: Giacenze medie Domanda 3 _____	78
Tabella 26: Giacenze medie Domanda 4 _____	79
Tabella 27: Giacenze medie Domanda 5 _____	80
Tabella 28: Giacenze medie Domanda 6 _____	81
Tabella 29: Giacenze medie Domanda 7 _____	82
Tabella 30: Giacenze medie Domanda 8 _____	83
Tabella 31: Giacenze medie Domanda 9 _____	84
Tabella 32: Giacenze medie Domanda 10 _____	85
Tabella 33: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo EOQ _____	86
Tabella 34: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Visibility _____	86
Tabella 35: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Lean Non Aggregato _____	87
Tabella 36: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Lean Aggregato _____	87

1. INTRODUZIONE

Lo studio svolto in questa tesi, analizza le performances di una Supply Chain, confrontando tra diverse politiche di gestione della produzione. Si analizzano la gestione tramite la logica del lotto economico (Economic Order Quantity), la variante del lotto economico con scambio di informazioni tra produttore e consumatore (Visibility) e la gestione Lean Manufacturing basata sul sistema Kanban. Per questa ultima politica di gestione si osservano diverse possibilità di miglioramento: una considera l'aggregazione dei trasporti e l'altra la riduzione del lotto minimo di produzione.

Per lo svolgimento di questa analisi si utilizza una Supply Chain a 3 livelli (Primary, Secondary e Retailer) in un contesto monoprodotto.

Le prestazioni prevalentemente considerate nel caso di studio sono:

- L'impatto economico misurato in termini di costi di mantenimento a scorta.
- L'impatto economico misurato in termini di costi logistici.

Queste due voci di costo sono state considerate perché sono le uniche misurabili e differenziali tra le varie politiche di produzione.

Per condurre l'analisi delle prestazioni, è stato sviluppato un modello di simulazione attraverso il software Arena di Rockwell Automation in ambiente DES.

2. ABSTRACT

The aim of this thesis is to compare the impact of 3 different production management policies in a supply chain. To reach this goal, it was built a model of a 3 echelons supply chain for a single product, using a Discrete Event Software.

The research was driven because during the last years, the companies had been forced to evolve in a world that each time requires faster changes, more quality and the possibility to personalize more and more. Most of the policies used until that moment were forced to change. The Economic Order Quantity fall behind considering the new market and customers requirements, and the new technologies that were available for the companies. After the big development of the information systems, the Visibility method appeared, in this case, information arrives from the customer and before starting the production, the system checks not only it's own stocks, but it checks also the customers one. Another method that was developed in other to satisfy the market demands, was the Lean Manufacturing (named in this way by Womak and Jones). This one considers a Just in Time process which allows to produce the right quantity for the consumer that requires it in the right place. This policy points it structure in reducing the wastes in every level, trying to take the biggest advantage of each resource.

In this study 3 supply chain planning policies are taken into consideration: The Economic Order Quantity (EOQ), an improvement of this method that considers more information from the consumers and from the suppliers (Visibility) and the Lean Manufacturing policy. About this last method, were taken into consideration different variants with improvements like lots size reduction and different delivering policies.

The research was pointed to evaluate the economic impact of production policies on a supply chain. For this purpose logistic and stock costs were used because they are the only measureable and differential costs among the production policies.

From a proper and accurate analysis of the simulations runs results it's possible to appreciate how and in which cases can be used each policy. If the stocks are taken into consideration, the Lean Manufacturing policy is the most profitable because it reaches the lowest stock level in comparison with the other policies. If the transports are considered, the Visibility has similar values as the EOQ and the Lean Manufacturing needs higher efforts in comparison to the other 2 policies. However, the complex savings that the Lean Manufacturing method brings, make it suitable for most of the cases.

3. ANALISI DELLA LETTERATURA E BACKGROUND TEORICO

3.1. Supply chain management

Con il trascorrere degli anni, l' ambiente nel quale operano le aziende è mutato, questo ha costretto alle aziende ad evolversi velocemente ed in modo profondo. Nel tempo si è passato dal controllo del mercato e del prodotto al consumatore finale.

Oggi si cerca di monitorare, per anticipare e controllare fenomeni di vendita attraverso previsioni e tendenze del mercato. A far questo, tutta l' azienda viene coinvolta, tutte le singole aree devono lavorare con obiettivi comuni, anche se oggi, grazie allo sviluppo della rete di internet, uno dei ruoli più importanti è svolto dalla logistica. La logistica, sia per le aziende piccole, medie e grandi, ha assunto un ruolo determinante, a volte strategico nel cercare di aumentare la redditività dell' intero processo di business.

La logistica è essenzialmente la pianificazione, organizzazione e gestione dei processi e delle attività. Questa cerca sempre di ottimizzare il flusso di materiale e le relative informazioni (flusso immateriale) all' interno e all' esterno dell' azienda.

Il supply chain management riconosce che oggi, l' integrazione non è più limitata all' interno dell' azienda bensì, è indispensabile il coinvolgimento della rete di imprese a monte e a valle nei processi e attività dove si aggiunge valore ai prodotti o servizi svolti mirando il consumatore finale. Così, le aziende non possono più essere viste come singole unità, devono essere considerate come costellazioni di imprese con forma reticolare e nodi interrelati ad altri (rapporti imprese-clienti) attraverso la extranet, intranet o internet. L' insieme ha come obiettivo comune la soddisfazione delle esigenze del cliente ed il miglioramento delle prestazioni di lungo periodo; per farlo devono lavorare tutte le parti in un continuo e stretto rapporto e coordinamento.

In sostanza, la gestione della Supply chain mira a costruire ed ottimizzare i legami ed il coordinamento tra fornitori, clienti e distribuzione. Cerca di massimizzare il livello di servizio offerto al cliente finale, ottimizzando i costi operativi ed il capitale impegnato.

Per arrivare a risultati soddisfacenti, è fondamentale la collaborazione tra i diversi settori aziendali, siano interne che esterne. Attraverso questa, si può arrivare a migliorare previsioni e pianificazioni della domanda, permettendo soddisfare meglio le esigenze dei clienti; Ottimizzare l' utilizzo degli impianti e dei materiali; Migliorare la integrazione tra produzione, logistica e marketing.

Siccome la logistica è un punto fondamentale della Supply Chain, è stata sempre oggetto di studio. Così, dal 1998, il Consiglio di Gestione Logistica (Council of

Logistics Management) ha modificato la definizione di logistica per indicare che la logistica è un subset del Supply Chain Management.

Uno dei più interessanti cambi di paradigma del Business Management moderno è che i business individuali non competono più come entità autonome ma fanno parte di una Supply Chain. Il successo di un Business single, dipende dalla abilità manageriale per integrare il complesso network di relazioni di business che la azienda ha.

Ogni giorno di più, la gestione di molteplici relazioni attraverso la Supply Chain vengono riferite al Supply Chain Management. La Supply Chain non è strettamente una catena di Business One-to-One o una relazione Business-to-Business, è un network di molteplici business e relazioni.

3.1.1. Logistica, la supply chain e la strategia competitiva

La logistica e la Supply Chain Management non sono nuove idee, sin dall'inizio dei tempi, bisognava creare flussi di materiali e di informazioni con l'obiettivo di soddisfare il cliente (ad esempio, gli schiavi e i fornitori di materiali per soddisfare le esigenze dell'imperatore).

Solo da un passato recente, le organizzazioni di business hanno iniziato a considerare l'impatto vitale che il Management logistico può avere per avere vantaggi competitivi. Ma, cosa si intende oggi per Management Logistico?

Logistica, è il processo di movimentare, stoccare e procurare materiali, parti ed inventari finiti (e i suoi rispettivi flussi informativi) in un modo strategico attraverso la organizzazione e i suoi canali di marketing cercando di massimizzare il profitto attraverso un controllo dei costi di ogni ordine.

3.1.2. Supply chain management è un concetto più esteso che la logistica

La logistica, è basicamente una orientazione pianificata e una struttura che cerca di creare un unico piano per il flusso di prodotti e informazioni per un business determinato. La Supply Chain Management costruisce sopra questa struttura e cerca di fornire le connessioni e la coordinazione tra processi di entità diverse nella catena. Ad esempio, Un obiettivo della Supply Chain Management può essere ridurre o eliminare i buffer di inventario che si trovano tra organizzazioni della catena, attraverso la condivisione di informazioni e i livelli di stock.

Possiamo dare una definizione della Supply Chain come la gestione delle relazioni a monte e a valle con clienti e fornitori in modo di offrire un Customer Value superiore con costi minori per tutta la Supply Chain come insieme.

Perciò, il Supply Chain Management si focalizza nella gestione delle relazioni, per far sì che si ottengano migliori risultati per tutte le parti della catena. Questo porta con sé alcune sfide molto significative, perché si possono trovare situazioni dove lo scarso interesse di una delle parti deve essere costretto per il beneficio di tutta la catena.

La catena, viene gestita pensando sempre al mercato (cliente), mai hai fornitori, per ciò potrebbe chiamarsi “Demand Chain Management”. Inoltre, siccome oggi giorno ci sono molteplici fornitori, fornitori di fornitori e molteplici clienti, la parola Chain, potrebbe essere cambiata per “Network”.

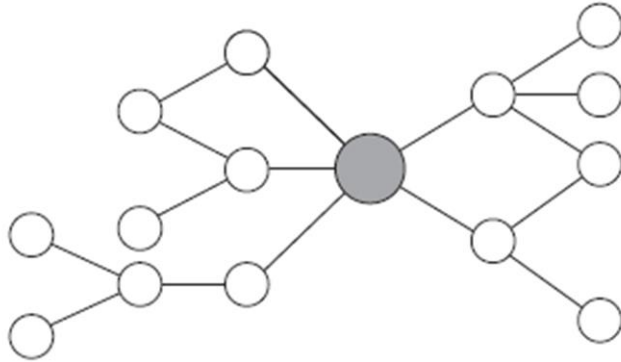


Figura 1: Il network della Supply Chain

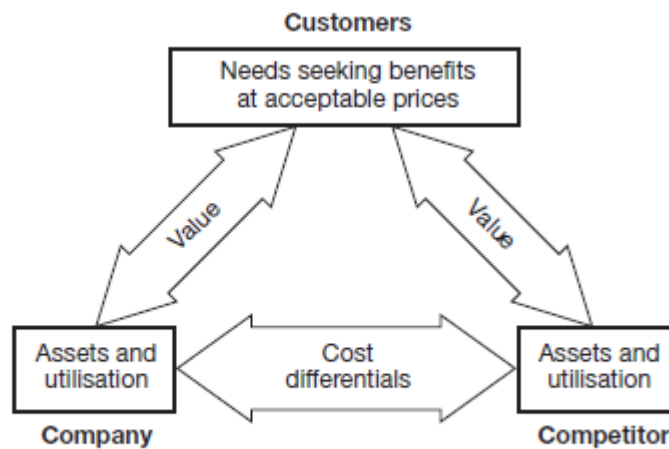
Considerando questo, potrebbe definirsi la Supply Chain come:

Un network di organizzazioni interdipendenti e connesse mutuamente che lavorano cooperativamente insieme per controllare, gestire e migliorare il flusso di materiali ed informazioni da fornitori fino al cliente finale.

3.1.3. Vantaggio competitivo

La logistica effettiva e il Supply Chain Management possono fornire una risorsa di vantaggio competitivo (in altre parole, una posizione di superiorità rispetto ai competitors in termini di preferenza da parte dei clienti) che può essere raggiunto attraverso una migliore gestione delle logistiche e la supply chain.

Le basi per il successo, possono essere date da una connessione triangolare tra l'azienda, i clienti e i competitors:



Source: Ohmae, K., *The Mind of the Strategist*, Penguin Books, 1983

Figura 2: Il vantaggio competitivo e le "3C"

La ricerca costante di vantaggi competitivi è trovata in prima medida nell'abilità dell'organizzazione di differenziarsi agli occhi dei clienti dai competitors e in seconda medida, lavorando a costi minori che permettano avere maggiori profitti.

Le aziende che hanno più successo, sono quelle che hanno i vantaggi sui costi o vantaggi sul valore o ancora meglio, su tutti due.

Si può dire che la logistica e il Supply chain Management possono fornire molteplici modi di aumentare l'efficienza e la produttività, questi a sua volta contribuiscono significativamente ad abbassare i costi unitari.

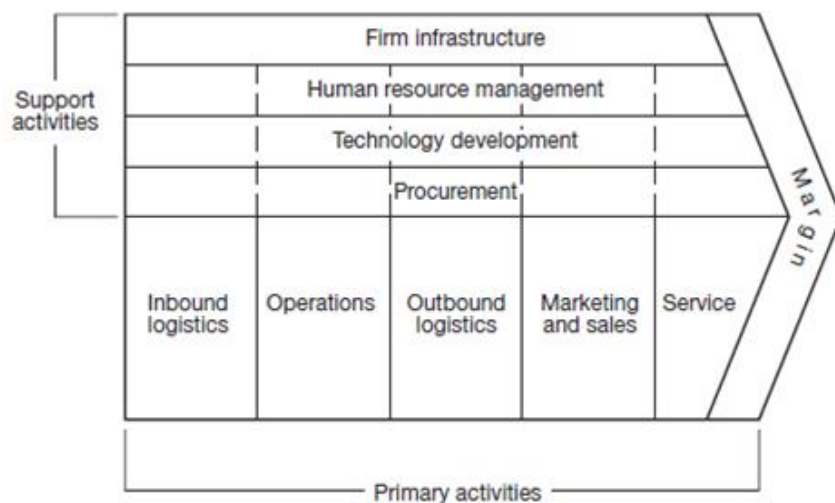
3.1.4. La supply chain diventa la value chain

Di tutti i cambiamenti che si sono succitati nel pensiero manageriale negli ultimi 30 anni, il più significativo è stato l'enfasi posto nella ricerca di strategie che forniscano un valore superiore agli occhi dei clienti.

Un concetto espresso da Michael Porter, è stato la "Value Chain":

Il vantaggio competitivo non può essere capito guardando un' azienda come un insieme. Questo invece, nasce di molte attività discrete che sono condotte dall'impresa, come il disegno, la produzione, il marketing, delivering e supporto del loro prodotto. Ognuna di queste attività può contribuiré al posizionamento dell'azienda e a creare delle basi per la differenziazione. La Value Chain dissaggrega l'azienda in attività strategicamente rilvanti, con intenzione di capire il comportamento dei costi e le potenziali possibilità di differenziazione. L'impresa guadagna un vantaggio competitivo se svolge queste strategiche attività in un modo più económico o migliore dai suoi competitors.

Le attività della Value Chain possono essere categorizzate in due tipi, Attività primaria (logistiche inbound, operations, logistiche putbound, marketing e vendite, e servizi) e Attività di supporto (infrastrutture, gestione delle risorse umane, sviluppo tecnologico). Queste attività sono funzioni integrative che attraversano le funzioni tradizionali dell'azienda. Il vantaggio competitivo deriva del modo nel quale l'azienda organizza e realizza queste attività senza la Value chain. Per ottenere un vantaggio competitivo in confronto con i competitors, l'impresa deve dare valore ai suoi clienti realizzando queste attività più efficientemente che i suoi competitors o realizzando le attività in un modo unico che faccia a differenza.



Source: Porter, M.E., *Competitive Advantage*, The Free Press, 1985

Figura 3: La catena di valore

La tesi di Michael Porter implica che le organizzazioni devono mirare ad ogni attività della Value Chain e valutare se hanno un vantaggio competitivo reale in quell'attività.

3.2. Eq

Dai primi anni del ventesimo secolo, bensì dal 1913, Harris Ford ha pubblicato il suo articolo sviluppando il modello EOQ (Economic Order Quantity). In quel momento, non aveva mai pensato che sarebbe stato ancora usato cento anni dopo. Il modello EOQ di Harris fu una delle prime applicazioni matematiche usate dai managers per prendere decisioni sul business.

Nel suo modello, ogni organizzazione deve determinare il numero di unità o items che deve ordinare ogni volta che acquista stock dai suppliers. Il modello così proposto da Ford W. Harris, segnala la quantità ottima di riordino per

minimizzare il costo di riordino e logistico sotto un restrittivo set di assunzioni. Questo, oltre ad essere stato usato per molti anni nell' industria moderna, è stato la base per molti studi e per la creazione di nuovi modelli matematici.

Il vecchio modello di EOQ, rimane ancora molto utilizzato principalmente dovuto alla sua semplicità e robustezza. Inevitabilmente, molte organizzazioni applicano il modello incorrettamente in molte situazioni dove non è la migliore soluzione pratica.

L' articolo scritto da Ford, determinava le quantità da produrre, tuttavia, il modello soltanto serve nel caso di batch manufacturing (produzione lottizzata), dove tutte le unità prodotte sono disponibili per soddisfare la domanda del cliente allo stesso momento, in contrasto con gli items che vengono prodotti uno ad ogni momento in una linea di assemblaggio.

La disponibilità simultanea di tutta la quantità ordinata è utile per le situazioni dove le organizzazioni acquistano prodotti dai suppliers perché arrivano in un batch completo di trasporto.

3.2.1. Implementazione del modello

Una revisione del modello iniziale dell' EOQ, suggerisce che le considerazioni sono così restrittive che il modello potrebbe solo essere usato in pratica in pochissimi prodotti. Un' altra criticità comparsa negli anni, è stato il fatto che molti dei parametri sono difficili di stimare in modo accurato per le aziende.

I costi di holding sono particolarmente nebulosi, perché includono elementi che devono essere stimati da inventari storici attraverso statistiche.

Il modello EOQ, considera anche items indipendente e separatamente dalle operazioni logistiche e di distribuzione attraverso la Supply Chain.

Burnham and Mohanty (1988), hanno proposto utilizzare un Uniform Order Quantity (UOQ) che determini nel miglior e più integrato modo, le quantità ordinate per ogni parte della Supply Chain.

Nonostante questo, il modello originale del EOQ è ancora molto utilizzato nella pratica, dovuto alla differenza nei costi aggiuntivi nei quali l' azienda INCURRE applicando l' EOQ invece di modelli più complessi che prendano le circostanze di settaggi particolari di business e l' elevato costo di implementare modelli più complessi in comparazione con l' EOQ (Woolsey 1988).

Le organizzazioni dovrebbero applicare modelli più complessi ai loro prodotti più importanti. I metodi semplici come l' EOQ sono molto utili per tutti gli altri items, i quali nella maggior parte delle aziende rappresenta la quantità più elevata di produzione. In effetti, anche calcolando l' EOQ, è probabile più lavoro da quello che alcuni prodotti possono garantire.

La formula dell' EOQ derivata fornisce una singola Order Quantity, che l' azienda deve usare quando si fa l' ordine. La formula dell' EOQ invece, fornisce una linea guida per un' Order Quantity RAZONABILE che bilanci i costi di ordinamento e di holding del prodotto.

Anche se il modello dell' EOQ fornisce un buon punto di partenza, richiede anche modificazioni appropriate per ogni tipo di pratica del mondo reale. Cannon and Crandall (2004) trovò che molti dei più sofisticati metodi che OUTPERFORM l' EOQ, furono stati sviluppati con le stesse basic he l' EOQ (il bilancio tra costi di ordinamento e holding).

Inoltre, Cannon and Crandall (2004) fecero alcuni suggerimenti di quando è beneficiale usare l' EOQ direttamente, quando deve essere modificato e quando non deve essere usato.

L' EOQ è utile nei casi di prodotti Make-to-Stock con una domanda stabile e quando i costi di holding sono relativamente stabili, in modo di minimizzare l'underlying assumptions.

L' EOQ fornisce un buon punto di partenza e deve essere modificato sotto condizioni di quantità scontate e quando l' ordine ricevuto dall'azienda deve essere divisa in più trasporti singoli.

L' EOQ non deve essere mai utilizzato in ambienti di make to order che richiedono l' invio dei prodotti in un singolo trasporto.

3.2.2. Sviluppo di estensioni dell'eoq (1980's)

Siccome la ricerca del JIT è stata rinforzata in questa decada, si sono sviluppate diverse discussioni che facevano riferimento alle differenze tra un sistema basato sull'inventario come l'EOQ e l'ambiente JIT. Schonberger and Schneiderjans (1984) hanno condotto la ricerca fondamentale delle differenze. Hanno segnalato I punti importante del JIT. Questi includevano la riduzione sui costi di holding e setup, attraverso processi di miglioramento come il Quality rework o Work motivation.

3.2.3. Applicazioni in trasporto e logistica

Negli anni 80, si sono sviluppati modelli utilizzando l'EOQ per trasporto e logistica. Tanchoco et al. (1980) ha considerate l'impatto del holding del material e il trasporto delle unità stoccate in lotti. Loro hanno modificato il modelo dell'EOQ per includere costi di trasporto, il quale dipende dalla quantità di unità caricate (loads) necessarie per lottizzare una produzione.

Burns et al. (1985) ha esaminato la grandezza ottimale del lotto utilizzando diverse strategie di distribuzione (direct shipping e peddling (più di un cliente per carico/trasporto), e ha trovato che il valore dell'EOQ aveva la grandezza ottimale per le consegne dirette dal fornitore al cliente (direct shipping).

3.2.4. Modelli di supply chain

Siccome le aziende puntano alla creazione di magazine e altre store locations per aumentare il suo vantaggio competitivo, si è sviluppata una grande ricerca su questo settore. Lim et al. (2003) determinò il risparmio della consolidazione del

magazine, modellando ogni magazine come una singola tappa di un sistema EOQ. Un'altro approccio su di questo si è creato considerando la capacità del magazzino come una decisione variabile. In questi casi, si ha incluso la condizione che il costo el magazzino è maggiore dagli altri costi rilevanti di holding.

3.3. Visibility: La importanza dell'informazione nelle supply chain

Si tiene conto dell'incorporazione di flussi di informazione tra un supplier e il retailer in un modello con una Supply Chain tipica.

Siccome implementare un processo Just in Time da solo, ha risultati ed effetti limitati, le aziende ed organizzazioni cercano di incoraggiare gli altri membri della Supply Chain a cambiare le sue operations. Di questo risulta un certo livello di cooperazione, principalmente nelle aree di Supply Contracts e Information Sharing. Questo si evidenzia molto di più quando si lavora con prodotti customizzati ed è più comune vederlo tra suppliers e grandi clienti come i retailers.

Il grado si cooperazione varia significativamente da una Supply Chain ad un'altra. L' informazione condivisa può variare da generica (es. Scheduling produttivo, tipo di controllo d' inventario,etc.) a specifica (es. livelli d' inventario giorno per giorno, schedulino esatto di produzione, etc.)

1.- Risultati computazionali

Nel paper (Gavirneni_1999_Value of Information in Capacitated Supply Chains) viene studiata la condivisione parziale e totale d' informazione tra supplier e retailer.

Si prendono in considerazione 3 modelli.

Nel modello 0, il supplier è inconsapevole della politica di riordino del retailer e soltanto vede gli ordini che arrivano da questo. Questo assume la domanda dell' item finito in ogni periodo.

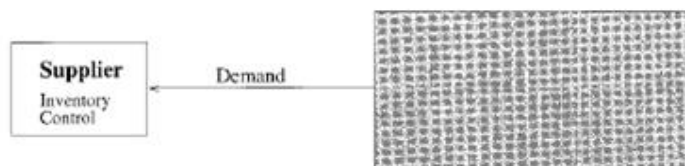


Figura 4: Modello 0, La Supply Chain tradizionale

Nel modello 1, il supplier conosce la distribuzione della domanda del retailer, l'ordine è piazzata secondo una politica (s, S) , e i parametri specifici (s, S) .



Figura 5: Modello 1, La Supply Chain

Nel modello 2, il supplier riceve additionally, in modo periodico ed immediato l'informazione della domanda del retailer, anche via EDI links.

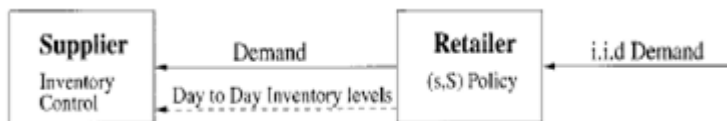


Figura 6: Modello 2, La Supply Chain con flusso completo di informazione

Quando la varianza della domanda dell'entità finita è elevata, o il valore dei parametri è troppo alto o troppo basso, l'informazione non porta grandi benefici.

Dall'altra parte, se la varianza della domanda del prodotto finito è moderata e il valore di S-s non è estremo, i benefici sono ottimali. Similarmente, la informazione non porta benefici se la capacità del supplier è bassa in comparazione con un'elevata capacità.

Senza considerare i costi delle penalità ricevute dal supplier, i benefici dell'informazione, prima crescono e poi cadono.

L'esperimento consiste nel disegno visto nella figura 4. Alcuni valori restano costanti come b e la media della domanda, mentre gli altri sono variabili. Si usano nove distribuzioni diverse della domanda (Uniforme in 3 varianti, Esponenziale, Erlang in 2 varianti e Normale in 3 varianti).

Da questa analisi, si possono trovare alcune conclusioni.

Si può osservare per tutti i modelli che il costo totale cresce se il holding cost e la varianza crescono o la capacità decresce. Siccome il costo per il modello 2 è sempre minore del modello 1 e a sua volta questo è minore del modello 0, si può accertare che l'informazione è sempre beneficiaria.

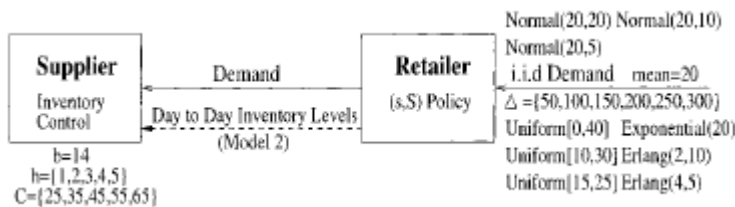


Figura 7: Il set-up sperimentale

Il beneficio di alcune informazioni si possono vedere nel grafico presente sotto. I risparmi variano tra il 10% e il 90% con una media del 50%. Questi crescono con la capacità. Il modello 1 risulta in costi minori, in particolare a elevate capacità. Si possono notare anche benefici a capacità basse. Si ha trovato anche che i benefici crescono al crescere il costo di holding.

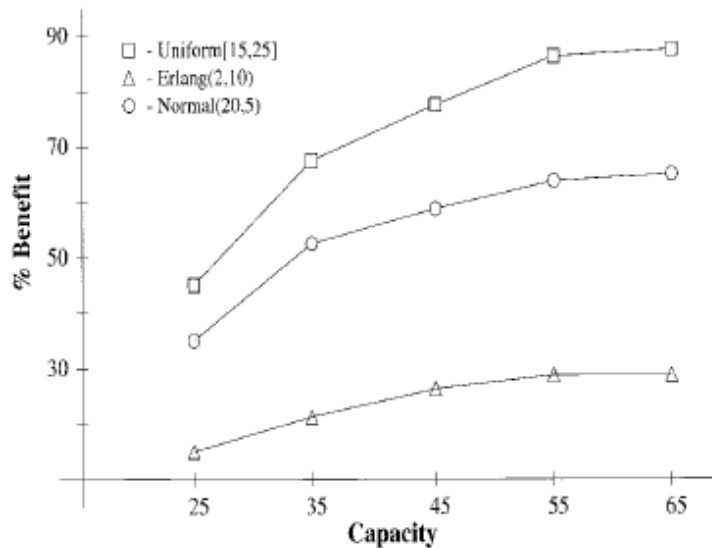


Figura 8: Benefici % tra capacità e Modello 0 e Modello 1

Vengono dopo studiate le percentuali di risparmio realizzate tra i modelli 1 e 2 (incrementata informazione e full information). Questi risparmi variano tra l'1% e il 35%.

Si vede facilmente che le percentuali di risparmio salgono con la capacità e che a basse capacità, non si trovano quasi benefici. Mentre a capacità elevate, il supplier ha flessibilità e può utilizzare l'informazione per ritardare la produzione o per produrre in quantità maggiori in un periodo dato.

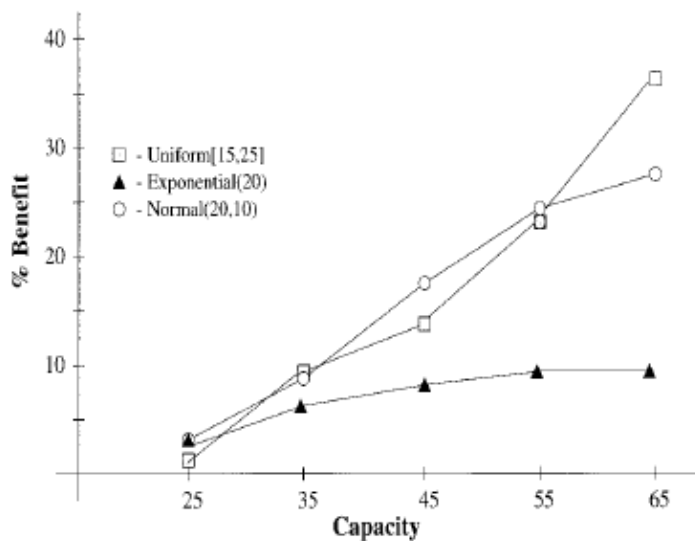


Figura 9: Beneficio % comparando Modello 1 e Modello 2 contro capacità

3.4. Lean manufacturing e just in time

La Lean manufacturing, è una generalizzazione e divulgazione del sistema Giapponese di produzione “Just in Time” sviluppato da Toyota. Questo termine è stato introdotto dagli studiosi Womack e Jones nel libro “La macchina che ha cambiato il mondo”.

Il punto d’ inizio del concetto del sistema di produzione Toyota si ha noto come un caratteristica distintiva del Giappone.

Siccome il Giappone si trova sotto condizioni non vantaggiose in termini di costi di materie prime, in comparazione con l’ Europa o con i Paesi Americani, le industrie giapponesi hanno dovuto mettere tutti i loro sforzi per produrre beni di migliore qualità, offrendo un maggiore valore aggiunto a volte anche a costi minori rispetto a i competitors degli altri Paesi. Questo è stato il primo punto riconosciuto da Toyota.

La seconda caratteristica distintiva del Giappone, è il concetto di lavoro, come l’ attitudine e la coscienza messa in atto, la quale dista un po dallo stesso concetto in Europa ed in America. L’ approccio Giapponese considera molto il senso di gruppo, la voglia di migliorare, l’ elevato grado di abilità dei lavoratori come risultato di alti standard di educazione, e prende il lavoro al centro della sua giornata. Questo, viene dall’ altro lato tenuto in considerazione dalle aziende che forniscono posti di lavoro interessanti, volti a crescere all’ interno dell’ azienda, scarsa discriminazione, e per fino ad avere sindacati all’ interno delle aziende.

Uno dei principi fondamentali di questo metodo di produzione, è che il lead time di produzione viene fortemente ridotto mantenendo la conformità rispetto ai cambiamenti. La produzione così gestita, è possibile avendo “tutti i processi

producendo la parte necessaria, al momento necessario e avendo le scorte minime necessarie per sviluppare il processo insieme”.

Un’altro punto fondamentale del Lean Manufacturing, è che il flusso delle manufatti è basato nella domanda (demand-based). In questo tipo di produzione, l’inventario viene soltanto spinto su ogni centro produttivo quando serve che sia incrociato con l’ordine del cliente. Questo presenta molti benefici, tra i quali si possono elencare la diminuzione del tempo di ciclo, l’aumento di saturazione oraria, la diminuzione dell’inventario, la diminuzione degli sprechi e dei costi, l’aumento della produttività e dell’utilizzo del capitale.

Ce ne sono alcuni strumenti per l’implementazione di un sistema Lean, fondati nel concetto di produzione e processi di miglioramento continuo e nell’eliminazione di attività non a valore aggiunto. Le attività che aggiungono valore sono “semplicemente quelle cose per le quali il cliente è disposto a pagare, tutt’altro è spreco e deve essere eliminato, semplificato, ridotto o integrato” (Rizzardo, 2003). Il miglioramento del flusso di materiali attraverso il layout di nuovi sistema idealizzati secondo i requisiti chiesti dal cliente richiede la riduzione degli sprechi nella movimentazione di materiali e dell’inventario.

Allo scopo di evitare problemi come lo sbilancio d’inventario, l’eccedenza di macchinari e attrezzature così come di lavoratori, è stata riconosciuta la necessità di avere schemi adattabili che possano produrre con cambiamenti come fluttuazioni della domanda o diversi problemi che possano riscontrarsi. Per farlo, tutti gli sforzi sono stati puntati nello sviluppo di un sistema di produzione che permetta diminuire il lead time, dall’ingresso delle materie prime alla completezza finale del prodotto.

Inoltre, controllando il grado delle quantità d’inventario ed il lead time di produzione come variabili, questo metodo mette in evidenza gli eccessi di apparecchiature e lavoratori. Così, Toyota cerca di utilizzare al massimo le capacità dei suoi lavoratori.

Alcuni requisiti per fare una corretta applicazione del metodo Lean, sono:

Permettere a tutto il processo di ottenere velocemente ed in modo accurato conoscenze relative a tempi e quantità richieste.

Nel sistema generale di produzione, questo requisito si considera facendo lo scheduling della produzione per arrivare al prodotto finito. Si progettano e pianificano, con istruzioni dettagliate i processi. Questi processi producono le parti secondo come furono organizzate in precedenza, utilizzando il metodo nel quale le parti di una sezione sono la materia prima dell’altra. Invece, nel sistema Lean usato da Toyota, il processo consecutivo è chi ritira e richiede i prodotti al processo precedente.

Questo è dovuto alla produzione Just in Time, la quale richiede le parti dei vari processi in quantità necessarie nel momento giusto. La linea di produzione più accurata è quella dove quantità di parti e momento si conoscono con precisione. Qua, il passaggio finale della linea va dai processi precedenti per ottenere le

parti o componenti necessarie per assemblare tutto nel momento giusto. Come questo è una catena, a sua volta ogni postazione chiederà a quella precedente le materie prime necessarie. Mettendo insieme così tutta la catena, non sarà più necessario rilasciare lunghe ordini di produzione per ogni processo.

Produzione e trasporto di un pezzo: Questo requisito della produzione JIT è che l'approccio di tutti i processi abbiano come condizione la produzione di solo un pezzo, che possano spostare uno alla volta e in aggiunta che ci sia solo un pezzo a scorta tra l'apparecchio ed il processo.

Questo vuol dire che il processo non è ammesso di produrre quantità extra e avere scorte di eccedenza tra i processi. Pertanto, ogni processo deve essere condizionato a produrre e muovimentare solo un pezzo in corrispondenza con la singola unità che esce dal finale della linea di assemblaggio. Tutti i shop o sezioni dell'azienda vengono condotte dal lotto di produzione e di trasporto. Il successo di Toyota, è stato in ridurre le dimensioni del lotto, attraverso modificazioni nei tempi di set-up, migliorando i metodi di produzione, includendo l'eliminazione dell'inventario in process e migliorando il trasporto come risultato del carico misto. Tutti questi miglioramenti sono stati fatti, incluso alcuni sono stati fatti su molti fornitori.

Livellamento della produzione: Partendo dalla base che tutti i processi producono e trasportano in lotti piccoli, se la quantità richiesta dal processo successivo varia considerevolmente, il processo così come i fornitori lavoreranno mantenendo nel tempo la potenza di picco o avendo un eccesso d'inventario tutto il giorno.

Così, per fare possibile la produzione Just in Time, un prerequisito è livellare la produzione al finale della linea di assemblaggio, che è il punto che da le ordini di produzione per tutti gli altri processi.

Il grado di livellamento viene determinato dai top managers.

Un secondo punto importante in una produzione livellata, è osservare la regola basica del JIT; produrre solo quello che può essere venduto. Da un lato, considera fare una regolazione molto accurata secondo i cambiamenti del mercato, dall'altra parte, cerca di produrre nel miglior modo possibile dentro un certo range.

Ad esempio, dopo livellare e programmare la produzione mensile, Toyota continua a fare cambiamenti a seconda delle diverse specificazioni che vengono richieste dalla programmazione giornaliera, anche se i cambiamenti devono essere fatti nei total, Toyota cercherà di ridurre al massimo la fluttuazione del mercato. Questo fa la differenza con il sistema generalmente usato nelle aziende, il quale può operare solo con piccoli cambiamenti nella produzione.

Un sistema di controllo della produzione che è stato sviluppato per rendere possibile l'applicazione delle regole generali, è il sistema Kanban.

Eliminazione dello spreco prodotto dalla sovrapproduzione: Un concetto da sottolineare del sistema di produzione JIT, è che si promuove la mancanza d'inventario.

Nella produzione convenzionale, la presenza di un inventario è fondamentale e molto pregiata perché permette assorbire i possibili problemi e fluttuazioni della domanda e le fluttuazioni nei processi di produzione.

Contrario a questo, Toyota trova nelle scorte una collezione ed un punto di partenza di problema e cause negative, perché gran parte dello stock è il risultato di sovrapproduzioni e questo è il maggiore spreco per il quale i costi di produzione possono incrementarsi.

Il motivo per il quale l'inventario viene considerato il maggiore spreco, è che nasconde le cause di spreco che dovrebbero essere migliorate come lo sbilanciamento tra i lavoratori e tra i processi, eccesso di attrezzature, manutenzione insufficiente, etc. Questo difficoltà le possibilità di miglioramento dell'azienda.

3.4.1. Metodi per l'implementazione della lean manufacturing

MIGLIORAMENTO CONTINUO – KAIZEN

Una mentalità ed una organizzazione mirando al miglioramento continuo deve essere adottata per raggiungere gli obiettivi aziendali. Il termine miglioramento continuo vuol dire, il miglioramento incrementale dei prodotti, processi e servizi, con l'obiettivo di ridurre gli sprechi per migliorare la funzionalità del luogo di lavoro, del Customer service e la performance del prodotto.

PDCA (in inglese) è un método gestionale di 4 passi iterativi usato in business per il controllo e il continuo miglioramento dei processi e dei prodotti.

P (Plan): Stabilisce gli obiettivi e i processi necessari per arrivare a risultati che vadano in stretta relazione con l'output che si aspetta.

D (Do): Implementazione del piano, esecuzione del processo, produzione del prodotto. Si raccoglie l'informazione per fare l'analisi negli step successivi.

C (Check): Studia i risultati attuali misurati e raccolti nello step Do e gli paragona con i risultati previsti che sono a sua volta gli obiettivi stabiliti nello step Plan, in modo di trovare differenze nel caso ci siano.

A (Act): Fa la richiesta delle azioni correttive nelle differenze più significative tra i risultati attuali e quelli pianificati in anticipo. Si analizzano le differenze per cercare di trovare le radici delle cause che provocano queste differenze. Si determina dove applicare i cambiamenti che possono includere miglioramenti del processo o del prodotto.

Quando il passaggio attraverso questi quattro steps non genera risultati nei settori da migliorare, si può applicare lo stesso método con iterazioni più dettagliate.

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

Questo, è un set di misure di performance il quale può essere usato perfettamente in un ambiente lean e rappresenta una misura. Questo, così come il Total Effective Equipment Performance (TEEP), è una misura che segnala l'utilizzo generale delle apparecchiature, tempo e materiali per le operazioni di manifattura. Questi indicatori mostrano il gap (differenza) che si trova tra la performance attuale e quella ideale. La effettività generale delle apparecchiature quantifica quanto bene performa una unità di produzione in relazione con la capacità di disegno, nei periodi quando è stipulato che funzioni.

L'OEE viene misurato come:

Availability*Performance*Quality

Availability: La porzione della metrica OEE che rappresenta la percentuale del tempo disponibile per lavorare che l'operazione può essere svolta. Spesso si riferisce all'Uptime.

Performance: La parte dell'OEE che rappresenta la velocità con la quale il centro di lavoro lavora come una percentuale della velocità di disegno.

Quality: La parte dell'OEE che rappresenta le unità che escono d'accordo alle specifiche, rispetto alle unità iniziate, in modo percentuale.

SIX SIGMA

Questo, è un set di tecniche e strumenti per migliorare il processo. È stato sviluppato da Motorola nell'anno 1986. Il método Six sigma punta al miglioramento della qualità degli outputs del proceso. Vengono utilizzati un set di metodi del quality management, compresi metodi statistici e crea una infrastruttura speciale di persone dentro l'organizzazione. Queste persone sono esperti nei metodi.

Il Termine Six Sigma è stato originato nell'ambito del manufacturing, specificamente viene dalla statistica e viene utilizzato in controlli di qualità statistici valutando la capacità dei processi.

I processi che operano sotto il Six Sigma Quality a corto termine si aspetta che producano a lungo termine livelli di difetti sotto i 3,4 difetti per milione (Tennant, 2001; Motorola University Six Sigma Dictionary). Il método Six Sigma implica uno sforzo continuo che permetta raggiungererisultati stabili e prevedibili del proceso, diminuendo così la variabilità dei processi. Questo è di vitale importanza per il successo del business, per ciò, i processi devo avere caratteristiche che possano essere misurate, analizzate, controllate e migliorate, raggiungendo i miglioramenti di qualità richiesti dall'intera organizzazione, in particolare dal top-level Management.

La metodologia di progettazione Six Sigma è basata nei seguenti passi (DMAIC):

(D) Definizione del sistema, la voce dei consumatori e le loro richieste, i CTQ (Critical to Quality) che sono i punti critici se si considera la qualità e gli obiettivi del progetto.

(M) Misurare ed analizzare aspetti chiave del processo attuale, definire misure del processo, identificare diverse tipologie, cause e fonti delle variazioni prodotte nel processo, definire i requisiti di informazione per svolgere correttamente il progetto Six Sigma, sviluppare un piano di raccolta dati, eseguire un'analisi del sistema di misura, determinare le capacità di base.

(A) Analizzare i dati per investigare e verificare relazioni di causa-conseguenza. Determinare come sono le relazioni e garantire che tutti i fattori vengano considerati. Cercare le cause basilari del difetto che si trova sotto studio. Questa fase permette al team di progetto di trovare opportunità di miglioramento guardando più nei dettagli del processo ed i dati raccolti nella fase di misura.

(I) Migliorare ed ottimizzare il processo attuale basandosi in un'analisi dei dati attraverso esperimenti, correzione degli errori e creazione del future state standardizzando il lavoro. Bisogna condurre un processo pilota di miglioramento dopo di che, si analizza la capacità di questo per controllare che ci sia un guadagno prodotto dai miglioramenti.

(C) Controllare il processo nel future state in modo di trovare qualsiasi deviazione rispetto agli obiettivi e correggerli prima che diventino difetti. Controllare, è un modo per sostenere i miglioramenti, sia eliminando le opportunità di difetto, che monitorando il processo e usando sistemi formali di feedback. Implementare sistemi di controllo, come controllo statistico del processo, quadri di produzione, visualizzazione dei posti di lavoro e monitoraggio continuo del processo, richiede stabilire una strategia effettiva che assicuri che i miglioramenti siano sostenuti nel tempo.

POLICY DEPLOYMENT

Questa metodologia traduce i tentativi strategici dell'organizzazione in un approccio giorno per giorno. È un sistema manageriale che assicura che tutte le risorse dell'azienda siano allineate in modo da dare supporto ad alcuni obiettivi strategici dell'azienda. Il Policy Deployment, proviene dal giapponese Hoshin Kanri (Hoshin, puntare su una direzione e Kanri, management o controllo).

Bisogna introdurre un processo per assicurare che le azioni correttive implementate siano controllate e che la loro stabilità venga raggiunta. Se la stabilità non è stata raggiunta, il processo viene rivisto e tutte le modificazioni e cambi possibili verranno applicati. Il processo usato con questo fine, è il prima accennato PDCA (Plan, Do, Check, Act).

Il metodo Policy Deployment sistematizza la pianificazione strategica attraverso un processo a 7 passi, nei quali vengono eseguiti alcuni compiti manageriali

tali come: Identificare il key business dell' organizzazione; stabilire obiettivi aziendali misurabili che facciano riferimento ai key business; Definire una visione generale e gli obiettivi; Sviluppare strategie di supporto per perseguire gli obiettivi.

In una organizzazione Lean, questa strategia include l' utilizzo di metodologie e tecniche Lean, determina le tattiche e obiettivi che facilitino ogni strategia, implementa misure delle performances di ogni processo di business.

LE 5 WHYS

Il metodo delle 5 Whys, è una tecnica iterativa di domande usata per esplorare le relazioni di causa-efetto di un particolare problema. L' obiettivo principale del metodo, è determinare le radici delle cause di un difetto. Si chiama 5 perché fa riferimento alle iterazioni tipicamente richieste per risolvere al meglio il problema. Molte volte si deve chiedere la stessa domanda o quella precedente più di una volta per arrivare fino all' origine del problema. La vera chiave del metodo, è evitare le assunzioni e trappole logiche e cercare di incoraggiare il team di continuare con il processo fino a completare la tecnica.

Per procedere, si fa:

Scrivere uno specifico problema. Scriverlo aiuta a formalizzare il problema e a descriverlo in un modo più accurato. Aiuta anche a focalizzare tutto il team sullo stesso problema e con lo stesso obiettivo.

Fare brainstorming domandandosi perché il problema si riscontra e le risposte trovate devono essere scritte.

Se la risposta non identifica la radice del problema, ridomandare Why? (perché?) a scrivere di nuovo la risposta.

Si deve riapplicare lo step precedente finché non si arriva alla vera radice del problema.

I benefici di questo metodo sono che, aiuta ad identificare le radici che provocano il problema, aiuta a determinare la relazione che c'è tra le diverse radici di un problema, è uno dei più semplici strumenti d'analisi ed è facile di completare senza un'analisi statistica, è facile di imparare ed applicare.

Da l' altra parte, non permette di trovare cause non ancora note, bisogna il supporto di un ricercatore che aiuti a formulare le domande giuste e ha tendenza ha isolare una singola causa.

DIAGRAMMI DI ISHIKAWA

Questi diagrammi, vengono anche chiamati diagrammi fishbone (osso di pesce). Questi sono diagrammi di cause, creati da Kaoru Ishikawa (1968), e mostrano le cause di uno specifico evento.

L' uso comune di questi diagrammi, è il disegno di prodotti e prevenzione dei difetti di qualità, identificando i potenziali fattori che provochino questi effetti. Ogni causa di imperfezione, è una fonte di variazione. Le cause, vengono

solitamente raggruppate in grandi categorie in modo da identificare le fonti di variazione come persone, metodi, macchinari, materiali, misure, ambiente, etc. Queste categorie possono essere stese verso item più dettagliati come qualsiasi relato con il processo, come il processo viene svolto e richieste speciali per farlo, politiche, procedure, regole, regolazioni e leggi, qualsiasi macchinario, computers, strumenti, etc richiesti per svolgere il lavoro, parti necessarie per produrre il prodotto finale, dati generati dal processo che serve per analizzare la qualità, le condizioni come locacion, tempo, temperatura e cultura nelle quali il processo opera.

Le cause possono derivare da sessioni di brainstorming. I gruppi possono essere etichettati come categorie nello scheletro del pesce.

3.4.2. Sistema kanban

SCOPO DEL SISTEMA KANBAN

Il Sistema Kanban, è un Sistema di controllo della produzione per la produzione just in time. Questo utilizza al Massimo le capacità disponibili degli operai. Attraverso questo Sistema, I workshop della fabbrica Toyota non hanno più avuto bisogno di un computer.

Alcuni ragioni per le quali è stato usato il Sistema Kanban invece che complessi sistemi computazionali, sono:

Riduzioni dei costi di processamento dell'informazione. Il costo di implementare un sistema che scheduli la produzione di tutti i processi e fornitori così come ogni alterazione e cambiamento fatto in tempo reale ha un costo assai elevato.

Rapida e precisa acquisizione dei dati. Utilizzando il sistema Kanban, i managers dei workshop percepiscono continuamente dei cambiamenti nella capacità di produzione, il tasso di funzionamento e la forza di lavoro senza la necessità di un computer. A partire da questo, la schedulazione dell'informazione aiuta ai workshop a trovare sistema di responsabilità e a promuovere attività che permettano miglioramenti spontanei.

Limita la capacità eccedente dei shop e fornitori precedenti. Siccome, ogni giorno l'industria è composta da processi multistage, generalmente la domanda di pezzi o parti fa diventare progresivamente più erratici i processi fino ad arrivare al punto finale del prodotto finito. È per questo che i processi precedenti richiedono di produrre in eccedenza per poter far fronte alle variabilità facendo più facile produrre perdite.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA KANBAN

Nel Sistema Kanban, una specie di scheda di ordine chiamata Kanban viene utilizzata. Di questa ci sono due tipi, uno chiamato "Kanban di Trasporto", il quale viene spostato quando si passa da un proceso all'altro. L'altro si chiama

“Kanban di Produzione” e viene utilizzato per ordinare la produzione del pezzo ritirato dal proceso successivo.

Questi due tipi di Kanban vengono sempre attaccati ai contenitori che muovimentano le diverse parti o pezzi che compongono il prodotto.

Quando il contenuto di un vasoio comincia ad essere utilizzato, il Kanban di trasporto viene rimosso dal contenitore. Un lavoratore prende la scheda e si sposta verso il punto di stoccaggio da dove preleva una specifica parte. Dopo questo, attacca il Kanban di trasporto sul vasoio che aveva il pezzo.

Subito dopo, il Kanban di produzione che si trovava attaccato al vasoio viene rimosso per cominciare un percorso di informazione che fa muovimentare il processo. Questo produce il pezzo mancante al più presto possibile cercando di avere sempre la parte disponibile per non fermare la produzione.

Così, le attività svolte dal finale della línea di assemblaggio sono connesse con i processi precedenti o con i fornitori in modo análogo ad una catena materializzando una produzione Just in Time per tutto il proceso.

3.4.3. Concetti alla base del sistema di produzione Toyota

JIDOKA

Il termine Jidoka viene usato da Toyota per fare riferimento alla fermata di una macchina, attrezzatura o operazione quando una situazione difettosa o anormale viene riscontrata.

Infatti, questo fa una distinzione basandosi nel fatto che quando si trova un difetto in una macchina o attrezzatura, la macchina o l'intera línea si ferma, mentre se la línea viene gestita con lavoratori, sono loro a poter fermare la produzione.

I motivi per i quali Jidoka è diventata così importante sono:

Previene la sovrapproduzione, questo si può fare grazie a che le apparecchiature possono essere fermate quando l'obiettivo di produzione viene raggiunto. Conseguentemente, la produzione Just in Time può essere accuratamente eseguita.

Il controllo delle anomalie diventa più facile. Per fare miglioramenti sarà necessario solamente fare attenzione sulle apparecchiature fermate e sui lavoratori che hanno fermato la produzione. Questo è fondamentale quando deve farsi un pieno utilizzo della forza di lavoro.

Toyota ha fatto innumerevoli miglioramenti fino ad arrivare al Jidoka.

COMPLETO USO DELLE CAPACITÀ DEI LAVORATORI

Questo, è un secondo punto basilare nella produzione JIT di Toyota. Tiene conto della massimizzazione dell'utilizzo dell'ambiente lavorativo e dell'eccellenza raggiunta dai lavoratori in Giappone. Alcuni punti chiave innovativi ed

interessanti che possono essere citati nella ricerca di un elevato rispetto e cura della persona sono:

- Eliminazione dei movimenti non necessari dei lavoratori: I lavoratori devono rendersi conto che il loro lavoro diventa importante solo quando aggiunge valore al prodotto. Per ciò, tutti gli altri movimenti che non aggiungono valore o lo fanno con basso valore devono essere eliminati. Vengono considerate la movimentazione di materiali tra le macchine o attrezzature e tra queste e il magazzino. Toyota ha creato un sistema basandosi nella riduzione dei tempi che non aggiungono valore che permette il funzionamento di una produzione Just in Time molto accurata.

Nella produzione JIT, anche se le attrezzature hanno un'eccesso di capacità, producono solo se lo stadio a valle lo richiede. Così, se lavoratore e attrezzatura si trovano insieme, il fermo di produzione della macchina comporterà anche il fermo del lavoratore. Per prevenire questo spreco, ad ogni lavoratore sono state assegnate più di una macchina o attrezzatura, sono stati concentrati i lavoratori nelle zone di linee automatiche e si sono create linee che non richiedono una supervisione continua. Si sono anche eliminate le operazioni che non sono appropriate per le persone, perché hanno una pericolosità elevata, perché possono danneggiare la salute, perché richiedono un grande sforzo fisico o perché sono monotone e ripetitive.

In fine si sono ridotti gli sprechi prodotti da difetti o problema che possano riscontrarsi.

- Considerazione della sicurezza dei lavoratori: Siccome la produzione di Toyota si fa in modo continuo, i lavoratori non devono fermare la operazione nella quale lavorano se non si riscontra un problema importante. È per questo che si trovano metodi non standard per far lavorare la linea senza fermi.

Anche se il lavoratore ha tempi di fermo, si chiede di non fare lavoro extra perché questo comporta un maggior rischio di incidente, problema o difetti. Quindi la eliminazione dei tempi di attesa non solo comporta una riduzione dei costi, si comporta anche come una misura di sicurezza.

- Crescita e sviluppo delle persone: Toyota ha sviluppato un Sistema attraverso il quale, I lavoratori giapponesi possono partecipare attivamente nel miglioramento del loro workshop e sono anche in grado di mostrare le loro capacità creando un ambiente di rispetto alle persone in un livello molto elevato.

Il primo passo per farlo, è che tutti i lavoratori hanno il diritto di fermare la linea nella quale lavorano, anche se sono linee lunghe come quella di

assemblaggio. Questo permette trovare i difetti quando una anomalia viene riscontrata.

Inoltre, ad ogni lavoratore dello shop, si informano gli ordini di priorità delle parti che devono essere processate ed il grado di avanzamento della produzione. Questo porta al lavoratore ad avere il ruolo di autorità e permette ad ogni shop di eseguire le attività produttive senza ordini provviste dal dipartimento di controllo.

Un'altro aspetto fondamentale è che i lavoratori possono e devono far parte dei miglioramenti. Qualsiasi addetto di Toyota ha il diritto di fare un miglioramento dove trovi un punto di spreco.

Questo perché nella produzione JIT, tutti i processi sono connessi e senza eccedenti, quindi se viene trovato un problema, l'intera linea viene fermata immediatamente colpendo l'intero impianto. Così, Toyota cerca di motivare i suoi impiegati a trovare difetti che difficilmente vengano trovati dai manager.

3.5. Simulazione

Nel campo della Logistica e del Supply Chain Management, i sistemi di supporto alle decisioni (DSS) basati in simulazioni, forniscono un ampio range di soluzioni e di informazioni che facilitano la presa di decisioni, sia a livello strategico, operativo e tattico. Attraverso questi, le decisioni possono essere ottimizzate poiché forniscono un'ottica globale dell'intero processo, permettendo l'analisi di diversi scenari "what-if" con diverse variabili operative.

La simulazione, è una tecnica attraverso la quale si costruisce un modello del fenomeno in studio (in questo caso l'intera filiera produttiva) e si prevede il comportamento futuro del fenomeno. Si avvale questa dalle grandi possibilità di calcolo che oggi offre il mondo informatico. La simulazione, è uno strumento molto utile in ambiti scientifici e tecnologici dove esiste una elevata difficoltà o impossibilità di riprodurre fisicamente in laboratorio reale le condizioni da studiare.

Il modello deve essere sviluppato consentendo la valutazione e previsione di alcune caratteristiche su un sistema (insieme di entità, elementi o componenti che interagiscono tra loro) , oppure una serie di eventi susseguenti all'imposizione di certe condizioni da parte dell'analista.

Le caratteristiche fondamentali della simulazione sono:

- Interazione tra più entità;
- Comportamento globale emergente dai comportamenti delle singole entità;
- Prestazioni del sistema come funzione di comportamenti ed interazione tra entità;

Se le relazioni che compongono il modello sono semplici possono essere utilizzati metodi matematici e/o statistici da cui si ottiene una funzione che lega il vettore

d'ingresso e quello di uscita. La maggior parte dei sistemi reali è molto complessa, quindi lo sviluppo di metodi matematici o statistici risulterebbe estremamente onerosa o porterebbe a sistemi non risolvibili. Per questo motivo si ricorre all'utilizzo di modelli sperimentali o 'numerici', in particolare per mezzo dello strumento della simulazione. Riprodurre il comportamento di un sistema implica la definizione e la costruzione di un modello del sistema stesso.

La simulazione viene utilizzata in numerosi contesti e applicazioni, sia nell'analisi meteorologica, meccanica, economica o finanziaria che nell'analisi dei dispositivi militari.

3.5.1. Tipologie di simulazione

Le tipologie di simulazione possono essere classificate come:

Simulazioni fisiche: fanno riferimento alle simulazioni nelle quali oggetti reali vengono simulati tramite modelli in scala su cui effettuare i diversi test richiesti. Ad esempio, i modelli di auto/aerei/ponti/strutture che vengono utilizzati per verificarne la resistenza aerodinamica.

Simulazioni interattive: sono un particolare tipo di simulazioni fisiche in cui è incluso l'operatore umano, ovvero, l'operatore ha un ruolo fondamentale nel corso della simulazione. Ad esempio, un simulatore di volo, simulazioni di role playing.

Simulazioni computer based: sono una modellazione di situazioni su un computer al fine di studiare come funziona il sistema e fare l'analisi su come esso risponde a variazioni di alcuni parametri. È un metodo che permette risparmiare sia in tempo, perché è un PC che fa le diverse prove, che in costi di creazione di modelli fisici a scala. A loro volta le simulazioni computer based possono essere classificate secondo tre categorie:

- Statico o Dinamico: Un modello statico rappresenta un sistema in un determinato istante di tempo o, in generale, un sistema in cui la variabile temporale non ha influenza.

Un modello dinamico invece, permette di rappresentare un sistema nella sua evoluzione nel tempo.

- Deterministico o Stocastico: E' definito deterministico un modello di simulazione che non contiene nessun "elemento probabilistico". In questo tipo di modello, assegnati i valori degli input, l'output è univocamente determinato.

I modelli di simulazione in cui i valori degli input o le probabilità di accadimento degli eventi non sono univocamente determinati, ma sono variabili secondo distribuzioni statistiche, sono definiti stocastici.

- Continuo o Discreto: Nei modelli di simulazione di tipo continuo viene rappresentata l'evoluzione di sistemi in cui la variazione di stato avviene con continuità rispetto alla variabile tempo. Un esempio di questo, è il passaggio di un corpo da una temperatura calda ad una temperatura fredda.

Nei modelli discreti viene invece rappresentata l'evoluzione di sistemi in cui la variazione di stato si suppone avvenga istantaneamente in particolari istanti di tempo. Essendo questi modelli di natura dinamica, è necessario registrare, ovvero tenere memoria, del tempo (simulato) che procede. In particolare sarà necessario definire un meccanismo di avanzamento del tempo per far procedere il tempo simulato da un valore ad un altro.

Da questa classifica si trova un'altra importante classificazione inerente alle simulazioni, ed è la scelta dell'avanzamento del tempo. Qua si può distinguere tra:

- Intervalli fissi (unit-time) : Si incrementa il clock di una quantità fissa Δ e si esamina il sistema per determinare gli eventi che devono aver luogo per i quali si effettuano le necessarie trasformazioni. Questa tipologia tratta tutti gli eventi con tempo di occorrenza $t \in [t_1, t_1 + \Delta]$.

Un problema caratteristico di questa modellazione è la scelta dell'incremento Δ . In questa categoria eventi con diversi tempi di occorrenza possono essere trattati come eventi simultanei.

- Per eventi (event-driven): si incrementa il clock fino al tempo di occorrenza del prossimo (primo) evento. In questo modo si hanno incrementi irregolari; gli eventi sono simultanei solo se hanno lo stesso tempo di occorrenza. Si evitano tempi di inattività.
- Discrete-event simulation (DES): Questa categoria di modelli di simulazione è caratterizzata da modelli che "simulano" la vita del sistema reale in termini "discreti", simulando la vita delle sue entità "dinamiche" e "statiche" ed i loro cambiamenti di stato nel tempo, con avanzamento ad eventi (next event time advance). Il sistema è rappresentato come una sequenza cronologica di eventi. Le variabili di stato cambiano solo in corrispondenza di eventi discreti, determinati a loro volta da attività e ritardi

3.5.2. Caratteristiche della simulazione ad eventi discreti (DES)

Questa tipologia di modello è stata utilizzata per l'analisi svolta in questo elaborato.

Gli elementi che caratterizzano questa simulazione sono:

- Evento: Si definisce evento un qualsiasi accadimento istantaneo che fa cambiare il valore di almeno una delle variabili di stato in un momento del tempo simulato t (tempo di occorrenza dell'evento). Gli eventi possono essere caratterizzati secondo due categorie: Eventi interni (endogeni): riguardano variabili interne al modello, come ad esempio l'inizio di un servizio di un job in coda, il guasto di una macchina. Eventi esterni (esogeni): riguardano variabili esterne al modello, come ad esempio l'arrivo di un nuovo utente in coda, l'inizio di un turno.
- Entità: Le entità sono singoli elementi temporanei che attraversano il sistema e devono essere definiti. Un esempio di entità è un utente presso un sistema a coda, oppure può essere un servente. Si distinguono in entità Dinamiche (es. clienti) o Statiche (es. server) Possono competere per ottenere le risorse ed essere accodati nelle corrispondenti code di attesa. Le entità possono essere raggruppate in classi che sono insiemi di entità dello stesso tipo, ovvero si possono raggruppare le entità in base ad attributi.
- Attributi: sono informazioni relative ad un'entità o ad una risorsa, a titolo di esempio è possibile citare la capacità di un magazzino, il tempo di lavorazione di una macchina, lo stato di occupazione. Gli attributi servono per poter conoscere lo stato dell'entità (statiche o dinamiche) presente nel modello; è poi necessario registrare quando lo stato cambia all'accadere di un evento.
- Risorse: Le risorse sono elementi del sistema che forniscono un servizio sia passivo che attivo alle entità dinamiche (che possono richiedere una o più unità della risorsa). Le risorse richieste, se occupate, possono determinare un'attesa in coda o intraprendere un'altra azione; inoltre, possono fornire servizi in parallelo (server parallelo). Se invece la risorsa è disponibile, essa viene "catturata" dall'entità, "trattenuta" per il tempo necessario e poi "rilasciata".
- Liste: Sono strutture usate per implementare code. Possono essere mantenute ordinate secondo diverse discipline, come ad esempio: Fifo, Lifo, Shortest Request First (basata su attributo locale).
- Attività: Periodo di tempo di durata predeterminata all'inizio dell'esecuzione dell'attività stessa, caratterizzato da attività in corso, ovvero collezione di operazioni che trasforma lo stato di una componente. Nella simulazione a eventi discreti (DES) le attività fanno avanzare il tempo simulato t . La durata può essere una costante, un

valore aleatorio generato da una distribuzione di probabilità, oppure data in input o calcolata in base ad altri eventi che accadono nel sistema.

- **Ritardo:** È un periodo di tempo di durata indefinita che è determinata dalle condizioni stesse del sistema. Il tempo che un'entità trascorre presso una coda prima che si liberi una risorsa della quale necessita è un ritardo.

3.5.3. Metodologia per affrontare un problema attraverso la simulazione

In ambito produttivo si utilizza la simulazione ad eventi discreti (DES) principalmente come supporto alla progettazione di nuovi sistemi, a migliorare o approfondire conoscenze delle situazioni esistenti e a fare analisi "what-if".

I sistemi produttivi sono usualmente composti da una varietà di oggetti che interagiscono tra di loro, principalmente si trovano: Macchine, Persone, Trasportatori ed Ambiente.

Di queste, singolarmente, si conoscono le prestazioni, quindi, la simulazione serve a conoscere la prestazione del sistema nel suo complesso e ad avere una visione sistemica e globale.

Per affrontare un problema attraverso la simulazione, come è stato fatto per lo svolgimento del presente documento, bisogna tenere conto della successione di fasi che caratterizzano lo studio:

1. Analisi del problema:

Consiste nel comprendere il problema cercando di capire quali sono gli scopi dello studio e di identificare quali sono le componenti essenziali e quali sono le misure di prestazione che interessano. Se una versione del sistema è già operativa, bisogna analizzarlo per capire il suo funzionamento.

2. Formulazione del modello di simulazione:

Siccome consideriamo sistemi stocastici, per fare un modello di simulazione è necessario conoscere le distribuzioni di probabilità delle quantità di interesse. Infatti, per generare vari scenari rappresentativi di come un sistema funziona, è essenziale che una simulazione generi osservazioni casuali da queste distribuzioni. Generalmente è possibile solo stimare queste distribuzioni derivandole, ad esempio, dall'osservazione di sistemi simili già esistenti. Se dall'analisi dei dati si vede che la forma di questa distribuzione approssima una distribuzione tipo standard, si può utilizzare la distribuzione teorica standard effettuando un test statistico per verificare se i dati possono essere rappresentati bene mediante quella distribuzione di probabilità. Se non esistono sistemi simili dai quali ottenere dati osservabili si deve far ricorso ad altre fonti di

informazioni: specifiche delle macchine, manuali di istruzioni delle stesse, studi sperimentali, etc.

3. Analisi del modello di simulazione:

Nella fase di analisi del modello deve essere verificata l'accuratezza del modello realizzato con diverse modalità. Di solito ciò viene fatto attraverso un'analisi concettuale del modello che può essere effettuata insieme ad esperti del settore applicativo in modo da evidenziare eventuali errori e/o omissioni.

4. Scelta del software e costruzione di un programma:

Dopo aver costruito il modello, esso deve essere tradotto in un programma. Oggi, è possibile utilizzare diversi strumenti.

Linguaggi "general purpose": Linguaggi come C++, FORTRAN, etc. Erano molto utilizzati alla nascita della simulazione ma richiedono molto tempo di programmazione.

Linguaggi di simulazione generali: Forniscono molte caratteristiche necessarie per realizzare un modello di simulazione riducendo così il tempo di realizzazione; esempi sono MODSIM, GPSS, SIMSCRIPT, etc. Sono meno flessibili che i linguaggi "general purpose", ma sono il modo più naturale per realizzare un modello di simulazione.

Simulatori: Sono packages per la simulazione orientati alle applicazioni. Esistono numerosi pacchetti software di tipo interattivo per la simulazione come ARENA, WITNESS, EXTEND, MICRO SAINT. Alcuni sono abbastanza generali anche se dedicati a specifici tipi di sistemi come impianti industriali, sistemi di comunicazione, altri invece sono molto specifici come, ad esempio, nel caso di simulatori di centrali nucleari o di simulatori della fisiologia cardiovascolare. Questi permettono di costruire un programma di simulazione utilizzando menù grafici senza bisogno di programmare. Sono abbastanza facili da imparare ma molti di essi sono limitati a modellare i sistemi previsti dalle loro caratteristiche standard. In ogni caso alcuni simulatori prevedono la possibilità di incorporare routines scritte in un linguaggio general purpose per trattare elementi non standard. Spesso hanno anche capacità di animazione per mostrare la simulazione in azione e questo permette di illustrare facilmente la simulazione anche a persone non esperte.

Fogli elettronici (spreadsheets): Quando si hanno problemi di piccole dimensioni si possono anche utilizzare fogli elettronici, come ad esempio Excel, per avere un'idea del funzionamento di un sistema.

5. Validazione del modello di simulazione:

In questa fase è necessario verificare se il modello che è stato realizzato fornisce risultati validi per il sistema in esame. Più in particolare si deve verificare se le misure di prestazione del sistema reale sono bene approssimate dalle misure

generate dal modello di simulazione. Ciò è molto difficile da effettuare, specialmente in fase di progettazione quando il sistema reale non esiste.

6. Progettazione della simulazione:

Prima di passare all'esecuzione della simulazione è necessario decidere come condurre la simulazione. Bisogna determinare la *lunghezza del transitorio* del sistema prima di raggiungere condizioni di stazionarietà, momento dal quale si inizia a raccogliere dati se si vogliono misure di prestazione del sistema a regime; Determinare la *lunghezza della simulazione* (durata) dopo che il sistema ha raggiunto l'equilibrio.

Si deve sempre tener presente che la simulazione non produce valori esatti delle misure di prestazione di un sistema in quanto ogni singola simulazione può essere vista come un "esperimento statistico" che genera osservazioni statistiche sulle prestazioni del sistema. Queste osservazioni sono poi utilizzate per produrre stime delle misure di prestazione e naturalmente aumentando la durata della simulazione può aumentare la precisione di queste stime.

7. Esecuzione della simulazione e analisi dei risultati:

L'output della simulazione fornisce stime statistiche delle misure di prestazione di un sistema. Un punto fondamentale è che ogni misura sia accompagnata dall'"intervallo di confidenza" all'interno del quale essa può variare.

Questi risultati potrebbero evidenziare subito una configurazione del sistema migliore delle altre, ma più spesso verranno identificate più di una configurazione candidata ad essere la migliore.

8. Presentazione delle conclusioni:

Alla fine, è necessario redigere una relazione ed una presentazione che riassume lo studio effettuato, come è stato condotto e includendo la documentazione necessaria.

In conclusione, possono essere elencati i vantaggi dell'utilizzo della simulazione:

- Consente di modellare realtà complesse in modo preciso.
- Permette di valutare il funzionamento sia a regime che nei transitori.
- Consente di ottenere dati da utilizzarsi in altre attività, come ad esempio l'analisi di investimento.
- Permette di condurre esperimenti che, per motivi pratici e/o economici, non è possibile effettuare sul sistema reale o su modelli fisici.

Per contro, possono essere individuati anche degli svantaggi:

- Il funzionamento del sistema, per quanto ben modellato, potrebbe differire da quello reale.

- Potrebbero esserci difficoltà nel considerare alcune condizioni al contorno.
- Il numero degli esperimenti che è possibile effettuare è limitato dal tempo a disposizione.

3.5.4. Modellazione di una supply chain tramite il software arena

La modellazione di una supply chain richiede la possibilità di utilizzare dei parametri globali quali: tempi di processamento per ogni stadio della SC e per ogni prodotto, tempi di set-up, tempi di apertura degli impianti, informazioni sulla gestione dei materiali e dei trasporti, ma anche caratteristiche tecniche della simulazione quali lunghezza dell'eventuale warm-up period, numero di repliche per ogni simulazione, lunghezza di ogni replica del processo di simulazione. I requisiti di modellazione di qui sopra servono come linee guida per la selezione di un appropriato strumento di modellazione.

Considerando la flessibilità di modellazione, la velocità di esecuzione e i bassi costi di programmazione, questi sono alcuni dei vantaggi dei linguaggi generici di codifica; tuttavia il loro uso è limitato nella modellazione a causa della difficile applicazione a specifici casi di simulazione. Inoltre, molti dei pacchetti software generici disponibili per la simulazione consentono la modellazione di soli processi di business semplici e poco articolati, limitando in tal modo la loro applicabilità (Law e Kelton, 2003). Queste considerazioni rendono necessario l'adozione di un dominio specifico di software di simulazione appropriato per lo sviluppo di una piattaforma di SCM.

Sulla base di queste considerazioni, è stato selezionato il software Arena come piattaforma di modellazione, questo è uno dei più diffusi strumenti per la simulazione di sistemi di natura discreta. Arena è un ambiente di simulazione grafico integrato che contiene tutte le risorse per la modellazione, la progettazione, la rappresentazione dei processi, l'analisi statistica e l'analisi dei risultati. Questo software si basa su SIMAN, un linguaggio di simulazione general-purpose (Kelton et al., 2003). Grazie a questo linguaggio, non è necessario scrivere le righe di codice perché l'intero processo di creazione del modello di simulazione è grafico, visivo e integrato.

Tutto questo, permette la costruzione di modelli process-oriented, modelli event-oriented, o una combinazione di entrambi. Possiede anche dei moduli building block che rappresentano i vari elementi utili alla modellazione di una SC come flow schedules, code, convogliatori, trasportatori, ecc. Esso impiega un'architettura gerarchica per la modellazione. In questo modo aiuta il modellatore a costruire moduli personalizzati con l'aiuto dei building block di base. Questo approccio offre molti benefici in quanto contribuisce a fornire flessibilità e modularità nella costruzione dei moduli. Esso ha la capacità di includere più istanze di qualsiasi modulo del sistema nel modello di simulazione. Inoltre permette di assegnare variabili globali nel modello che

riflettono alcune proprietà del sistema, le quali possono essere cambiate come e quando alcune specifiche richieste si verificano nel sistema. La flessibilità di Modellazione, in Arena, è garantita e supportata dalla presenza all'interno del main program di Visual Basic for Application (VBA). Questo modulo permette di codificare logiche complesse non riscontrabili nei moduli standard di Arena.

I processi di supply chain come l'evasione degli ordini dai nodi, i flussi di materiali, il replenishment degli inventory, la produzione e il processo di assemblaggio vengono raffigurati in Arena generando delle entità (rappresentano per il software i prodotti). I parametri associati a queste entità, i processi e le risorse come ad esempio i tempi di lavorazione e le politiche di gestione della produzione (come MTO, ATO), i costi della SC, ecc, vengono assegnati attraverso fogli Excel. Modificando i parametri della SC nel foglio di calcolo, possono essere facilmente generati diversi scenari all'interno della piattaforma di simulazione.

Nel modello di SC oggetto dell'elaborato, gli ordini dei clienti vengono generati in corrispondenza del nodo finale della filiera, corrispondente al retailer. Essi vengono introdotti come entità, ognuna di esse rappresenta uno specifico prodotto richiesto dal mercato. La dimensione della domanda lungo l'intero periodo di tempo simulato e i livelli iniziali di stock per ogni buffer della filiera determinano quindi il numero di entità che il modello genererà lungo l'intera campagna di simulazione. Questi dati vengono impostati all'inizio della simulazione e vengono variati per darle robustezza ai risultati ottenuti.

Ogni entità associata alla domanda, una volta generata presso il nodo del retailer, viene confrontata con la possibilità di essere evasa, valutando la presenza di quello stesso prodotto all'interno del buffer del distributore. L'evasione dell'ordine porta alla trasmissione di un ordine di replenishment per il prodotto introdotto sul mercato il quale giungerà fino al primo livello della supply chain, tramite una logica pull di gestione nel caso di una logica realizzata secondo il sistema Kanban. Tramite Arena, è infatti possibile accorpate più entità ed inoltre per ogni entità è possibile assegnare la natura della stessa. In particolare nel modello adottato nella trattazione sono presenti entità di tipo prodotto, di tipo Kanban ed entità di controllo.

Il software, dopo ogni run di simulazione, grazie alla facile interazione con Office che questo presenta, riporta i dati trovati su tabelle Excel permettendo così un'analisi esaustiva e la possibilità di fare confronti tra i diversi metodi utilizzati nello studio svolto.

4. TESI E DOMANDE DI RICERCA

L'obiettivo dell'elaborato è studiare il comportamento di una supply chain al variare delle regole che governano il processo produttivo.

In particolare si vuole valutare i benefici fisici ed economici che possono riscontrarsi dopo l'introduzione della filosofia Lean nella gestione logistica e produttiva dell'azienda.

Si analizzeranno quindi gli impatti dell'adozione della metodologia kanban, dal punto di vista delle scorte e dei trasporti ed in fine fare il confronto tra i costi.

Le domande cui l'elaborato cerca di dare risposta sono:

- L'IMPLEMENTAZIONE DELLA FILOSOFIA LEAN MIGLIORA LE PERFORMANCE DI UNA FILIERA?
- I BENEFICI ECONOMICI APPORTATI NELLA RIDUZIONE DEL COSTO DELLE SCORTE COMPENSANO GLI AGGRAVI A LIVELLO LOGISTICO?
- COME PUÒ IMPATTARE LA FISIONOMIA DEL PRODOTTO NEI TRASPORTI?

5. METODO DI RICERCA

Le risposte alle domande citate nel punto precedente, sono state ritrovate ed analizzate attraverso una accurata simulazione tramite il software “Arena” di Rockwell.

Tramite il software, è stato creato un modello che rispecchia una supply chain a tre livelli (Un primary manufacturer, un secondary manufacturer ed un retailer) per la quale fossi possibile misurare I livelli di servizio, il numero di trasporti ed un numero di giacenza (inventario) medio per ogni livello di servizio.

Dopo il controllo, correzione e messa a punto delle diverse parti del modello, sono state lanciate diverse campagne di simulazione per ogni variante di ricerca. Così, sono stati settati diversi parametri nel modello con l’obiettivo di trovare valori per: il lotto económico (EOQ), il lotto económico con aggiunta di informazione (Visibility), il sistema kanban sia agregando la produzione per procedere ad una spedizione dopo il riempimento di un automezzo (Lean aggregato) che non aggregato, ovvero procedendo alla spedizione di prodotti senza tenere a scorta i prodotti finiti con l’obiettivo di riempire l’automezzo (Lean Non aggregato).

Per ogni variante del modello si sono presi le run che appartenevano a livelli di servizio totali, fatti come media tra i livelli di servizio di ogni buffer (input e output), compresi tra l’87% ed il 99,2%. Questi valori sono considerati valori ripetibili ai valori reali che possono essere trovati in azienda.

Per riuscire a trovare dati con rilevanza statistica, per ogni campagna lanciata si sono modificati diversi parametri leva che influenzavano in maggior o minor modo i livelli di servizio.

Per il sistema kanban, sono stati modificati il numero di kanban, i livelli soglia, ed i diversi scaglionamenti tra run; Mentre per la VIS e l’ EOQ, sono stati invece modificati i valori di sigma, gli scaglionamenti e i valori iniziali principalmente.

In fine, i dati trovati dalle diverse run girate da Arena e riportati dallo stesso software in tabelle Excel sono stati confrontati tra di loro ed analizzati con l’ obiettivo di provare i valori più adatti per l’analisi che doveva essere svolta. Tutti i dati di una stessa domanda sono stati analizzati insieme per riuscire a trovare quelli che rappresentassero al meglio il sistema modellato e nei casi dove i dati non fossero presenti, sono stati interpolati i valori per far si che ci sia una adeguata robustezza.

6. MODELLO DI RICERCA

In questa tesi si presenta lo studio di tutta una filiera produttiva. Questa considera il processo dall'inizio fino all'interfacciamento con il cliente finale, il quale viene considerato nell'ultimo stadio attraverso il Retailer.

Vengono considerati tre diversi livelli, ognuno suddiviso per la produzione di una parte del prodotto dentro della linea. Il modello è stato creato per 24 prodotti, anche se lo studio attuale comporta solo 1. Lo studio delle altre varianti verrà fatto posteriormente. I livelli sono gli stessi in tutti i casi e tengono conto di: un Primary Manufacturer (PM), un Secondary Manufacturer (SM), e un Distribution Centre.

Nella supply chain considerata, vengono prodotte 24 tipologie di merce, suddivise in 4 famiglie, ognuna delle quali ha 6 tipologie di prodotto all'interno. Come già accennato prima, nello studio svolto viene considerata solo una tipologia di prodotto.

Il modello ipotizza la connotazione del prodotto dal primo stadio (Primary Manufacturer), quindi è già identificato come tale dal primo passaggio della supply chain.

Il PM produce solo una famiglia di prodotto per l'intera supply chain ma non sono completamente dedicati a questa catena di approvvigionamento. Una parte della loro capacità viene destinata ad altre filiere. Il Secondary Manufacturer invece, è completamente dedicato alla supply chain in studio, così, questo è in grado di produrre solo per la catena.

Alla fine si trova il Distribution Centre o Retailer, è in questo punto dove si riceve la domanda finale ed è per questo motivo che viene considerato come lo stadio che si interfaccia con il mercato di consumatori finali.

Preso ogni manufacturer (Primary e Secondary), si trova una coppia di buffer del sistema: un input buffer con le scorte ricevute dal produttore a monte, e un output buffer con i prodotti lavorati dal processo produttivo e tenuti a scorta.

Il Centro di distribuzione invece, ha un unico input buffer il quale serve a soddisfare la domanda dei clienti finali.

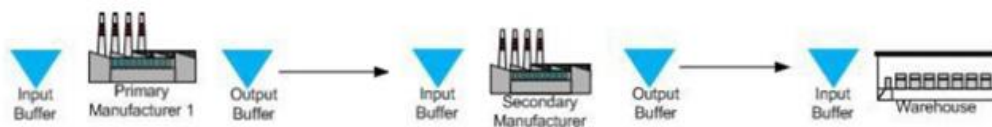


Figura 10: Supply Chain in analisi

Ogni tipologia di prodotto ha tempi di lavorazione e tempi di set-up diversi. I change over all'interno della stessa famiglia sono più brevi rispetto ai set-up che devono essere fatti per variare la produzione tra due prodotti appartenenti a famiglie diverse. Sia i tempi di lavorazione che i tempi di set-up, variano ad

ogni stadio della catena di approvvigionamento. Diversi modelli vengono adottati e vengono differenziati principalmente attraverso diverse politiche di gestione della produzione.

Nel caso studiato e svolto in questa tesi per il prodotto 1, i tempi di lavorazione sono:

	PM	SM
PRODOTTO 1	0,5633	0,6832

Tabella 1: Tempi di lavorazione Prodotto 1

Per semplificare il modello svolto attraverso il software Arena, i tempi di apertura dei diversi impianti, non considerano tempi di fermo causati da errori di sistema, il ritardo o la mancanza di informazione, ed altre cause. I processi produttivi del PM e SM vengono considerati in pratica senza tempi di inattività (sempre in up-time).

Per il trasporto dei prodotti finiti tra i diversi stadi della catena di approvvigionamento, vengono usati un numero infinito di automezzi (non c'è nessuna restrizione al numero di trasporti che possono essere usati). Vengono considerati per la simulazione, trasporti con diverse capacità, che vanno da 50 prodotti fino a 1000.

Per il metodo kanban, i camion vengono regolati in maniera tale che la consegna parte quando il mezzo è saturo (in particolare quando sono disponibili alla partenza 450 prodotti a prescindere dal fatto che siano dello stesso tipo o della stessa famiglia) o regolati in modo che partano il prima possibile senza aggregare la produzione in modo di riempire il mezzo. Così, la capacità è limitata a 450 prodotti nel caso del sistema kanban con aggregazione della produzione mentre, come già detto, per il resto dei sistemi (EOQ, VIS e kanban senza aggregazione) i trasporti variano da 50 a 1000 con diversi intervalli.

Il sistema considera un tempo massimo di attesa dopo il quale i prodotti saranno trasportati a dispetto del non raggiungimento del quantitativo di riempimento del mezzo. Il tempo massimo definito per gli articoli in attesa è di almeno 8 ore.

La domanda dei consumatori finali, è stata generata attraverso numeri casuali, con media di 384 e deviazione standard di 230, con al massimo una deviazione di ± 5 . Inoltre, è stata modellizzata secondo una normale.

Questi numeri casuali seguono la regola:

$$D_t = k + \rho * D_{(t-1)} + \varepsilon$$

Dove:

D_t = domanda nel periodo t

k = costante non negativa

ρ = parametro di correlazione, settato a 0,7 nella nostra tesi

ε = rumore, variabile aleatoria di distribuzione normale con media 0 e varianza σ^2 .

6.1. Descrizione dell'esperimento

L'analisi è stata svolta per analizzare l'impatto dell'approccio Lean (sistema giapponese previamente descritto) in una supply chain, adottando il sistema Kanban e riducendo i tempi di set-up.

Riprendendo lo sperimento e l'elaborato svolto da Staudacher e Bush (Staudacher, Bush, 2014) e da Franzosi e Rossini, il periodo di osservazione considera 2050 giorni lavorativi. Per evitare che i dati siano influenzati dal transitorio iniziale, la raccolta di informazione prodotta dalla simulazione viene effettuata dopo un determinato periodo di tempo, il quale, che nel caso di studio è di 50 giorni. Così, i giorni effettivi che vengono utilizzati per fare l'analisi sono 2000.

La simulazione tramite Arena, ipotizza inizialmente che tutti i buffer siano saturi al massimo della loro capacità e che le risorse produttive dei vari stadi della filiera siano libere e pronte a produrre.

Per dare rilevanza statistica e robustezza all'esperimento, per ogni metodo, sono state eseguite 10 repliche del modello della supply chain con diverse domande in input.

I valori delle domande e delle deviazioni standard utilizzate sono riportati nella tabella:

	MEDIA	DEV. STANDARD
DOMANDA 1	385,97	239,35
DOMANDA 2	389,14	228,49
DOMANDA 3	390,16	225,39
DOMANDA 4	381,93	235,64
DOMANDA 5	381,96	229,25
DOMANDA 6	384,30	232,92
DOMANDA 7	386,42	233,85
DOMANDA 8	385,14	231,40
DOMANDA 9	385,90	232,57
DOMANDA 10	380,71	229,66

Tabella 2: Domande e Deviazione standard di analisi

Alla fine di ogni simulazione (run), i risultati sono stati riportati su fogli di calcolo di “Microsoft Excel” per poi procedere al sua analisi e comparazione tra i diversi metodi.

6.2. Varianti del modello

6.2.1. Il lotto economico (EOQ)

Nei casi dove il modello produce secondo la politica del Lotto Economico (EOQ), il reparto di lavorazione è costretto a produrre in lotti di una grandezza prefissata che non può variare nel corso della simulazione.

Questa grandezza viene calcolata usando la formula del lotto economico.

Lavorare sotto questa politica di produzione, prevede che quando il livello di scorte di un prodotto scende sotto una determinata soglia (reorder point) avvenga la richiesta di fornitura di un lotto allo stadio a monte.

Per semplicità costruttiva del software è stato implementato nel modello un controllo con la visione speculare a quella precedente: quando nello stadio a valle avviene un consumo di scorte pari al lotto economico, allora avviene la richiesta di fornitura allo stadio a monte.

Il modello che adotta la politica di lotto economico, senza ridurre i tempi di set-up, è il primo riferimento contro il quale il sistema Kanban verrà confrontato.

La formula attraverso la quale viene calcolato il lotto economico è:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * a * D}{TAMS * cv}}$$

Dove:

a = costo di emissione di un ordine (nel nostro caso è proporzionale al tempo speso per eseguire un setup)

cv = valore economico del prodotto

TAMS = tasso annuo di mantenimento a scorta

D = domanda media annua

6.2.2. Il lotto economico con aggiunta di informazione (VISIBILITY)

Nel caso in analisi, siccome l'EOQ, per cominciare a produrre tiene conto solo della propria necessità, ovvero produce solo se le sue scorte scendono sotto il lotto economico, bisogna interconnettere di più la supply chain per fare in modo che anche i buffer a valle vengano considerati.

Per farlo, si tiene conto di un fenomeno molto diffuso oggi giorno. Attraverso questo, le aziende interconnettono le loro Supply Chain con quelle dei loro

fornitori e dei loro clienti, creando così una vasta rete che ottimizza i costi e le opportunità per tutti gli attori coinvolti. È per questo motivo che molte aziende condividono almeno alcuni dati con i loro supply chain partner con lo scopo di aumentare la visibilità della catena. Anche se è difficile coinvolgere a tutti i partecipanti a condividere informazioni, che molte volte sono ritenute confidenziali, cooperando tutti avrebbero un risparmio. Con il grande sviluppo di internet, questa condivisione, è diventata ancora più facile e meno impegnativa in termini di costi e risorse messe in gioco.

Facendo questo, i fornitori non dovranno stimare la domanda, il che provoca un'aumento delle scorte, una poco precisa ordine di materie prime e nei casi dove i prodotti abbiano scadenza, scarti, tutto questo con le voci di costi che porta con se; Neanche i clienti dovranno ordinare di più per assicurare la loro fornitura, spendendo anche di più per avere prodotti a scorta.

Siccome la maggiore informazione comporta un risparmio per tutti gli attori della supply chain, i grandi player costringono ai piccoli fornitori e clienti a condividere le loro informazioni. Così, questi possono produrre o spedire soltanto i prodotti che vengo richiesti da ogni mercato al quale forniscono.

Così, è stata introdotta nel modello la Visibility. Questa presenta un grado più di interconnessione tra i manufacturer, il quale per andare avanti con la produzione, considera due diverse tipologie di scorte; Considera, siano le proprie scorte in uscita, che le scorte in ingresso nel buffer (o magazzino) della fabbrica o consumatore a valle.

6.2.3. Il Lean Manufacturing

Nella Supply Chain usata nella ricerca, il modello ha seguito la logica del sistema di Kanban puro. Nessun prodotto può essere lavorato o trasferito senza che esso compori l' attacco di un Kanban.

Nel sistema, è possibile trovare 2 tipologie di Kanban:

- . Il Withdrawal kanban che autorizza la movimentazione esterna alla fabbrica (il trasporto dall'outputbuffer di uno stadio all'input buffer dello stadio successivo) e quindi fa risalire il consumo tra i vari stadi di lavorazione, modellizzando il quantitativo di merce da ritirare dall'output buffer del magazzino dello stadio a monte.
- . I production kanban che autorizzano la produzione nei centri lavorativi della filiera e ne gestiscono le quantità in gioco. Questo kanban è il responsabile di fermare o mettere a produrre l' intera catena di produzione.

Il funzionamento del sistema a Kanban può essere riassunto in alcuni passaggi:

1.- La situazione di partenza è che nel magazzino di input dello stadio a valle (stadio B) per ogni prodotto è assegnato un withdrawal kanban (WK), mentre nel magazzino di uscita dello stadio a monte (stadio A) ogni prodotto ha assegnato un production kanban (PB).

- 2.- Nello stadio B si verifica un consumo (domanda di un cliente): i prodotti prelevati vengono separati dai propri WK e sono inseriti nella coda di lavorazione, mentre i cartellini WK vengono inviati allo stadio A per trasmettere il consumo nel deposito a monte. Una volta arrivati in tale deposito, per ogni WK trasmesso, vengono prelevati i prodotti stoccati, staccando da questi i cartellini PK e sostituendoli con i cartelli WK.
- 3.- Facendo questo, i prodotti ora associati ai WK sono pronti per la spedizione secondo le regole logistiche viste in precedenza, mentre i cartellini PK che sono stati separati vengono inseriti su una tabelliera (kanban board) presente in ogni stadio produttivo. Questa è suddivisa per colonne, ciascuna corrispondente ad una tipologia di prodotto.
- 4.- Sulla tabelliera, vanno ad accumularsi nel tempo i cartellini di produzione PK; al momento di iniziare una campagna produttiva nel centro di lavorazione vengono prelevati dalla tabelliera tutti i PK relativi ad una tipologia di prodotto, svuotando quindi una colonna. Ce ne sono diverse regole che possono essere utilizzate per scegliere quale colonna svuotare.
- 5.- Ogni cartellino PK prelevato dalla tabelliera viene associato ad un prodotto corrispondente presente nel magazzino di entrata dello stadio A: il numero di PK prelevati determina la grandezza del lotto di produzione della campagna e il consumo di materiale nel magazzino di entrata dello stadio a monte.
- 6.- Una volta lavorati, i prodotti, e i PK loro associati, vengono stoccati nell'output buffer in attesa di essere richiesti, ricominciando così tutto il ciclo.

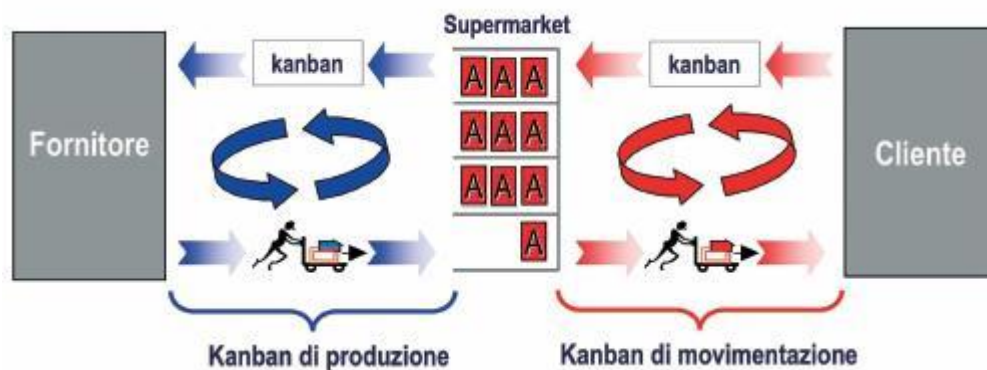


Figura 11: Metodo di produzione con Kanban

Una sostanziale differenza tra PM e SM sta nel fatto che gli input buffer dei Primary Manufacturer sono considerati sempre pieni, ossia è come se fossero a capacità di stoccaggio infinita, questo per semplificare il modello.

Dentro questo metodo, possono trovarsi due situazioni diverse che vengono differenziate dal modo di fare le spedizioni:

Lean manufacturing Non Aggregato

In questo metodo, si procede alla spedizione della merce prodotta, immediatamente dopo finita la produzione. Così, vengono inviate automezzi completi e automezzi poco carichi a seconda del lotto produttivo fatto in quel momento dalla filiera.

Lean manufacturing Aggregato

Per questo metodo, la spedizione della merce finita, viene fatta dopo il riempimento dell'automezzo. Così, la merce si tiene a scorta dentro il magazzino di prodotti finiti in attesa di più prodotti che permettano riempire l'automezzo. Una volta riempito un camion, i prodotti che avanzano, aspettano la prossima spedizione.

Per il Lean Aggregato, viene comunque imposta la regola che dopo un tempo di attesa che viene previamente definito, la merce sia spedita anche se non riesce a riempire il mezzo.

6.3. I parametri dell'esperimento

I parametri di simulazione vengono distinti in due grandi macro categorie: i parametri vincolo e i parametri registrati.

6.3.1. I parametri vincolo

Per fare l'analisi, viene considerato il livello di servizio come l'unico parametro vincolo.

Il livello di servizio per una tipologia di prodotto viene calcolato come il rapporto tra il numero di giorni in cui si registra uno stockout del prodotto e la lunghezza del periodo di misurazione.

Il "livello di servizio di una run" (simulazione fatta prendendo 2050 giorni, dei quali i primi 50 vengono scartati), o livello di servizio della supply chain, è la media dei livelli di servizio raggiunto nei quattro depositi di riferimento: input buffer del retailer, output e input buffer del secondary manufacturer, output buffer del primary manufacturer (si è scelto di non considerare l'input buffer in quanto supposto di capacità infinita); a sua volta il livello di servizio di un deposito è la media dei livelli di servizio di tutte le 24 classi di prodotto.

Il parametro è definito vincolante perché è il parametro obiettivo nell'esecuzione delle run. Una run viene considerata utile per la raccolta dei dati per lo studio dell'elaborato se il livello di servizio della supply chain è al minimo uguale al livello raggiunto nel benchmark di riferimento. Nel caso studiato da questo elaborato il valore benchmark del livello di servizio è 96%.

6.3.2. I parametri registrati

Il lavoro dell'elaborato si concentra sullo studio degli effetti sui costi di mantenimento a scorta e sui costi di trasporto.

Il costo di mantenimento a scorta è calcolato come:

$$CAMS = (\text{giacenza media}) * (\text{valore unitario}) * TAMS$$

Dove:

CAMS: costo annuo mantenimento a scorta.

TAMS: tasso annuo di mantenimento a scorta che considera i costi di stoccaggio e di obsolescenza della merce in rapporto al valore della stessa. Viene dato in valore percentuale.

Giacenza media: La giacenza media viene misurata in automatico dal software riportando i valori ottenuti su un foglio Excel. Tiene conto dei pezzi stoccati.

Valore unitario: Questo valore viene prefissato. Nel caso di studio, per semplicità si prende 100.

Il costo logistico viene calcolato attraverso il contributo di due addendi: il costo di trasporti che viaggiano saturi e i trasporti che viaggiano senza saturare il mezzo di trasporto.

$$CLOG = (\text{numero di trasporti}) * (\text{valore unitario}) \\ * (\text{numero di pezzi all'anno}) * (Clog)$$

Dove:

CLOG: costo annuo speso in movimentazioni e logistica.

Valore unitario: Questo valore viene prefissato ed è lo stesso che nel calcolo del CAMS. Nel caso di studio, 100.

Numero di trasporti: Considera il numero totale di trasporti utilizzati. Il valore viene misurato dal software e riportato in una tabella Excel per la sua analisi.

Clog: Valore percentuale che fa riferimento a tutti i costi di movimentazione delle materie prime e del prodotto. Viene definito dall'analista.

Numero di pezzi all'anno: Numero totale di pezzi movimentati in un anno (220 giorni lavorativi).

Il punto di vista è di un'azienda che ha esternalizzato il servizio di trasporto ha un contratto nella forma "pay per use" con un provider logistico che viene pagato in base al numero dei pezzi trasportati e al tipo di trasporto utilizzato, una tariffa "full truck load" per i pezzi che saturano il vettore di trasporto o una tariffa più dispendiosa "less than truck load" applicata agli item per le spedizioni che non saturano il mezzo di trasporto.

7. DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Di seguito vengono descritti i risultati per le 4 diverse politiche produttive descritte.

7.1. Economic Order Quantity (EOQ)

L' Economic Order Quantity (EOQ) è stato preso a riferimento come benchmark di confronto tra le diverse logiche produttive. Così, è stato confrontato l'EOQ rispetto alla Visibility e ai metodi di lavoro attraverso Kanban sia aggregato che non aggregato.

Per quanto riguarda i livelli di scorte riportati, si vede come, al salire del livello di servizio, le scorte salgono in maggior o minor modo a seconda della domanda considerata. In alcuni casi la crescita è anche poco pronunciata.

Liv Servizio	EOQ 1	EOQ 2	EOQ 3	EOQ 4	EOQ 5	EOQ 6	EOQ 7	EOQ 8	EOQ 9	EOQ 10
0,92-0,94	5.572	5.850	5.633	5.971	5.723	5.705	5.845	5.353	5.623	5.753
0,94-0,96	6.216	6.116	6.057	6.240	6.083	6.056	6.237	6.077	6.156	6.083
0,96-0,98	6.735	6.654	6.571	6.696	6.608	6.599	6.723	6.544	6.712	6.626
0,98-1	7.420	7.340	7.209	7.335	7.261	7.247	7.383	7.156	7.431	7.403

Tabella 3: Valori EOQ per ogni domanda in analisi

Per la realizzazione del grafico, si usa la giacenza media ottenuta dalle 10 domande considerate:

Liv Servizio	EOQ
0,92-0,94	5,703
0,94-0,96	6,132
0,96-0,98	6,647
0,98-1	7,319

Tabella 4: Valore medio dell'EOQ per le 10 domande considerate

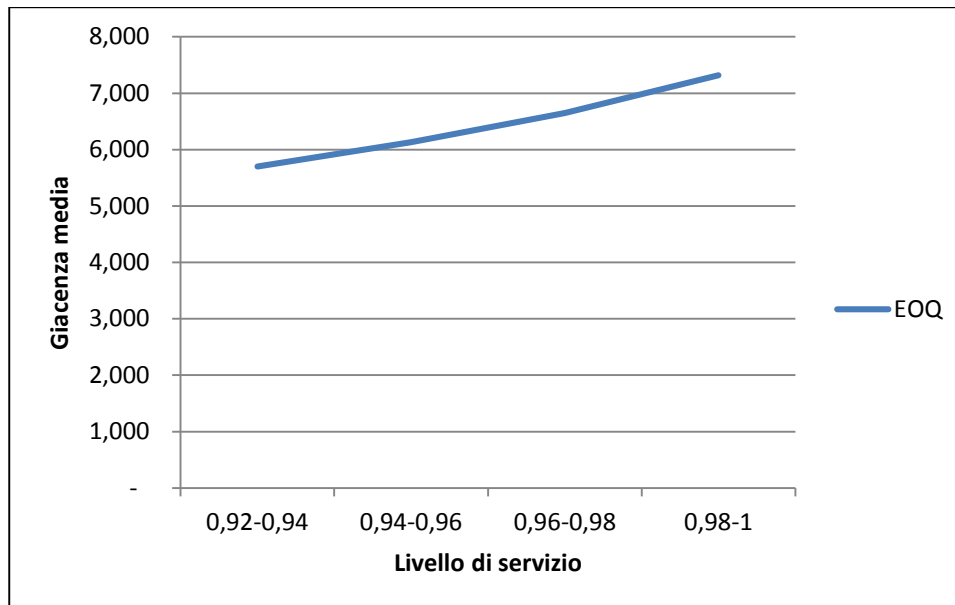


Figura 12: Giacenza media - LS per EOQ medio

L'EOQ presenta le scorte più elevate a causa della produzione in lotti fissi che non possono essere cambiati, costringendo la linea a produrre lotti sempre della stessa dimensione.

Considerando adesso i trasporti con una capacità di 450 pezzi per camion, vengono riportati i valori medi ottenuti attraverso la media delle 10 domande simulate con aiuto del software. I valori delle simulazioni sono:

Liv Servizio	EOQ
0,92-0,94	5.703
0,94-0,96	6.132
0,96-0,98	6.647
0,98-1	7.319

Tabella 5: Giacenza media EOQ



Figura 13: Numero di Trasporti - LS per EOQ medio

Questo grafico sembra mostrare che al crescere del livello di servizio servono minori sforzi logistici.

7.2. Visibility (VIS)

La Visibility comporta la produzione tenendo conto non solo del proprio buffer, sfrutta lo scambio di informazioni tra i membri della supply chain per migliorare la politica di riordino.

Liv Servizio	VIS 1	VIS 2	VIS 3	VIS 4	VIS 5	VIS 6	VIS 7	VIS 8	VIS 9	VIS 10
0,92-0,94	4.540	4.443	4.462	4.476	4.458	4.512	4.442	4.532	4.391	4.613
0,94-0,96	4.759	4.840	4.615	4.924	4.697	4.770	5.201	4.760	4.848	4.794
0,96-0,98	6.237	6.121	5.560	6.328	5.813	5.878	6.350	5.890	5.905	6.018
0,98-1	6.676	6.822	6.646	6.913	6.707	6.682	6.815	6.719	6.809	6.851

Tabella 6: Valori VIS per ogni domanda in analisi

Per realizzare il grafico nel quale viene rappresentata la giacenza media, si fa la media tra le 10 simulazioni. I valori ottenuti vengono sotto riportati:

Liv Servizio	VIS
0,92-0,94	4.487
0,94-0,96	4.821

0,96-0,98	6.010
0,98-1	6.764

Tabella 7: Giacenza media VIS

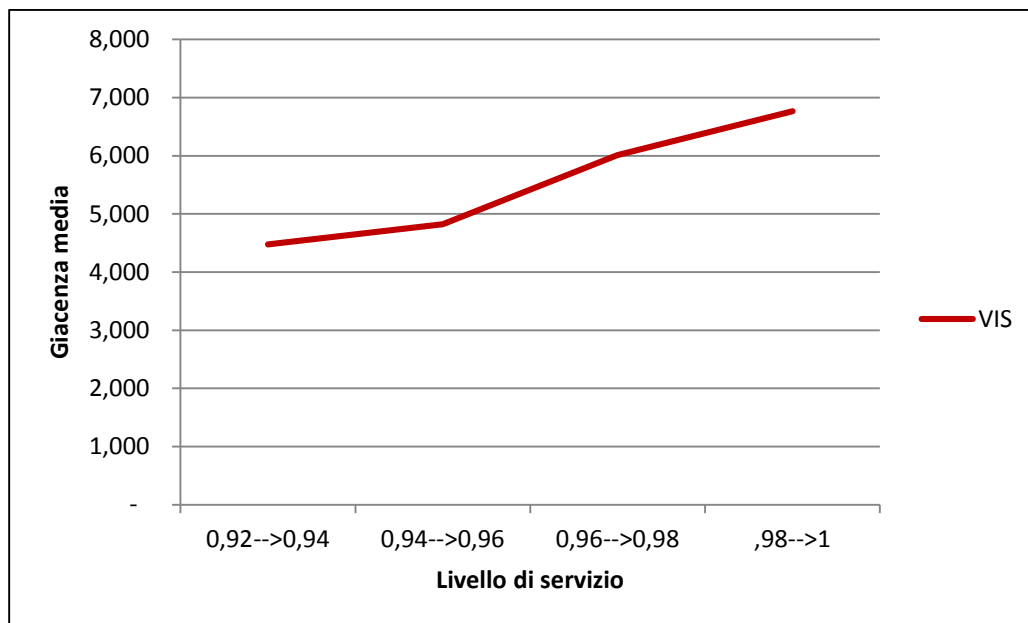


Figura 14: Giacenza media - LS per VIS media

Per la visibility, si nota un forte aumento delle scorte al crescere del livello di servizio. Questo vuol dire che per non andare in stock out, bisognerà incrementare considerevolmente la quantità delle scorte presenti a magazzino.

Considerando i trasporti, la tabella ed il grafico sottostante mostrano i valori medi, considerando sia il primary che il Secondary Manufacturer:

Liv Servizio	VIS
0,92-0,94	3.876
0,94-0,96	3.870
0,96-0,98	3.792
0,98-1	3.750

Tabella 8: Trasporti totali medi per ogni livello di servizio

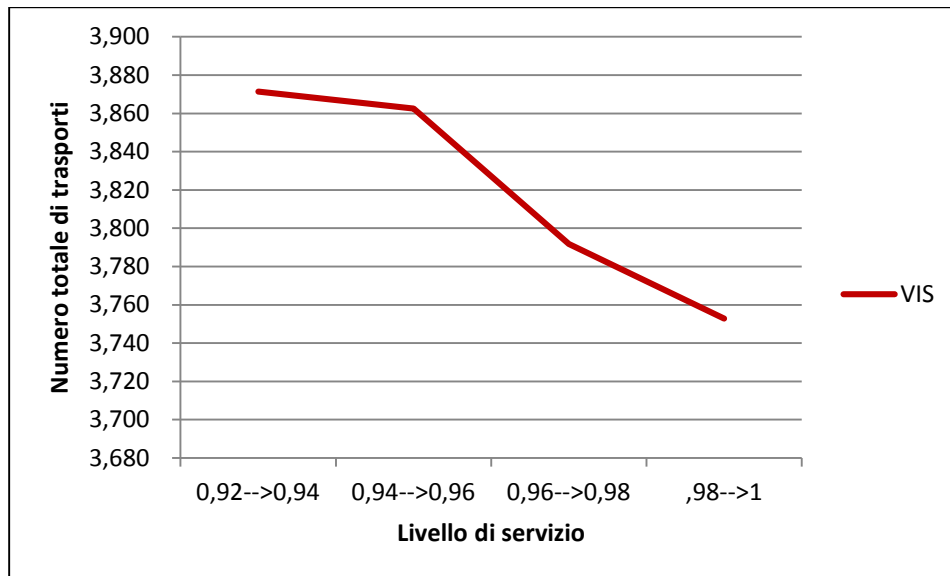


Figura 15: Numero di Trasporti - LS per VIS media

Si può vedere graficamente come il valore scende con la crescita del livello di servizio, di nuovo puntando sulla minore quantità di trasporti utilizzati per raggiungere i livelli più elevati.

7.3. Lean Manufacturing

7.3.1. Lean Non Aggregato

Per effettuare l'analisi in relazione a questo metodo, si prende un valore medio tra 5 diversi lotti produttivi che vengono considerati al momento di fare la simulazione. Così, il valore ottenuto di giacenze medie fatto anche con la media tra tutte le domande sarà:

Liv Servizio	NON AGG 1	NON AGG 2	NON AGG 3	NON AGG 4	NON AGG 5	NON AGG 6	NON AGG 7	NON AGG 8	NON AGG 9	NON AGG 10
0,92-0,94	2.820	2.741	2.622	2.704	2.618	2.687	2.966	2.863	2.922	2.598
0,94-0,96	3.083	2.967	2.806	2.980	2.870	2.882	3.236	3.089	3.209	2.943
0,96-0,98	3.539	3.300	3.091	3.345	3.178	3.176	3.559	3.424	3.523	3.208
0,98-1	4.160	3.518	3.375	4.030	3.715	3.623	4.250	3.967	4.071	3.694

Tabella 9: Valori Lean Non Aggregato per ogni domanda in analisi

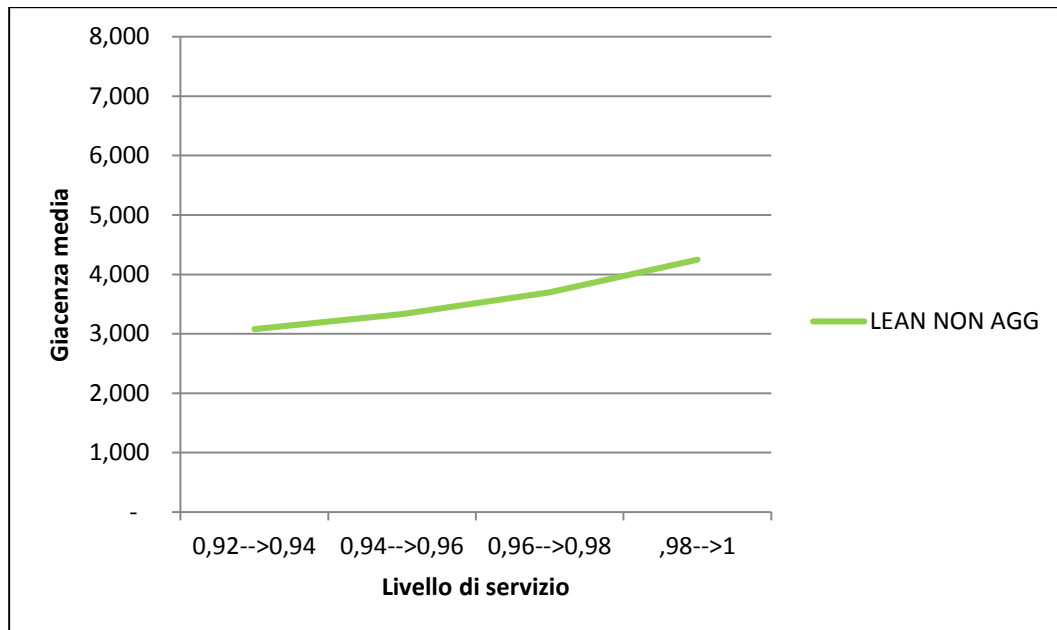


Figura 16: Giacenza media - LS per Lean Non Aggregato medio

Con questo metodo, siccome si produce solo quando viene richiesto, le scorte sono in un livello basso, all'uguale che la pendenza. Lavorare secondo questo metodo produttivo presenta un vantaggio importante nel caso lo spazio a magazzino sia ridotto o con scarsa possibilità di ampliamento. È un metodo che inoltre, nel caso il prodotto abbia rischio di obsolescenza, fa avere una minore quantità a scorta che deva essere venduta.

Se adesso teniamo conto dei trasporti effettuati da tutti i manufacturer presenti nella supply chain in analisi, il valore medio ottenuto sarà:

Liv Servizio	NON AGG
0,92-0,94	2.754
0,94-0,96	3.007
0,96-0,98	3.334
0,98-1	3.840

Tabella 10: Giacenza media Lean Non Aggregato

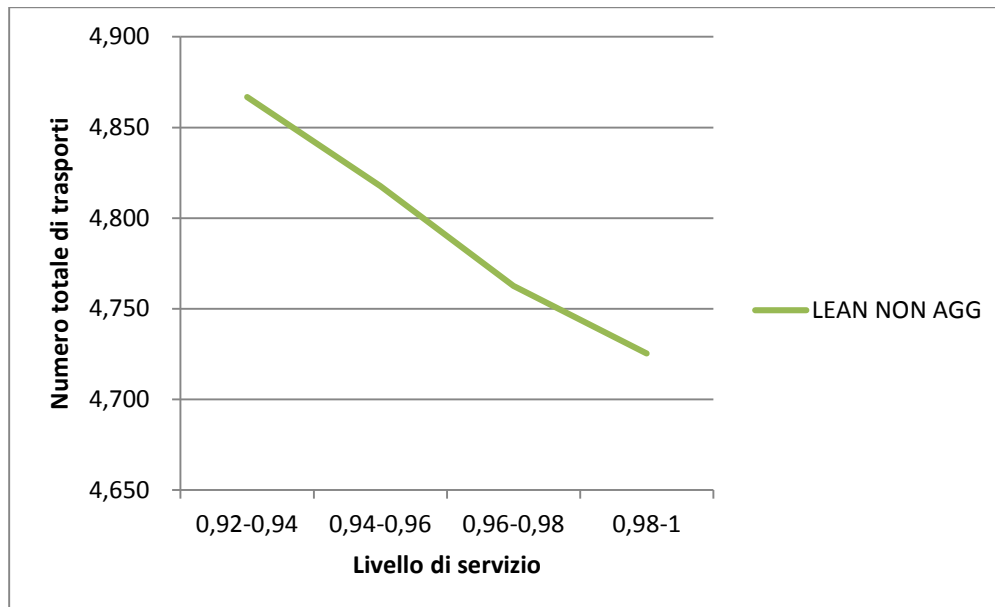


Figura 17: Numero di Trasporti - LS per Lean Non Aggregato medio

Anche se si vede come il numero totale di trasporti scende con una pendenza elevata. Comunque, si presentano in un numero elevato dovuto al fatto che ogni spedizione, anche se non viene riempito l'automezzo, viene effettuata. Così, più mezzi vengono inviati, e nel caso che il LS sia basso, il numero di trasporti raggiungerà i livelli più elevati.

7.3.2. Lean Aggregato

Nell'analisi delle giacenze medie, prendiamo i valori delle giacenze per ogni domanda delle 10 simulate e facendo la media si ottiene:

Liv Servizio	AGG 1	AGG 2	AGG 3	AGG 4	AGG 5	AGG 6	AGG 7	AGG 8	AGG 9	AGG 10
0,92-0,94	2.829	2.766	2.628	2.749	2.658	2.687	3.006	2.662	3.013	2.598
0,94-0,96	3.079	2.981	2.838	3.007	2.910	2.894	3.270	2.856	3.216	2.943
0,96-0,98	3.466	3.316	3.118	3.334	3.235	3.202	3.608	3.171	3.559	3.208
0,98-1	4.224	3.829	3.530	4.059	3.684	3.695	4.327	3.677	4.084	3.694

Tabella 11: Valori Lean Aggregato per ogni domanda in analisi

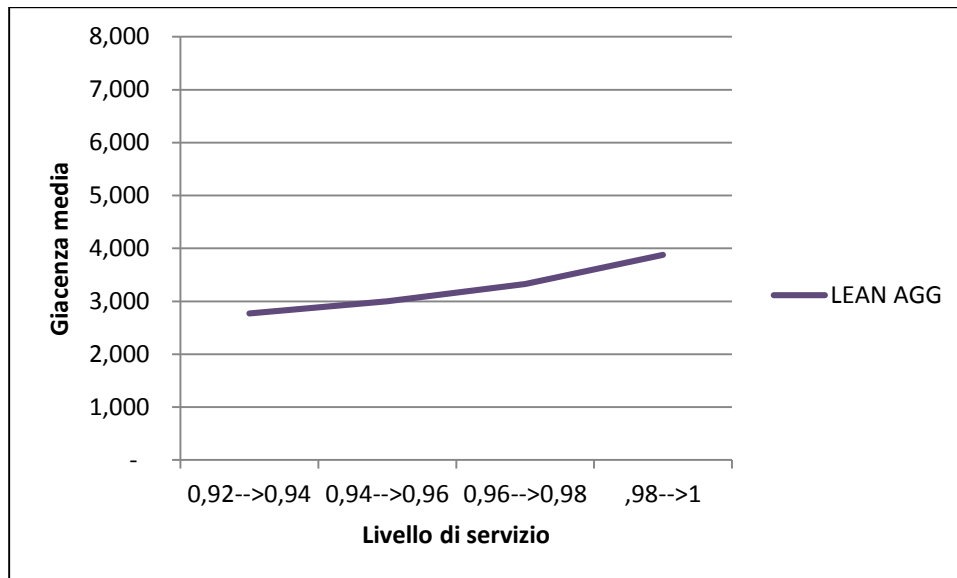


Figura 18: Giacenza media - LS per Lean Aggregato medio

Attraverso il grafico si possono vedere, come nel caso del Lean non aggregato, scorte in bassa quantità dovuto al fatto che si produce solo sotto richiesta di un consumatore (buffer in ingresso del settore a valle della catena). La bassa quantità di scorte comporta un'elevata riduzione di costi d'immagazzinaggio e di movimentazione all'interno dell'industria. Permette inoltre la costruzione di magazzini che con grande accuratezza serviranno per il futuro (solo se si incrementa il livello di servizio, non la quantità prodotta).

Nel considerare i trasporti, prendiamo i valori medi di trasporti totali. Come nel caso precedente, il numero di trasporti è elevato. In questo caso, si presenta un numero minore dovuto a che la merce si mette a magazzino aspettando il riempimento dell'automezzo per procedere dopo alla spedizione. Nel caso la merce aspetti un tempo di attesa determinato dai parametri iniziali, viene comunque fatta la spedizione con l'automezzo non completo ed è per questo motivo che il numero di trasporti effettuati presenta un numero elevato, vicino ai valori del metodo precedente.

Liv Servizio	AGG
0,92-0,94	2.760
0,94-0,96	3.000
0,96-0,98	3.322
0,98-1	3.880

Tabella 12: Giacenza media Lean Aggregato

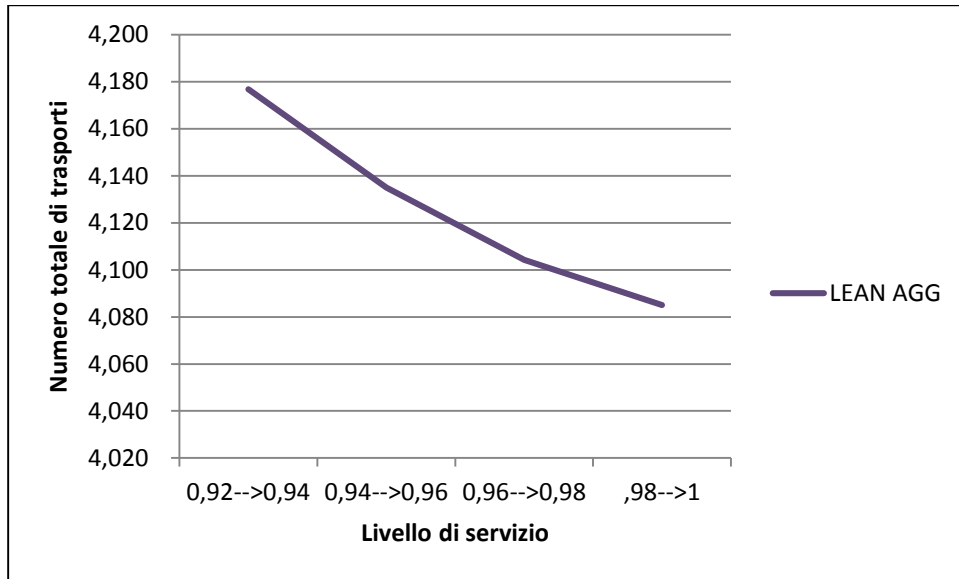


Figura 19: Numero di Trasporti - LS per Lean Aggregato medio

8. ANALISI DEI RISULTATI

I dati ottenuti per le 10 domande sono stati tabellati attraverso Excel per poi essere analizzati e confrontati tra i diversi metodi di produzione analizzati in questa tesi.

Dall'analisi sono state riscontrate diverse tesi che rispondono alle domande prima elencate. Dall'analisi svolta, emergono le seguenti considerazioni:

8.1. Giacenza media

Per fare l'analisi in questo caso, sono stati confrontati le diverse politiche di produzione, per determinati livelli di servizio.

Per la Lean manufacturing, sono state considerate le prestazioni medie per ambienti Lean con diversi gradi di sviluppo (diverse dimensioni del minimo lotto produttivo).

I valori di giacenze medie ottenute dalle simulazioni fatte sono:

Liv Servizio	EOQ	VIS	NON AGG	AGG
92,0%	5.216	4.416	2.591	2.639
92,5%	5.454	4.424	2.656	2.679
93,0%	5.735	4.450	2.701	2.702
93,5%	5.844	4.541	2.765	2.798
94,0%	5.933	4.585	2.829	2.865
94,5%	6.041	4.723	2.895	2.916
95,0%	6.221	4.858	2.964	2.978
95,5%	6.333	5.117	3.033	3.044
96,0%	6.464	5.568	3.114	3.121
96,5%	6.567	5.898	3.196	3.209
97,0%	6.695	6.171	3.304	3.315
97,5%	6.861	6.404	3.429	3.442
98,0%	7.052	6.599	3.583	3.600
98,5%	7.364	6.819	3.797	3.810
99,0%	7.558	6.961	4.165	4.135

Tabella 13: Giacenze medie per ogni metodo produttivo

Il grafico ottenuto partendo da questi dati sarà:

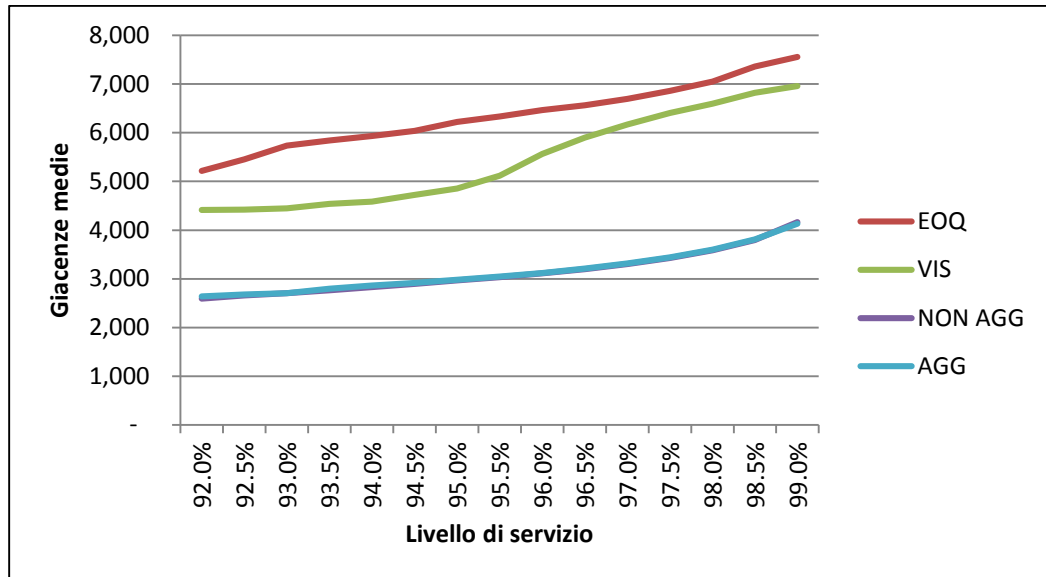


Figura 20: Giacenze medie - LS per ogni politica di produzione

Sia graficamente che analiticamente, si può osservare come in tutti i casi, le scorte crescano al salire del livello di servizio, questo perché il numero di giorni di stock out che si riscontrano devono essere sempre minori per far salire, anche di poco, il LS.

Come detto precedentemente, l' EOQ presenta il livello di scorta più elevato dovuto al suo scarso livello di informazione rispetto ai clienti. In questo caso, l'azienda ha la necessità di produrre in quantità previamente adottate per far fronte alle variabilità, diminuendo notabilmente la flessibilità.

La VIS invece, grazie allo sfruttamento delle informazioni che arrivano dai clienti, ha bisogno di un quantitativo minore di scorte a parità di livello di servizio. Tuttavia, la crescita delle scorte al salire del livello di servizio è maggiore della rispettiva crescita delle scorte in una configurazione EOQ.

Infine, l' approccio giapponese ideato da Toyota (Lean manufacturing), il quale adottando una politica pull produce solo quanto viene richiesto dal consumatore a valle, abbatta le scorte portandole ai livelli più bassi possibili. Per i due casi appartenenti a questa politica utilizzata (sia aggregando che non aggregando il trasporto), si trovano livelli di scorte molto simili.

Si trova comunque una differenza tra questi due metodi ed è dovuta alla necessità di tenere a scorta alcuni prodotti aspettando riempire l' automezzo. Si vede come attraverso la produzione tramite kanban ed un elevato grado di coordinamento, si può ridurre lo spazio necessario per il magazzino, facilitando

così lo spostamento di livello di servizio senza fare grandi investimenti sia per lo spazio a magazzino che per le movimentazioni interne.

I dati ottenuti dalla simulazione, possono essere raggruppati in intervalli di livello di servizio. Per farlo, si usano gli stessi intervalli usati per analizzare i trasporti, si fanno quindi i seguenti intervalli: [92% - 94%), [94% - 96%), [96% - 98%) e [98% - 100%). In questo modo, si ha un diagramma più pulito oltre ad avere la possibilità di fare l'analisi e confronti insieme con i trasporti.

Da questa analisi vengono fuori i seguenti dati, ottenuti come la media dei valori riportati nella tabella:

Liv Servizio	EOQ	VIS	NON AGG	AGG
0,92-0,94	5.703	4.487	2.754	2.760
0,94-0,96	6.132	4.821	3.007	3.000
0,96-0,98	6.647	6.010	3.334	3.322
0,98-1	7.319	6.764	3.840	3.880

Tabella 14: Giacenze medie raggruppate in intervalli per ogni metodo di produzione

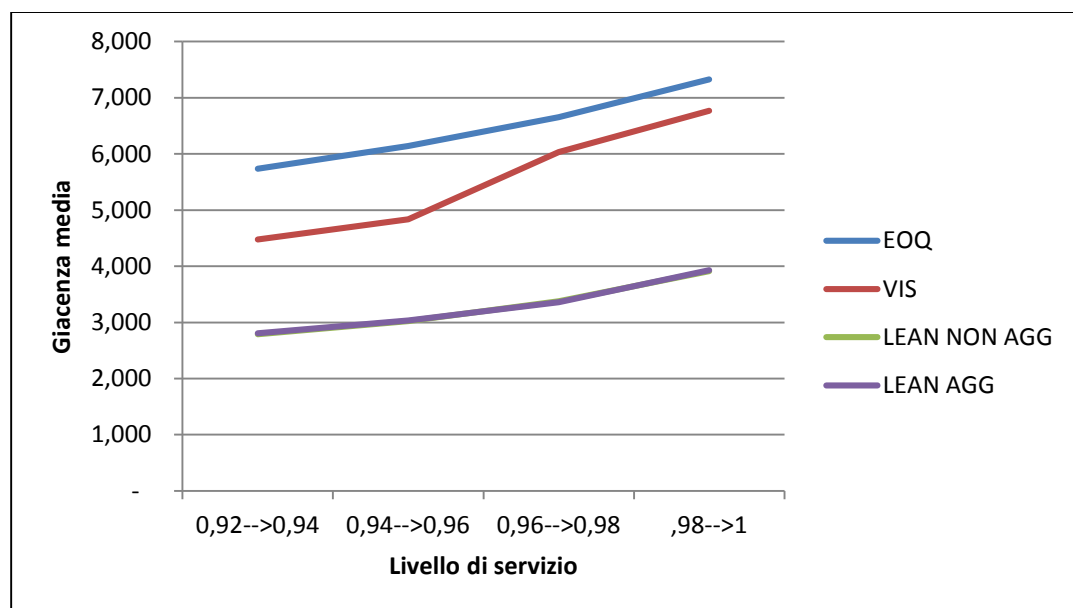


Figura 21: Giacenze medie - intervalli di LS per ogni metodo produttivo

Si può vedere come raggruppando i dati, il grafico mostra in un modo più semplice l'andamento delle scorte mentre il livello di servizio sale. Calcolando le pendenze di queste rette si ottiene:

	EOQ	VIS	NON AGG	AGG

PENDENZA	20.196	28.465	13.579	14.007
----------	--------	--------	--------	--------

Tabella 15: Pendenza rette di giacenza media

Si può vedere inoltre, come la pendenza delle curve generate tramite la Lean manufacturing sono le minori tra i 4 metodi. Questo mette la Lean manufacturing come una ottima soluzione nel caso si decidesse di far salire il livello di servizio nel trascorrere il tempo. Grazie a questo, si possono creare dei magazzini per un numero di scorte che variano poco nel salire del livello di servizio. La lean risulta essere più anelastica al variare del livello di servizio. Facendo adesso le variazioni percentuali di ogni metodo rispetto all' EOQ (metodo che viene preso come riferimento), si ottiene:

$$\Delta\% = \frac{EOQ - \text{Metodo produttivo}}{EOQ} * 100$$

Liv Servizio	EOQ	VIS	NON AGG	AGG
0,92-0,94	0,000	0,213	0,515	0,516
0,94-0,96	0,000	0,214	0,511	0,511
0,96-0,98	0,000	0,096	0,499	0,500
0,98-1	0,000	0,076	0,476	0,470

Tabella 16: Variazione percentuale rispetto all'EOQ

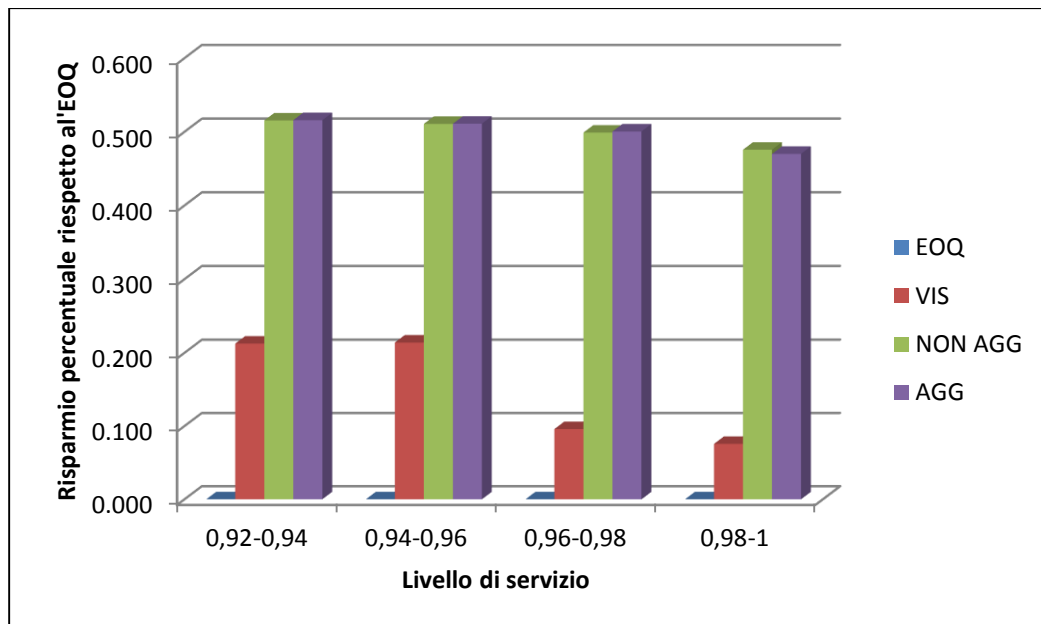


Figura 22: Istogramma risparmio percentuale di giacenze - Livello di servizio

Dall'istogramma, si può vedere come usare il metodo Kanban porta a risparmi percentuali molto elevati rispetto all'EOQ e alla VIS. Rispetto all' EOQ, i risparmi possono variare tra il 47% e il 51% a seconda del metodo usato e del livello di servizio nel quale si trovi l'azienda.

La VIS, presenta anche un risparmio rispetto all' EOQ ma di un valore molto minore. Questo può variare da circa un 8% fino ad un 21%, a seconda del livello di servizio considerato.

8.2. Trasporti

Per fare l'analisi dei trasporti, vengono considerati automezzi che hanno come portata da 50 a 1000 pezzi. Causa vincoli di tempo e dei modelli di simulazione, sono disponibili i dati sui trasporti per le politiche di EOQ, VIS, e Lean non aggregato, mentre per la politica di Lean aggregato si hanno i risultati solo per i trasporti con automezzi di capacità pari a 450 pezzi. Questo valore è stato scelto come riferimento medio per l'analisi dei trasporti.

Il primo punto analizzato è il numero totale di trasporti. Qua si tiene conto sia dei trasporti che viaggiano saturi che quelli non saturi e sia del Primary che del Secondary Manufacturer. Le tabelle ottenute dalla simulazione vengono elencate nell'APPENDICE B.

Come già visto nelle descrizioni dei risultati, in tutti i casi, un aumento del livello di servizio, comporta una leggera diminuzione nel numero totale di trasporti utilizzati.

Questa affermazione viene confermata dal grafico riportato:

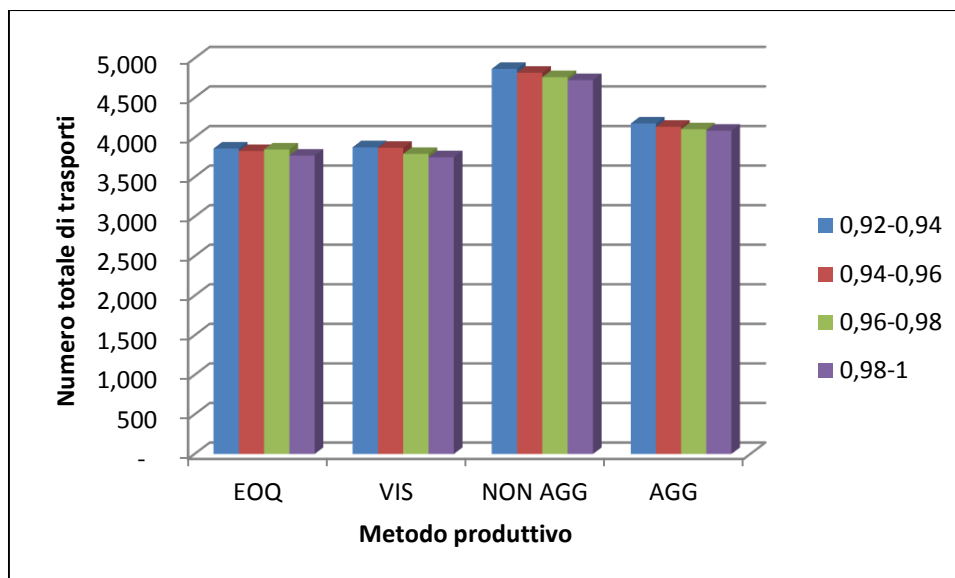


Figura 23: Istogramma N° totale di trasporti - Metodo produttivo

La diminuzione del numero di trasporti con l' aumento del livello di servizio è dovuto alla richiesta di miglior utilizzo delle risorse. Così, mentre più efficiente è l'impresa, meno trasporti (risorse) dovrà usare per la movimentazione dei prodotti finiti.

Per fare un migliore confronto tra i trasporti utilizzati in ogni caso, viene riportata la tabella con il numero totale di trasporti utilizzati da ogni metodo produttivo preso in analisi, raggruppati in 4 intervalli di livello di servizio.

Liv Servizio	EOQ	VIS	NON AGG	AGG
0,92-0,94	3.860	3.876	4.867	4.177
0,94-0,96	3.828	3.870	4.818	4.135
0,96-0,98	3.848	3.792	4.763	4.104
0,98-1	3.771	3.750	4.725	4.085

Tabella 17: Numero totale di trasporti per ogni metodo produttivo

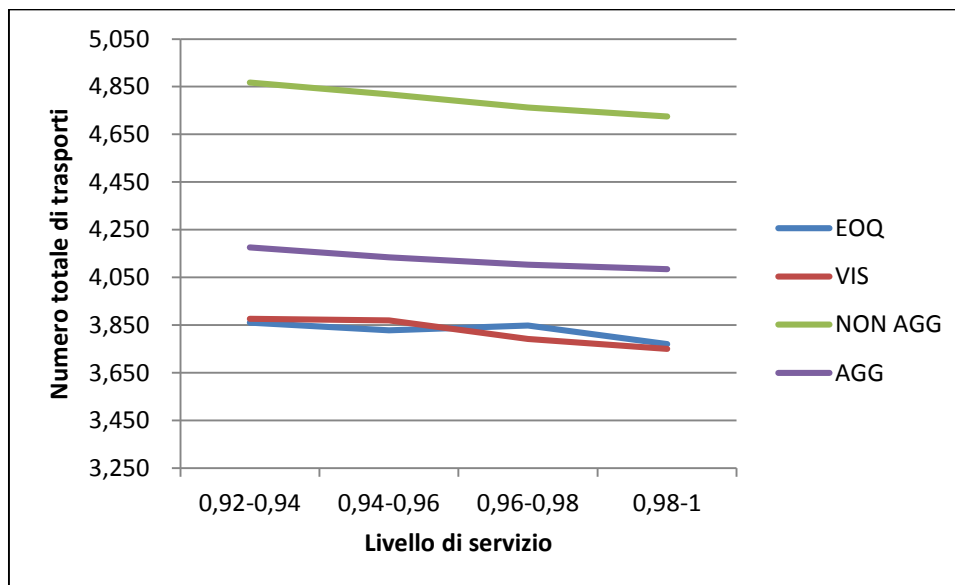


Figura 24: Numero totale di Trasporti - LS per ogni metodo produttivo

Dalla tabella e dal grafico riportato, si vede di nuovo come il numero di trasporti scende nel salire del livello di servizio per tutti i metodi produttivi. Si vede inoltre la maggior quantità di trasporti usati dal metodo Kanban rispetto agli altri due metodi (EOQ e VIS). Per questi ultimi, i trasporti hanno un valore molto simile.

L'elevato utilizzo di automezzi da parte del Lean Non aggregato si rispecchia nel grafico ed è dovuto al fatto che dopo la produzione, i prodotti vengono spediti senza aspettare il riempimento dell'automezzo. Questo costringe

l'azienda ad inviare automezzi anche con poche unità di prodotto, creando un grande spreco e, nel caso di costi logistici elevati, comportando un grande aumento nei costi.

Per il Lean con aggregazione invece, i trasporti presentano un aumento rispetto all'EOQ e alla VIS ma di un ordine di grandezza minore a quello riscontrato dal Lean non aggregato.

Per fare un'analisi più profonda rispetto ai trasporti usati in ogni caso, si prende la variazione percentuale tra i diversi metodi e l'EOQ, che viene usato di nuovo come riferimento. Usando:

$$\Delta\% = \frac{\text{Metodo produttivo} - \text{EOQ}}{\text{EOQ}} * 100$$

I dati ottenuti ed il rispettivo grafico sono:

Liv Servizio	EOQ	VIS	NON AGG	AGG
0,92-0,94	0,000	0,420	26,076	8,198
0,94-0,96	0,000	1,083	25,849	8,013
0,96-0,98	0,000	-1,452	23,766	6,651
0,98-1	0,000	-0,543	25,316	8,343

Tabella 18: Variazione percentuale dei Trasporti rispetto all'EOQ

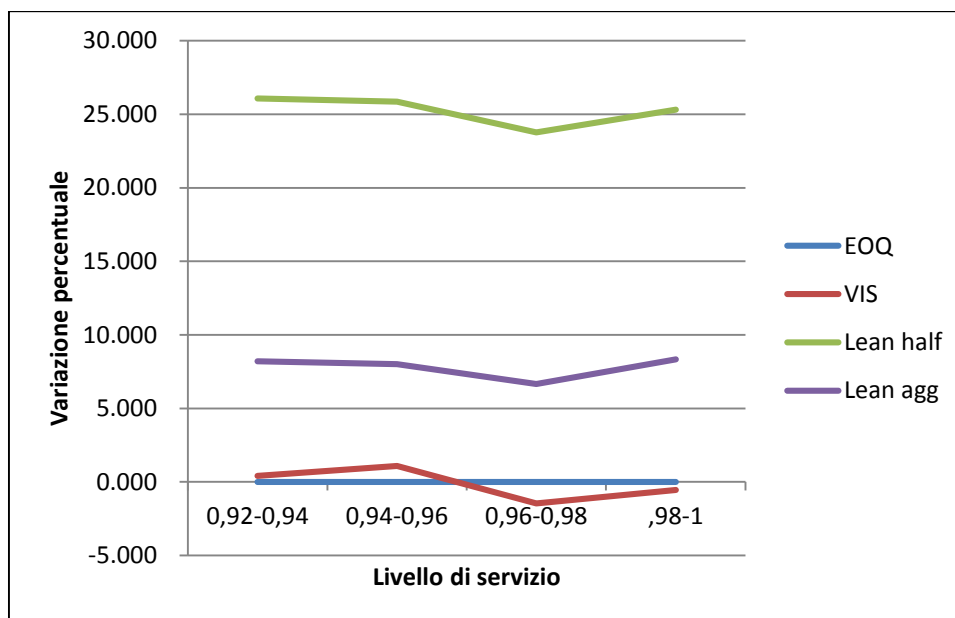


Figura 25: Variazione percentuale dei trasporti - Livello di servizio

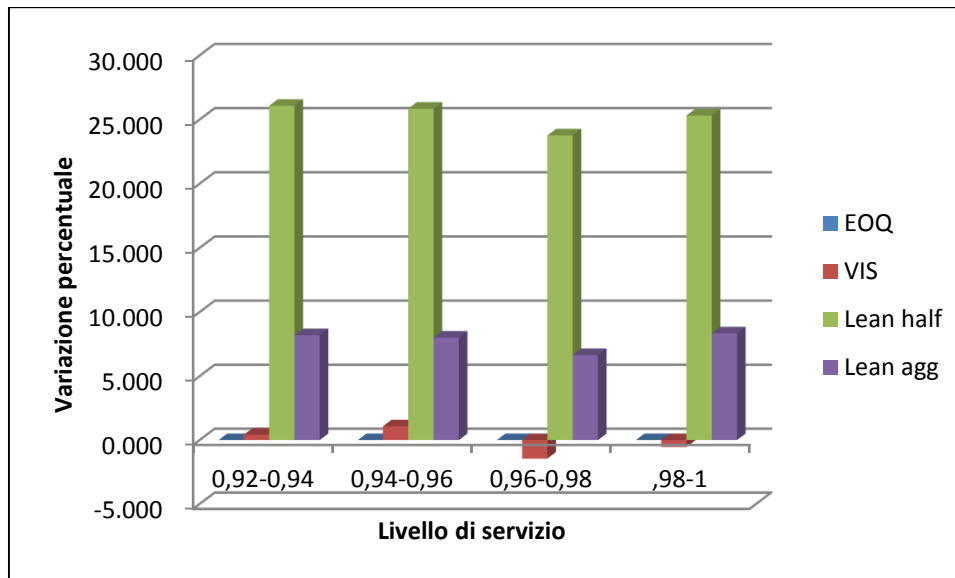


Figura 26: Variazione percentuale dei trasporti - Livello di servizio

I valori positivi, fanno riferimento ad un maggioramento rispetto all'EOQ, mentre i valori negativi rappresentano un risparmio del metodo che è stato confrontato contro l'EOQ.

Dai dati può vedersi che la variazione percentuale tra l'EOQ e la VIS non supera mai 1,5 % sia in positivo che in negativo, questo vuol dire che nel caso la VIS venga utilizzata, non presenterà grandi differenze di trasporti rispetto al riferimento (EOQ). A volte la VIS comporterà un risparmio come nei casi di livello di servizio elevato ed in altri spenderà di più, come nei livelli di servizio bassi.

Nel caso i metodi kanban vengano usati, inevitabilmente il numero di trasporti salirà, dovuto a che fa la spedizione dopo riempire l'automezzo, o alla fine di un lotto produttivo o dopo un tempo di attesa prescelto. Prendendo il caso più sfavorevole, ovvero il caso nel quale la produzione non viene aggregata, si presenta una crescita nel numero di trasporti di circa un 25 % rispetto all'EOQ; Mentre nel caso del Lean aggregato, il numero di trasporti si ingrandisce in minor modo, arrivando a circa un 8% in media.

8.3. Trasporti cambiando la fisionomia del prodotto

In questo punto dell'analisi, vengono presi i trasporti che comportano portate diverse di 450. Dalla simulazione, questi dati possono essere presi solo per i metodi EOQ, VIS e Lean Non Aggregato. Si tengono conto di mezzi con portate che variano tra 50 e 1000.

Da questo studio, considerando il numero totale di trasporti fatti da ogni metodo produttivo, sono venuti fuori i seguenti dati:

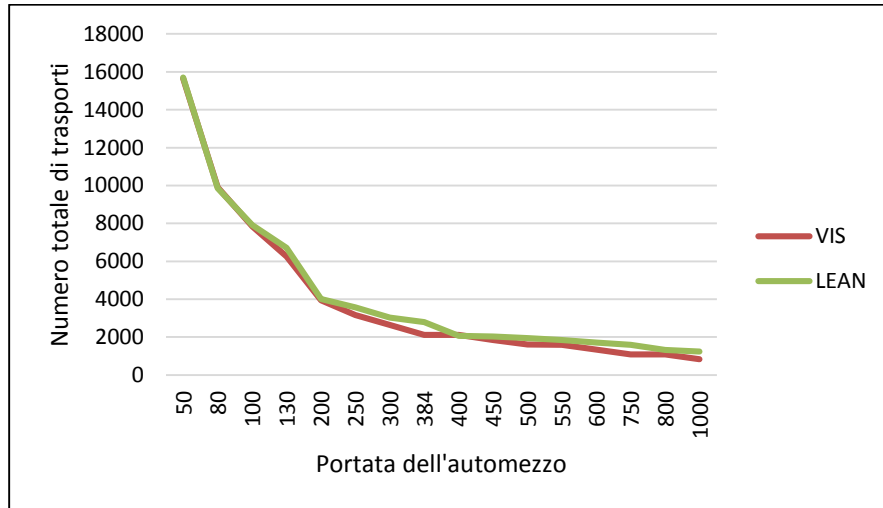


Figura 27: Numero di Trasporti - Portata dell'automezzo. Confronto VIS - Lean Non Aggregato

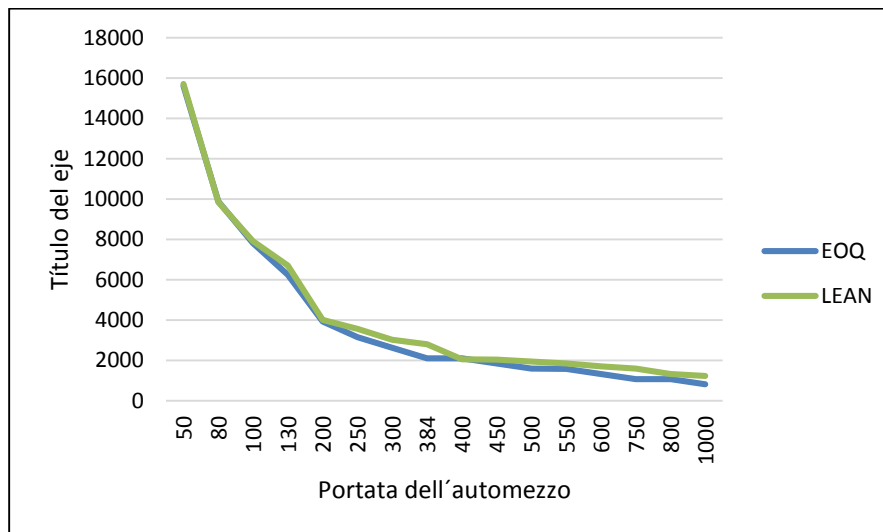


Figura 28: Numero di Trasporti - Portata dell'automezzo. Confronto EQQ - Lean Non Aggregato

Dai grafici si può vedere come il Lean non aggregato ha più trasporti rispetto sia all'EQQ che alla VIS per tutte le diverse portate diverse. Inoltre, si vede che sia l'EQQ che la VIS, hanno valori di trasporti molto simili tra di loro.

Analizzando più nel dettaglio i trasporti per le diverse portate, si considera il caso peggiore, ovvero, il Lean non aggregato.

Per il Primary manufacturer, i valori percentuali medi ottenuti per ogni portata riferiti all'EOQ, sono:

PORTATA	MEDIA
50	-0.62%
80	0.27%
100	-1.16%
130	-7.44%
200	-2.19%
250	-13.27%
300	-15.30%
384	-33.05%
400	1.84%
450	-10.36%
500	-22.60%
550	-16.93%
600	-28.33%
750	-49.68%
800	-23.60%
1000	-52.53%

Tabella 19: Numero medio di Trasporti del Primary Manufacturer variando la portata dell'automezzo

Per il secondo manufacturer, invece sono:

PORTATA	MEDIA
50	-5.90%
80	-9.40%
100	-11.70%
130	-7.60%
200	-23.50%
250	-25.10%
300	-35.30%
384	-17.30%
400	-46.90%
450	-15.00%

500	-40.60%
550	-31.90%
600	-79.00%
750	-70.30%
800	-56.00%
1000	-53.60%

Tabella 20: Numero medio di Trasporti del Secondary Manufacturer variando la portata dell'automezzo

Il suo grafico sarà:

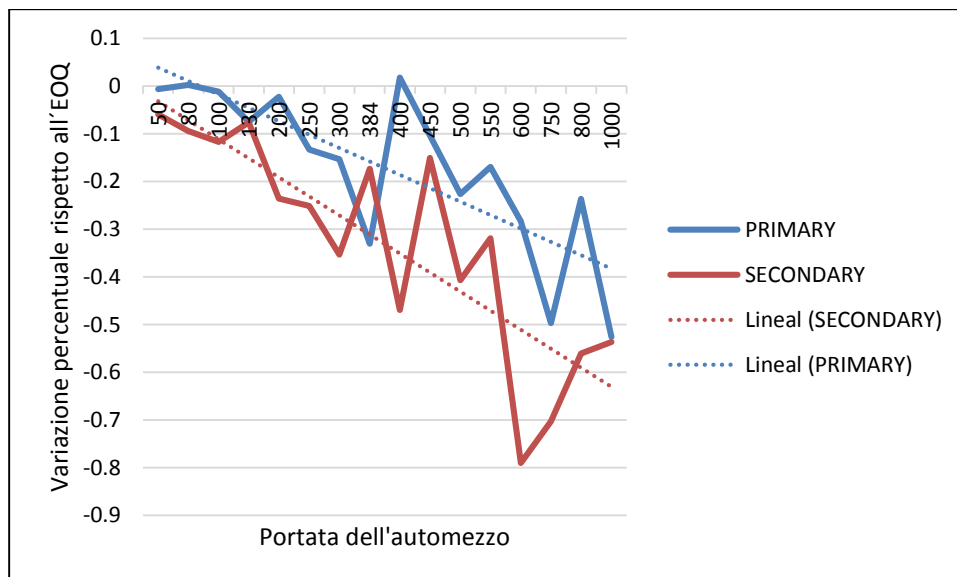


Figura 29: Variazione percentuale Lean Non Aggregato rispetto all'EOQ - Variazione della portata dell'automezzo

Dal grafico si può osservare come il secondary manufacturer abbia un maggiore utilizzo di trasporti rispetto al primary. Inoltre, anche se scende il valore percentuale con l'aumento della portata dell'automezzo, si trovano dei picchi che rispecchiano la variazione dei trasporti con lotti presenti in ogni filiera. Con questo lotto usato per la simulazione, portate di 200, 400 e 800, minimizzano l'uso dei trasporti, producendo un ulteriore risparmio. Se l'azienda vuole lavorare riducendo gli sprechi, dovrebbe lavorare con questi lotti alla base della produzione non aggregata.

8.4. Costi totali

Per fare l'analisi dei costi totali, è stata inserita una relazione tra i due costi sui quali lo studio fa leva:

$$\rho = \frac{CLOG}{CMS}$$

Dove:

CLOG: costo annuo speso in movimentazioni e logistica.

CAMS: costo annuo mantenimento a scorta.

Attraverso questa formula, è possibile variare entrambi i costi per conoscere i diversi scenari che possono riscontrarsi per ogni metodo produttivo.

In un primo momento, si è fissato il Costo di Mantenimento a Scorta in un valore del 20% del valore del prodotto, variandosi il Costo Logistico. La tabella riportata mostra i valori della relazione che sono stati usati:

CLOG	CMS	CLOG/CMS
0.2	20	0.01
0.4	20	0.02
0.6	20	0.03
0.8	20	0.04
1	20	0.05
1.2	20	0.06
1.4	20	0.07
1.6	20	0.08
1.8	20	0.09
2	20	0.1
2.2	20	0.11
2.4	20	0.12
2.6	20	0.13
2.8	20	0.14
3	20	0.15
3.2	20	0.16
3.4	20	0.17
3.6	20	0.18
3.8	20	0.19
4	20	0.2
4.2	20	0.21

Tabella 21: Valori della relazione $\rho=CLOG/CMS$

Con questi valori adottati, sono stati confrontati i metodi Kanban sia con la VIS che con l'EOQ, dando come risultato i dati sotto riportati:

- Dal confronto in percentuale tra i costi dei 4 metodi produttivi analizzati usando come riferimento l'EOQ si ottiene:

ρ	EOQ	VIS	LEAN NON AGG	LEAN AGG
0.01	1	0.929	0.623	0.601
0.02	1	0.935	0.681	0.646
0.03	1	0.94	0.73	0.683
0.04	1	0.944	0.771	0.714
0.05	1	0.948	0.806	0.741
0.06	1	0.951	0.836	0.764
0.07	1	0.954	0.863	0.784
0.08	1	0.956	0.886	0.802
0.09	1	0.958	0.907	0.817
0.1	1	0.96	0.925	0.831
0.11	1	0.962	0.942	0.844
0.12	1	0.963	0.957	0.856
0.13	1	0.965	0.971	0.866
0.14	1	0.966	0.983	0.876
0.15	1	0.967	0.995	0.884
0.16	1	0.968	1.005	0.892
0.17	1	0.969	1.015	0.9
0.18	1	0.97	1.024	0.906
0.19	1	0.971	1.032	0.913
0.2	1	0.972	1.04	0.919
0.21	1	0.973	1.047	0.924

Tabella 22: Valore percentuale dei costi totali di ogni metodo riferito all'EOQ per ogni valore di ρ

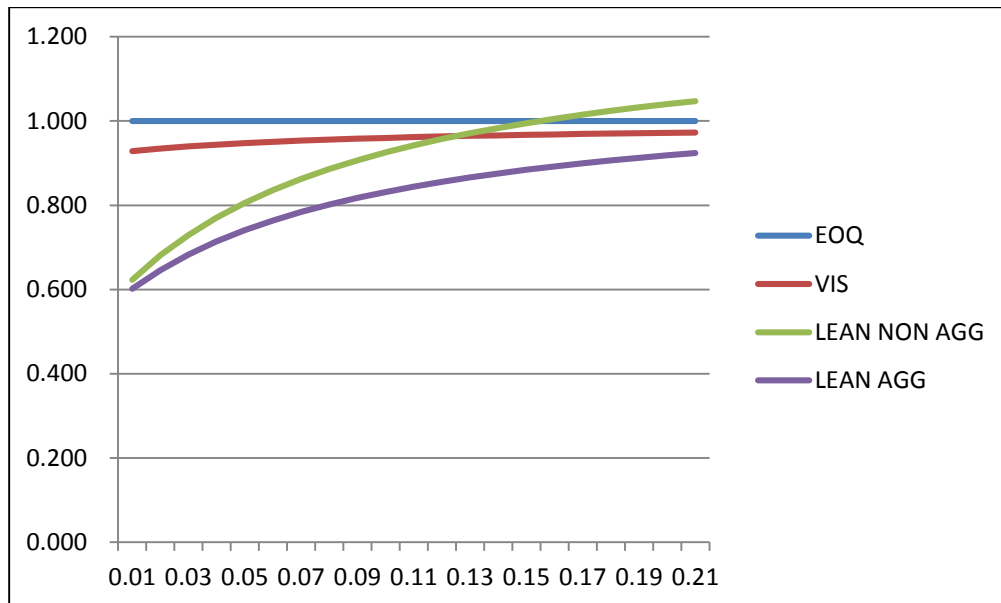


Figura 30: Costo totale in percentuale riferito all'EOQ - ρ per ogni metodo produttivo

Dal grafico riportato si può vedere la relazione tra la percentuale dei costi, prendendo come riferimento l'EOQ e il valore della relazione ρ .

Si può vedere come al salire della relazione, i valori si avvicinano al valore di riferimento, e nel caso del Lean Non Aggregato riesce anche a superarlo. Questo fa vedere come i costi totali sono altamente influenzati dai costi logistici, essendo questo un punto importante da considerare in ambito aziendale. La pendenza del metodo Lean Non Aggregato, mostra anche questo, avendo un maggior numero di trasporti, il differenziale di costi rispetto all'EOQ sale molto più veloce che per gli altri due metodi.

Inoltre, i minori costi sono stati trovati per il metodo Kanban con Aggregazione. Prendendo questo, si può assicurare che i risparmi trovati nei trasporti e nelle scorte in confronto con gli altri metodi è maggiore che lo spreco creato dovuto al fatto di dover aspettare a riempire l'automezzo prima di farlo partire.

9. CONCLUSIONI

Come conclusioni dell'analisi effettuata in questa tesi, è possibile rispondere alle domande proposte come:

- L'IMPLEMENTAZIONE DELLA FILOSOFIA LEAN MIGLIORA LE PERFORMANCE DI UNA FILIERA?

L'implementazione di una politica di produzione Lean, presenta dei miglioramenti in relazione alle scorte tenute a magazzino, garantendo un migliore utilizzo dello spazio e tutti i benefici del caso, come si evidenzia dal grafico riportato:

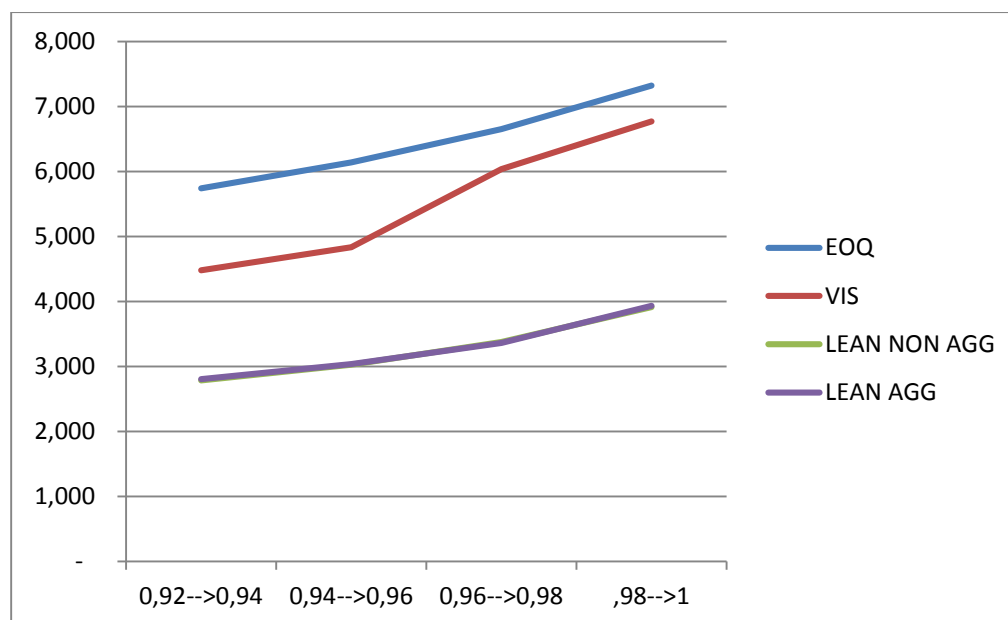


Figura 31: Giacenze medie - LS aggregato in intervalli per ogni metodo produttivo

Inoltre, tramite questo metodo, si produce solo quanto richiesto, evitando di avere a scorta grandi quantità di prodotti che rischiano l'obsolescenza ed uno spreco di immagazzinaggio.

Invece, usando questo metodo, si spende di più in logistica, e se i costi logistici sono elevati, può diventare un metodo poco conveniente.

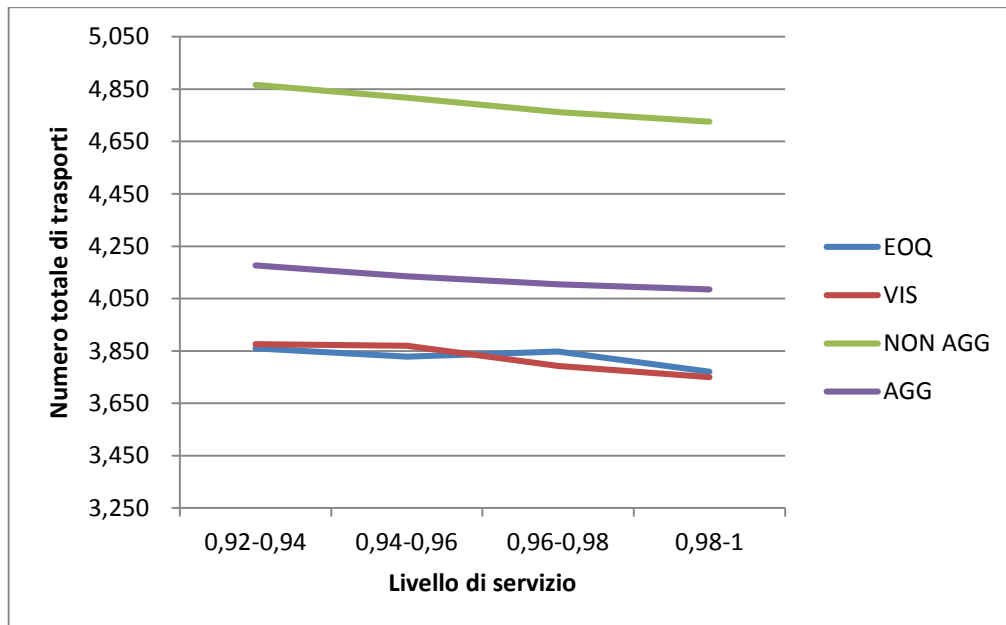


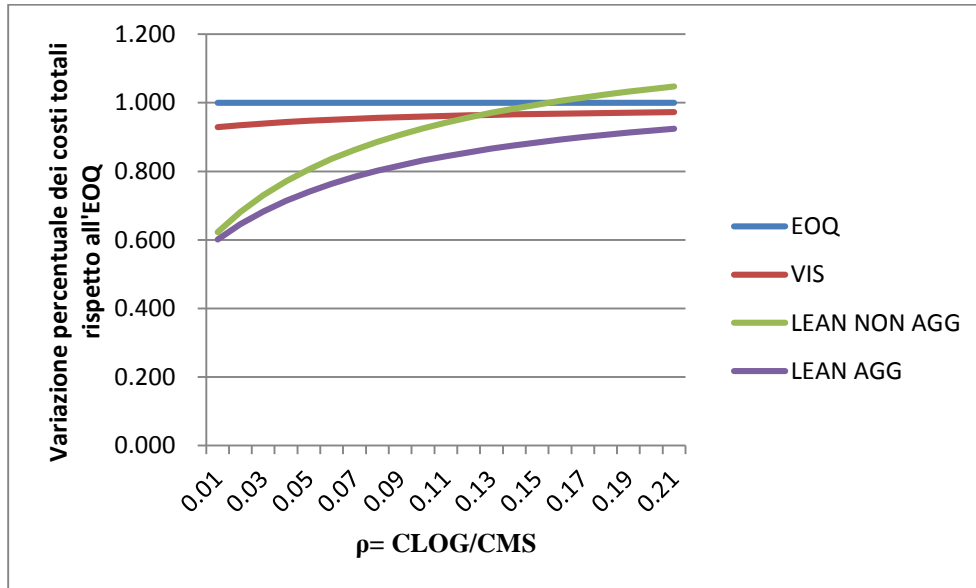
Figura 32: Numero totale di Trasporti - LS per ogni metodo di produzione

- I BENEFICI ECONOMICI APPORTATI NELLA RIDUZIONE DEL COSTO DELLE SCORTE COMPENSANO GLI AGGRAVI A LIVELLO LOGISTICO?

Il costo totale è dato dai contributi del costo logistico e del costo di mantenimento a scorta. L'analisi dei risultati attraverso il valore p (rapporto tra costo logistico e costo di mantenimento a scorta) evidenzia come al crescere di p vari la convenienza di una politica di gestione della produzione rispetto ad un'altra. In tutti i casi, appare chiaro che per contesti in cui l'impatto del costo logistico risulti basso la politica di lean manufacturing sia vincente in tutte le sue declinazioni (sia con trasporti aggregati che non aggregati), mentre per ambienti in cui il costo logistico pesi in maniera significativa una politica di visibility risulta la più conveniente. Osservando le diverse varianti del lean si osserva che una semplice regola di aggregazione dei trasporti amplifica il campo di applicazione della logica lean, fino ad un rapporto tra costo logistico e costo di mantenimento a scorta pari a 0,5.

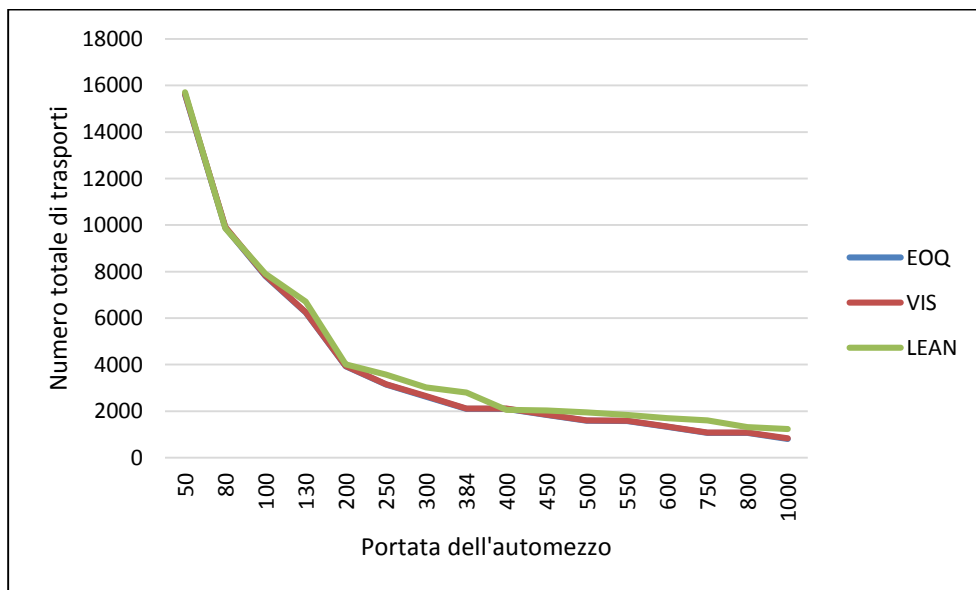
Così, si può vedere come la riduzione delle scorte compensa ampiamente l'aumento nei trasporti. Questo non può affermarsi nel caso si presenti la non aggregazione dei prodotti finiti. In questo caso, l'aumento nei trasporti è così elevato da non riuscire ad essere compensato con la diminuzione delle scorte.

Il grafico sottostante mostra le curve di pareggio tra le diverse politiche di gestione della produzione e la politica EOQ utilizzata come benchmark:



- COME PUÒ IMPATTARE LA FISIONOMIA DEL PRODOTTO NEI TRASPORTI?

Come visto dalle grafiche e dai valori riportati, anche se la portata del camion cambia, il Lean non aggregato presenta valori più elevati rispetto agli altri due metodi.



Inoltre, a seconda del lotto utilizzato la variazione del numero di trasporti da utilizzare risulta ampissima e variabile: esistono quindi delle configurazioni che minimizzano l'uso dei trasporti. Così, la fisionomia del prodotto impatta direttamente nella produzione, mettendo dei limiti nei casi si voglia minimizzare il costo dei trasporti; in questi casi, aggiungendo anche il risparmio dovuto alle scorte, si riesce a migliorare la performance.

10. BIBLIOGRAFIA

Srinagesh Gavirneni, Roman Kapuscinski, Sridhar Tayur, (1999) Value of Information in Capacitated Supply Chains. *Management Science* 45(1):16-24. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.45.1.16>

Srinagesh Gavirneni, (2002) Information Flows in Capacitated Supply Chains with Fixed Ordering Costs. *Management Science* 48(5):644-651. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.48.5.644.7806>

Azharul Karim Kazi Arif-Uz-Zaman, (2013), "A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations", *Business Process Management Journal*, Vol. 19 Iss 1 pp. 169 – 196.

Matthew J. Drake and Kathryn A. Marley, *A Century of the EOQ. Handbook of EOQ Inventory Problems*, International Series in Operations Research & Management Science 197.

Daniela Gifu, Dan Ionescu, Mirela Teodorescu, *Design of a Stable System by Lean Manufacturing. International Letters of Social and Humanistic Sciences (International Letters of Social and Humanistic Sciences)*, issue: 17 / 2014, pages: 6169, on www.cceol.com

Y. Sugimori , K. Kusunoki , F. Cho & S. Uchikawa (1977) Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system, *International Journal of Production Research*, 15:6, 553-564, DOI: 10.1080/00207547708943149.

Rachna Shah, Peter T. Ward, *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management* 21 (2003) 129–149.

Pedro José Martínez-Jurado, José Moyano-Fuentes, *Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review*. University of Jaén, Department of Business Organization, Marketing and Sociology, Escuela Politécnica Superior de Linares, C/Alfonso el Sabio, 28, E-23700 Linares, Jaén, Spain.

Jung Young Lee, Morgan Swink, Temyos Pandejpong, *The Roles of Worker Expertise, Information Sharing Quality, and Psychological Safety in Manufacturing Process Innovation: An Intellectual Capital Perspective*.

Production and Operations Management Vol. 20, No. 4, July–August 2011, pp. 556–570.

Douglas M. Lambert Martha C. Cooper Janus D. Pagh, (1998), "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities", The International Journal of Logistics Management, Vol. 9 Iss 2 pp. 1 – 20.

Jaideep Motwani, (2003), "A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study", Industrial Management & Data Systems, Vol. 103 Iss 5 pp. 339 – 346.

Frank Chen, Zvi Drezner, Jennifer K. Ryan, David Simchi-Levi, (2000) Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information. Management Science 46(3):436-443. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.46.3.436.12069>

Hau L. Lee, V. Padmanabhan and Seungjin Whang, Management Science, Vol. 43, No. 4, Frontier Research in Manufacturing and Logistics(Apr., 1997), pp. 546-558

Bekker, J. & Guittet-Remaud, S., 2012. Simulation in Supply Chains: An Arena basis. The South African Journal of Industrial Engineering, 11(2). <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/360>.

Datta, P.P. & Christopher, M.G., 2011. Information sharing and coordination mechanisms for managing uncertainty in supply chains: a simulation study. International Journal of Production Research, 49(3), pp.765–803. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903460216>

Law, A.M. and Kelton, W.D., 2003. Simulation modelling and analysis. New York, Tata McGraw-Hill, 264–291.

Lee, H. et al., 2000. The Value of Information Sharing in a Two Level Supply Chain. Management Science, Vol. 46(5), 626–643.

Wadhwa, S. et al., 2010. Effects of information transparency and cooperation on supply chain performance: a simulation study. International Journal of Production Research, 48(1), pp.145–166. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540802251617>

APPENDICE A: TABELLE DI GIACENZE MEDIE PER OGNI DOMANDA

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%		1820.7	2752.6		2331.1		2947.4					
92.5%		1852.6	2819.2		2411.1	2404.7	2979.2	3005.8		3650.1	4505.8	5242.6
93.0%	1930.0	1884.4	2978.7	2858.4	2469.8	2445.6	3074.3	3069.6		3770.0	4540.2	5571.9
93.5%	1988.8	1916.3	3100.8	3052.7	2539.1	2486.4	3159.8	3148.1	3796.0	3850.1	4574.7	5901.2
94.0%	2047.6	1985.0	3105.7	3121.2	2607.0	2537.8	3245.4	3226.7	3912.8	3948.3	4609.1	5960.6
94.5%	2106.4	2053.7	3110.6	3146.1	2642.6	2642.8	3330.9	3305.2	3952.8	4046.4	4730.1	6043.1
95.0%	2165.2	2122.4	3115.6	3171.0	2678.2	2747.7	3416.4	3414.3	4126.9	4144.6	4783.3	6374.5
95.5%	2260.1	2189.7	3120.5	3195.9	2887.0	2823.6	3510.7	3523.4	4243.3	4321.7	4914.3	6487.2
96.0%	2355.0	2300.6	3125.4	3220.9	2951.1	2991.5	3622.0	3632.5	4359.7	4498.7	6176.4	6599.9
96.5%	2449.9	2461.6	3130.3	3245.8	3015.1	3004.7	3716.7	3728.6	4478.0	4675.8	6221.0	6680.9
97.0%	2650.7	2647.4	3252.3	3270.7	3203.0	3188.1	3842.3	3948.3	4655.4	4852.9	6271.5	6700.4
97.5%	2789.8	2733.4	3374.3	3295.6	3382.2	3382.2	4077.1	4668.3	4891.5	5029.9	6280.2	6957.1
98.0%	2928.8	2819.4	3657.0	3592.1	3738.1	3576.3	4268.2		5189.0	5207.0	6288.9	7213.7
98.5%	3126.3	3007.1	3965.4	3834.6	3975.3	3689.1	4426.8		5505.9	5485.8	6787.4	7470.4
99.0%	3544.3	3437.9	4079.0	4077.0	4417.6	4389.4	4618.2		5919.8	6804.4	6951.9	7577.2

Tabella 23: Giacenze medie Domanda 1

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%	1849.7	1807.0	2729.1		2280.8	2286.2		2893.9		3505.1		
92.5%	1881.8	1844.4	2787.6	2735.4	2336.2	2339.0	2985.2	2989.0	3582.6	3578.0		
93.0%	1913.9	1886.7	2879.2	2842.4	2402.0	2391.7	3080.5	3033.3	3639.8	3697.7	4337.2	
93.5%	1946.0	1929.0	2981.6	2961.4	2467.8	2416.0	3134.1	3077.6	3719.6	3762.2	4548.3	5850.2
94.0%	2002.1	1971.3	2983.4	2964.5	2533.6	2486.5	3187.7	3142.7	3799.3	3826.6	4587.7	5921.4
94.5%	2077.4	2013.7	2985.1	2967.7	2590.6	2552.3	3240.8	3210.5	3877.6	3891.1	4732.1	6051.3
95.0%	2152.7	2083.1	2986.9	2970.8	2639.2	2618.1	3293.8	3349.4	3955.8	3958.5	4789.1	6181.2
95.5%	2203.2	2152.5	2988.6	2973.9	2687.8	2697.5	3387.4	3468.5	4054.6	4044.4	5250.5	6311.1
96.0%	2368.6	2270.8	2990.4	2977.1	2853.8	2776.8	3480.8	3564.4	4153.4	4133.8	5711.8	6441.0
96.5%	2433.1	2330.8	2992.1	2980.2	2936.4	2890.7	3590.7	3683.1	4370.9	4223.2	6173.2	6536.0
97.0%	2497.5	2390.9	3013.2	3028.6	3018.9	3171.9	3779.7	3744.1	4487.8	4438.3	6288.3	6709.9
97.5%	2583.1	2479.0	3136.4	3119.8	3136.8	3184.5	3890.0	3955.3	4604.6	4653.4	6310.3	6929.3
98.0%	2668.6	2567.1	3259.6	3270.4	3397.2	3368.6	4082.4	4166.5	4724.5		6634.0	7148.8
98.5%	2906.8	2708.0	3512.1	3362.0	3516.1	3552.7	4275.3	4377.7	4902.0		6751.4	7368.2
99.0%	3014.5	2960.3	3692.2	3552.6	3731.0	3736.8	4544.2	4588.9	5211.8		7080.0	7504.0

Tabella 24: Giacenze medie Domanda 2

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%						2200.8				3408.7		5521.4
92.5%			2546.8		2255.6	2251.0		2824.8	3500.4	3488.6		5568.5
93.0%	1742.9	1734.7	2627.6		2304.8	2301.1	2839.2	2879.5	3566.0	3554.6	4434.8	5670.8
93.5%	1778.6	1801.6	2722.8	2653.5	2354.2	2351.3	2917.1	2975.1	3631.6	3620.6	4488.9	5773.1
94.0%	1850.4	1857.0	2809.5	2659.9	2403.7	2401.4	3011.4	2993.5	3697.2	3686.6	4542.9	5875.4
94.5%	1922.1	1912.3	2811.6	2666.3	2453.1	2453.0	3074.3	3079.3	3796.7	3768.5	4597.0	5996.3
95.0%	1968.1	1985.6	2813.6	2672.7	2524.2	2504.7	3137.1	3165.1	3896.1	3850.3	4624.7	6117.2
95.5%	2014.1	2032.9	2815.7	2679.0	2571.0	2556.3	3198.1	3264.3	3983.7	3932.2	4695.0	6238.1
96.0%	2060.1	2080.1	2817.7	2685.4	2656.9	2603.9	3323.3	3363.6	4071.2	4014.0	4809.4	6393.9
96.5%	2106.1	2127.4	2819.8	2691.8	2742.8	2697.8	3433.9	3462.8	4228.2	4095.9	5310.1	6549.6
97.0%	2229.6	2199.9	2821.8	2780.5	2828.7	2791.6	3528.1	3539.6	4348.0	4454.4	5810.8	6649.6
97.5%	2307.3	2272.4	2927.4	2968.6	2971.7	2879.7	3622.3	3616.4	4507.1	4491.7	6311.5	6691.6
98.0%	2385.0	2385.2	3032.9	3156.6	3114.9	3084.9	3811.1	3832.0	4627.3		6455.9	6762.4
98.5%	2486.9	2593.8	3201.3	3478.4	3257.7	3219.8		3939.8	4883.8		6649.3	7360.7
99.0%	2700.9	2672.3	3673.2	3800.1	3394.2	3819.4		4515.5			6833.6	7504.0

Tabella 25: Giacenze medie Domanda 3

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%	1736.9		2662.9	2569.2	2324.6	2280.0			3601.6			
92.5%	1803.2	1800.0	2695.7	2647.2	2381.2	2329.5		2879.3	3721.3	3632.3		
93.0%	1869.5	1854.2	2781.8	2734.7	2437.7	2378.9	2961.8	2889.9	3745.3	3712.2	4444.1	5929.7
93.5%	1935.8	1908.4	2896.1	2852.1	2496.4	2402.3	3073.5	2953.8	3823.5	3787.8	4507.8	6011.6
94.0%	2002.1	1962.6	3010.3	2964.0	2523.7	2425.6	3129.1	3031.5	3901.7	3863.5	4691.5	6069.1
94.5%	2061.5	1986.7	3012.3	3075.9	2603.5	2567.4	3223.0	3136.6	3979.8	3939.1	4754.3	6182.9
95.0%	2120.8	2059.5	3014.4	3086.9	2683.3	2660.2	3303.0	3241.8	4058.0	4052.4	4888.9	6296.7
95.5%	2190.6	2184.7	3016.4	3097.8	2772.6	2753.0	3344.5	3346.9	4197.9	4165.7	5361.7	6410.5
96.0%	2269.3	2288.7	3018.4	3108.8	2813.0	2839.4	3495.0	3452.1	4321.4	4325.6	5834.5	6524.3
96.5%	2367.6	2392.8	3020.5	3119.8	2884.4	2925.9	3596.6	3557.2	4444.8	4462.6	6307.3	6638.1
97.0%	2465.8	2496.8	3022.5	3130.7	3087.6	3012.3	3698.2	3676.2	4622.3	4599.6	6493.0	6700.4
97.5%	2547.0	2594.1	3148.4	3141.7	3265.3	3196.1	3799.8	3819.5	4799.7	4753.3	6678.6	6920.5
98.0%	2795.7	2745.2	3351.5	3259.5	3425.5	3412.3	4026.0	4040.3	4977.2	4907.0	6864.3	7140.6
98.5%	2952.5	3021.3	3423.1	3604.9	3586.7	3628.5	4216.5	4263.0	5305.6	5214.8	6962.0	7360.7
99.0%	3746.2	3653.5	4154.1		4369.1	4814.2	4942.7	4841.3	5617.0	5611.3		7504.0

Tabella 26: Giacenze medie Domanda 4

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1,0	Lean_1,1	VIS	EOQ
92.0%			2494.0	2478.0		2233.0	2864.0	2794.1				
92.5%			2582.4	2558.6	2283.0	2275.9	2911.6	2853.2	3533.9	3488.1	4437.9	5680.6
93.0%	1732.7	1730.7	2694.4	2639.3	2349.4	2318.7	2959.3	2912.4	3580.0	3532.6	4457.9	5723.3
93.5%	1830.9	1797.9	2807.9	2719.9	2415.9	2365.8	3006.9	2971.5	3626.1	3612.5	4478.0	5766.0
94.0%	1879.7	1856.3	2880.3	2840.9	2482.3	2393.4	3086.7	3035.4	3721.4	3701.4	4498.0	5890.3
94.5%	1928.4	1914.7	2906.7	2892.9	2543.7	2460.5	3166.6	3138.5	3816.7	3790.3	4689.7	6014.6
95.0%	1999.0	1973.1	2933.2	2901.9	2599.1	2527.6	3282.6	3241.6	3916.7	3839.3	4745.1	6147.6
95.5%	2069.6	2064.3	2959.6	2911.0	2654.4	2574.9	3370.8	3342.6	4005.2	3999.4	4855.5	6280.6
96.0%	2186.4	2132.7	2986.0	2920.0	2713.7	2681.5	3459.0	3421.8	4093.7	4102.1	5238.5	6413.6
96.5%	2243.8	2207.2	3012.4	2929.1	2842.4	2816.8	3582.1	3529.3	4200.4	4204.7	5621.5	6481.4
97.0%	2321.5	2281.8	3038.9	2938.1	2971.0	2905.1	3705.2	3636.8	4392.1	4307.4	6004.5	6758.5
97.5%	2399.2	2356.3	3065.3	3023.6	3099.7	2952.8	3828.3	3744.3	4553.5	4459.3	6387.5	6778.3
98.0%	2518.1	2491.2	3209.9	3109.1	3228.3	3178.3	3965.5	3851.8	4676.8	4611.2	6502.6	6901.1
98.5%	2630.0	2626.1	3399.1	3339.2	3399.2	3448.8	4102.6	4154.2	4871.1	4763.1	6912.2	7261.4
99.0%		2924.1	3504.0	3532.7	3708.4	4122.0	4328.2	4404.2	5144.0	5176.3		7621.7

Tabella 27: Giacenze medie Domanda 5

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%			2553.8	2533.9			2830.9	2847.6	3531.5			
92.5%			2683.7	2593.4		2253.6	2891.7	2910.1	3583.3		4398.0	5615.8
93.0%	1815.1		2755.9	2681.3	2338.9	2289.0	2952.4	2972.6	3635.1	3655.8	4557.1	5704.8
93.5%	1876.6	1875.6	2782.9	2749.5	2388.1	2324.3	3021.3	3035.1	3686.9	3724.1	4581.7	5793.7
94.0%	1931.5	1899.6	2783.7	2817.6	2425.8	2389.4	3090.2	3097.6	3845.9	3792.4	4606.3	5882.7
94.5%	1983.3	1956.9	2784.6	2828.7	2463.4	2454.4	3174.9	3160.1	3912.6	3860.7	4630.9	5971.6
95.0%	2044.1	2110.5	2785.4	2839.8	2531.7	2521.8	3259.6	3222.6	3979.2	3929.0	4762.4	6114.0
95.5%	2097.6	2048.5	2786.3	2850.9	2600.0	2589.1	3348.7	3278.7	4054.7	3997.3	5081.1	6256.5
96.0%	2196.3	2148.6	2787.1	2861.9	2685.3	2656.5	3437.8	3413.0	4162.2	4117.3	5399.8	6398.9
96.5%	2285.7	2248.7	2855.3	2873.0	2770.6	2799.0	3528.2	3494.1	4330.6	4258.1	5718.6	6541.4
97.0%	2382.1	2290.6	2923.5	2884.1	2896.2	2901.0	3618.5	3590.1	4356.7	4399.0	6037.3	6683.8
97.5%	2478.4	2332.5	3071.6	2997.2	2990.6	3003.0	3758.9	3721.6	4529.6	4539.8	6356.0	6771.6
98.0%	2542.6	2469.5	3135.6	3110.3	3161.7	3164.6	3887.1	3817.6	4686.1	4680.7	6682.4	6925.8
98.5%	2772.5	2681.5	3298.6	3247.3	3392.1	3326.2	4115.3	4081.2	4908.0	4821.5		7247.1
99.0%	2915.9	2857.4	3422.7	3384.2	3586.9		4467.0	4229.5	5128.0	5232.2		7568.4

Tabella 28: Giacenze medie Domanda 6

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%				2609.3	2359.9	2291.5	2966.5		3563.5	3622.9		
92.5%			2738.0	2744.2	2416.3	2373.4	3014.2	2974.3	3663.4	3671.1		
93.0%			2838.0	2831.5	2472.6	2408.0	3061.8	3009.5	3763.4	3719.4	4340.0	5830.0
93.5%			2938.0	2931.4	2529.0	2442.5	3109.5	3044.6	3823.5	3767.6	4544.4	5860.5
94.0%			3059.0	3058.2	2585.3	2477.0	3189.2	3133.7	3901.0	3834.1	4588.8	5957.2
94.5%			3061.9	3060.1	2619.1	2560.6	3281.7	3222.8	3978.4	3954.1	4997.2	6034.6
95.0%			3064.9	3062.0	2692.4	2644.1	3374.1	3311.9	4043.5	4067.6	5405.7	6442.3
95.5%			3067.8	3063.9	2738.9	2727.7	3466.6	3416.1	4200.8	4181.0	5814.1	6513.3
96.0%			3070.7	3065.8	2785.4	2841.5	3559.0	3520.3	4357.3	4294.5	6222.5	6584.3
96.5%			3073.7	3067.7	2988.0	2919.1	3638.8	3581.8	4497.8	4407.9	6262.8	6626.5
97.0%			3076.6	3069.6	3120.8	3001.7	3775.5	3734.8	4638.2	4521.4	6356.1	6704.4
97.5%			3269.3	3225.3	3253.6	3150.4	3912.2	3911.2	4704.9	4634.8	6557.4	6975.9
98.0%			3462.0	3388.8	3403.2	3381.9	4139.4	4125.6	4910.5	4919.6	6758.6	7247.4
98.5%			3769.0	3512.0	3723.5	3632.3	4397.4	4360.7	5116.2	5204.3	6870.5	7518.9
99.0%			4231.4	4046.8	4166.2	3955.9	5142.1	5082.3	5457.9	5389.2		

Tabella 29: Giacenze medie Domanda 7

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%					2177.8	2175.6						4895.2
92.5%			2593.6		2228.7	2216.3						4949.3
93.0%	1754.7		2716.5		2279.6	2266.4	2909.2	2815.7	3597.1	3591.3	4563.4	5739.9
93.5%	1815.1		2719.6	2714.1	2330.5	2316.5	2988.8	2911.4	3697.0	3666.3	4500.9	5829.2
94.0%	1839.9		2722.8	2783.7	2381.4	2366.6	3080.1	3007.0	3756.0	3733.2	4438.3	5918.4
94.5%	1900.9		2725.9	2896.6	2466.6	2416.7	3171.3	3097.0	3856.0	3800.1	4654.5	6018.8
95.0%	1961.9		2729.0	3009.4	2551.7	2485.1	3262.6	3186.9	3965.0	3867.0	4820.2	6129.5
95.5%	2015.6		2732.2	3016.8	2581.4	2553.5	3353.8	3276.9	4073.9	3933.9	5125.9	6240.3
96.0%	2117.5		2735.3	3024.2	2611.1	2621.8	3445.1	3337.0	4182.9	4089.1	5431.6	6351.0
96.5%	2219.3		2812.1	3031.5	2744.2	2690.2	3547.3	3433.1	4274.4	4244.3	5737.3	6461.7
97.0%	2283.7		2888.9	3038.9	2877.3	2851.1	3649.6	3570.4	4365.8	4457.4	6043.0	6608.1
97.5%	2369.2		2972.5	3046.3	3018.1	2975.3	3751.8	3707.6	4553.1	4670.4	6348.7	6754.5
98.0%	2454.7		3100.9	3135.5	3158.8	3099.4	3831.8	3954.1	4740.4	4883.5	6534.0	6816.0
98.5%	2633.6		3312.5	3272.9	3384.9	3294.1	4186.8	4200.5	4927.7	5096.5	6719.3	7156.0
99.0%	2842.1		3477.7	3417.0	3610.9	3488.7	4381.8	4447.0	5115.0	5309.6	6904.6	7495.9

Tabella 30: Giacenze medie Domanda 8

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%				2508.2		2195.7		2871.8	3654.0		4416.3	5229.9
92.5%				2599.4	2306.0	2274.3		2929.6	3766.9		4354.5	5666.5
93.0%			2773.3	2690.6	2360.7	2352.8	3030.4	2987.4	3879.7	3710.4	4292.7	5754.5
93.5%			2855.1	2803.2	2415.3	2407.0	3110.2	3042.6	3931.3	3830.4	4499.6	5842.5
94.0%			2858.6	2915.7	2474.4	2461.2	3182.7	3138.3	3982.9	3950.4	4559.4	5930.5
94.5%			2862.2	2919.4	2558.2	2515.4	3255.2	3244.7	4034.5	4034.6	4668.9	6102.7
95.0%			2865.7	2923.1	2641.9	2569.6	3335.2	3351.1	4134.5	4118.7	4943.6	6274.8
95.5%			2869.3	2926.9	2750.1	2623.8	3410.0	3448.3	4247.6	4202.9	5218.2	6316.5
96.0%			2872.8	2930.6	2826.0	2712.6	3484.9	3545.4	4360.6	4287.0	5492.9	6525.1
96.5%			2963.1	2934.3	2901.9	2814.4	3559.7	3642.6	4502.4	4440.3	5767.6	6601.0
97.0%			3053.3	2982.2	2977.8	2916.1	3739.6	3739.7	4644.2	4593.7	6042.2	6734.2
97.5%			3143.6	3124.9	3164.4	3120.7	3943.1	3836.9	4802.7	4747.0	6316.9	6986.3
98.0%			3339.0	3267.5	3259.4	3259.5	4146.6	3992.2	4945.1	5083.0	6591.5	7238.4
98.5%			3534.4	3434.2	3431.4	3398.2	4366.8	4525.7	5087.4	5291.5	6866.2	7490.5
99.0%			3694.0			3797.2	4586.9		5272.3		6968.6	7564.0

Tabella 31: Giacenze medie Domanda 9

Liv Servizio	Lean_0,2_0	Lean_0,2_1	Lean_0,4_0	Lean_0,4_1	Lean_0,6_0	Lean_0,6_1	Lean_0,8_0	Lean_0,8_1	Lean_1_0	Lean_1_1	VIS	EOQ
92.0%	1736.9			2471.1			2887.0			3561.7		
92.5%	1771.0			2520.7	2220.1		2959.5	2886.9		3681.6		
93.0%	1805.1	1763.9	2649.0	2560.7	2247.1	2286.0	3073.6	2966.4	2617.0	3759.1	4535.2	5694.5
93.5%	1871.2	1823.9	2755.2	2666.1	2274.0	2314.4	3271.4	3037.7	3774.4	3836.5	4690.0	5811.8
94.0%	1928.4	1880.4	2850.2	2742.6	2366.5	2356.9	3469.2	3093.2	3874.4	3914.0	4731.4	5929.1
94.5%	1969.4	1908.5	2858.3	2763.6	2459.0	2419.7	3217.6	3190.6	3981.9	3991.4	4772.7	5998.0
95.0%	2010.3	1936.5	2866.5	2784.6	2526.8	2482.5	3297.4	3270.4	4089.4	4068.9	4814.1	6134.6
95.5%	2051.3	2013.8	2874.6	2805.6	2594.6	2558.6	3378.2	3360.0	4196.9	4176.5	4858.4	6271.2
96.0%	2131.3	2087.0	2882.7	2826.5	2662.4	2634.6	3445.0	3449.6	4292.6	4284.2	5359.0	6407.8
96.5%	2211.3	2180.6	2890.9	2847.5	2746.1	2710.7	3524.9	3496.7	4388.2	4391.8	5859.6	6552.7
97.0%	2341.0	2299.7	2899.0	2868.5	2829.7	2806.5	3669.2	3639.4	4483.9	4499.5	6360.2	6697.5
97.5%	2399.4	2358.8	2995.1	2916.5	2916.7	2949.0	3813.5	3782.0	4627.2	4607.1	6494.9	6844.2
98.0%	2457.8	2417.9	3124.2	3096.1	3136.8	3088.6	3957.8	3924.7	4770.5	4834.5	6673.1	7123.6
98.5%	2624.9	2561.6	3329.9	3281.4	3360.8	3481.2	4189.1	4096.3	5010.3	5061.9	6851.2	7402.9
99.0%	2818.3	2747.3	3470.1	3400.5		3729.2	4461.6	4443.4	5454.4		7029.4	7682.3

Tabella 32: Giacenze medie Domanda 10

APPENDICE B: TABELLE DI TRASPORTI (AUTOMEZZO 450 PEZZI)

EOQ	0,92-0,94	0,94-0,96	0,96-0,98	0,98-1
DOM 1	3866.4	3854.4	3868.3	3772.3
DOM 2	3853.0	3911.0	3943.5	3859.8
DOM 3	3914.8	3892.5	3864.2	3800.1
DOM 4	3794.8	3832.8	3889.0	3792.0
DOM 5	3825.7	3768.5	3798.1	3742.2
DOM 6	3860.0	3823.0	3805.9	3769.0
DOM 7	3837.0	3809.7	3862.1	3770.8
DOM 8	3910.7	3793.5	3821.1	3748.0
DOM 9	3919.7	3851.6	3850.2	3763.6
DOM 10	3820.5	3744.5	3778.6	3689.5
MEDIA	3860.2	3828.2	3848.1	3770.7

Tabella 33: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo EOQ

VIS	0,92-0,94	0,94-0,96	0,96-0,98	0,98-1
DOM 1	3917.6	3905.8	3818.4	3753.1
DOM 2	3943.8	3939.5	3851.7	3824.9
DOM 3	3955.0	3889.2	3811.6	3804.1
DOM 4	3870.0	3847.3	3757.2	3709.0
DOM 5	3812.3	3823.9	3743.8	3741.3
DOM 6	3821.2	3830.3	3751.7	3761.8
DOM 7	3908.3	3887.8	3819.8	3759.8
DOM 8	3845.3	3858.3	3780.0	3730.0
DOM 9	3901.1	3892.3	3834.0	3741.8
DOM 10	3790.0	3821.8	3754.0	3676.7
MEDIA	3876.5	3869.6	3792.2	3750.2

Tabella 34: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Visibility

LEAN NON AGG	0,92-0,94	0,94-0,96	0,96-0,98	0,98-1
DOM 1	4899.0	4854.1	4783.2	4742.8
DOM 2	4955.4	4911.2	4826.4	4766.3
DOM 3	4910.6	4841.2	4803.6	4767.4

DOM 4	4713.6	4664.5	4625.2	4593.2
DOM 5	4809.4	4762.6	4720.4	4683.9
DOM 6	4898.1	4853.2	4784.7	4748.1
DOM 7	4848.7	4802.0	4769.3	4742.9
DOM 8	4882.8	4843.1	4775.8	4731.1
DOM 9	4896.6	4825.2	4784.6	4754.2
DOM 10	4854.2	4819.8	4753.0	4723.4
MEDIA	4866.8	4817.7	4762.6	4725.3

Tabella 35: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Lean Non Aggregato

LEAN AGG	0,92-0,94	0,94-0,96	0,96-0,98	0,98-1
DOM 1	4188.5	4129.7	4117.4	4099.9
DOM 2	4233.8	4184.0	4168.7	4147.6
DOM 3	4191.9	4137.5	4114.9	4102.4
DOM 4	4149.8	4129.9	4075.5	4061.8
DOM 5	4139.0	4119.8	4072.4	4051.4
DOM 6	4170.8	4113.7	4094.3	4071.0
DOM 7	4199.9	4174.8	4114.4	4092.4
DOM 8	4165.1	4105.6	4101.9	4075.3
DOM 9	4192.5	4129.3	4109.9	4091.8
DOM 10	4135.9	4124.8	4071.0	4059.6
MEDIA	4176.7	4134.9	4104.0	4085.3

Tabella 36: Trasporti totali per ogni Domanda con metodo Lean Aggregato

RINGRAZIAMENTI

Prima di iniziare con i ringraziamenti personali, porgo un ringraziamento sentito al Professore Alberto Portioli Staudacher e al suo dottorando Matteo Rossini, per la disponibilità e l'impegno dimostrato per il mio lavoro. Per il loro supporto nello svolgimento di questa tesina, per le competenze messe a disposizione e per il costante aiuto che mi hanno fornito durante questi mesi di lavoro.

Ringrazio anche il Politecnico di Milano, per avermi accolto e la Universidad Nacional de Cuyo per avermi dato la possibilità di fare una indimenticabile esperienza all'estero. Ai compagni di classe e ai professori che sono stati sempre disponibili e mi hanno sempre fornito di aiuto sia nello studio come nella vita di tutti i giorni.

Passando adesso ai ringraziamenti personali, chiedo scusa ai lettori ma saranno fatti in modo che i destinatari possano leggerli:

En primer lugar al Barba; A mis viejos, Pablo y Mónica, a mis hermanos María y Lucas y a Pau, por siempre confiar en mí, por estar a mi lado en los momentos buenos y en los malos, por tratar de acompañarme en éste camino a pesar de los miles de kilómetros que nos separan y por enseñarme a nunca bajar los brazos. Al resto de mi familia que a pesar de que no siempre estamos juntos, sé que tengo su apoyo en todo momento y han estado siempre esperando mis noticias.

A mis hermanos del corazón, mis amigos que siempre están aunque no hablemos todos los días, a Agu, Edu, Maxi y Pichu. Al resto de Los pibes, que siempre han estado bancándome. A Agu, mi gran amiga de la vida.

To my "bro" Vlado, who was my close friend and a "brother" during these two years away from home.

A los grandes amigos que me han dejado éstos dos años, Hugo, Vale y al gran Elio. A Lorenzo ed Alex, con i quali ho vissuto un anno della mia vita.

To all the new friends from all over the world, some of them that I still speak to and to all of them that even if now I don't speak a lot, for some moments took me a smile and we spent a nice moment together. A tutti i miei cari amici italiani, a ESN per accogliermi sempre, per aiutarmi a conoscere gente, a viaggiare e a trascorrere indimenticabili serate insieme a tanti altri studenti.

Di nuovo a Matteo, che a volte, ovvero, taaaaante volte ho disturbato per i dati, per qualche aiuto con il testo, fra tante altre domande che li ho fatto.

A mis compañeros de la facu y que con el tiempo han sido mis amigos en ésta etapa, a Bruno, Concha, Marian y Diego, que si bien con algunos estuve acá, siempre se extraña el estar juntos.

A todos los que hicieron posible ésto, en todo sentido;

A Hugo Martínez, Florencia Turco y Ricardo Palma que siempre han estado a mi disposición en Mendoza.

A mi querida Mendoza y a mi Argentina, que a pesar de todo lo que nos pasa siempre tratamos de salir adelante!!