



Università Politecnica delle Marche

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

Aspetti logistico distributivi delle filiere agroalimentari.

Distribution logistics aspects of the agro-food supply chains.

Relatore:

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Antonio D'Aprile

Anno Accademico 2018/ 2019

INDICE:

INTRODUZIONE.....	4
IL SISTEMA AGROALIMENTARE GLOBALE.....	5
L'IMPORTANZA DEL CONTROLLO QUALITA' DELLA CATENA	6
LE FILIERE AGROALIMENTARI.....	7
DEFINIZIONE DI UNA CATENA DI FORNITURA (SUPPLY CHAIN)	7
AGRO FOOD SUPPLY CHAIN (AFSC).....	9
PROGETTAZIONE DELLE CATENE DI FORNITURA	13
SELEZIONE DELLE TECNOLOGIE AGRICOLE.....	14
STRUTTURA DI UNA AFSC.....	15
FLUSSI NELLE RETI AGROALIMENTARI	16
MODELLO FAN	18
INDICATORI DEL MODELLO FAN.....	18
LOGISTICA E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	21
DEFINIZIONE DI LOGISTICA.....	21
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	22
FASI DEL PERCORSO EVOLUTIVO DEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	23
ATTIVITA' LOGISTICHE	24
PUNTO DI DISACCOPIAMENTO DELL'ORDINE DEL CLIENTE	27
EFFICIENZA DEI SISTEMI LOGISTICI BASATA SULL'INTEGRAZIONE DELLE CATENE DI APPROVVIGIONAMENTO	29
CONCLUSIONI.....	35
RIFERIMENTI	Error! Bookmark not defined.

INTRODUZIONE

Nella gestione delle catene di fornitura tradizionali, al giorno d'oggi, esistono strumenti e tecniche, utilizzate dalle aziende, che hanno contribuito al raggiungimento di livelli di prestazione elevate nei diversi settori delle filiere. Questi concetti entrano a far parte del Supply Chain Management, che negli ultimi anni ha assunto un ruolo fondamentale per il miglioramento delle funzioni logistiche e per l'integrazione delle operazioni su tutti i livelli della gestione dei sistemi logistici, rendendo le filiere estremamente flessibili, reattive e ad un basso costo, al fine di soddisfare costantemente mutevoli esigenze dei consumatori. In questo contesto, la progettazione, lo sviluppo e il funzionamento delle catene di approvvigionamento agroalimentari efficienti (AFSC) hanno iniziato a soddisfare un crescente interesse nell'ambito della gestione moderna. In questa tesi sono illustrati i diversi aspetti della filiera agroalimentare, la Supply Chain Management e l'integrazione tra le diverse aree operative che fanno parte della gestione di questo settore.

IL SISTEMA AGROALIMENTARE GLOBALE

Una serie di tendenze recenti che includono la globalizzazione, l'urbanizzazione e l'agro-industrializzazione, stanno ponendo crescenti richieste all'organizzazione delle catene e delle reti agroalimentari. Il cibo e le reti e le catene di approvvigionamento e le reti agroalimentari, che tendenzialmente erano caratterizzate principalmente dall'autonomia e dall'indipendenza degli attori, sono ora in rapida evoluzione verso un'interconnessione globale sistemi con una grande varietà di relazioni complesse. Questo sta influenzando anche i modi in cui gli alimenti sono prodotti, trasformati e consegnati al mercato. I prodotti alimentari deperibili possono oggi vengono spediti da metà del mondo a prezzi abbastanza competitivi. Domanda e non sono più limitati a nazioni o regioni, ma sono diventati processi internazionali. Il mercato esercita una duplice pressione sulle catene agroalimentari, costringendo a un migliore coordinamento tra compratori e venditori e la continua innovazione. Quest'ultima comprende lo sviluppo e l'innovazione continua, miglioramento della qualità, della logistica e dei sistemi di informazione. Le aziende devono soddisfare le crescenti richieste dei consumatori di tutto il mondo, Organizzazioni non governative (ONG) e altri attori della catena agroalimentare e deve reagire ai cambiamenti di governo. Nel mondo occidentale, le aziende devono oggi ottenere una "licenza di produzione". Cioè la società deve adattare il modo in cui producono e consegnano i loro beni. Se la produzione è realizzato con metodi discutibili, ad esempio il lavoro minorile, l'inquinamento ambientale, ecc, i loro prodotti non saranno accettati. In un sistema agroalimentare globale, le aziende devono lavorare continuamente sulle innovazioni di prodotti, processi e forme di cooperazione. Altre questioni classiche come il prezzo e la qualità sono più importanti che mai, poiché i consumatori possono ora scegliere tra un numero crescente di prodotti offerti da catene concorrenti. I paesi in via di sviluppo si stanno integrando in modo crescente nel mercato alimentare globale a causa dell'approvvigionamento globale dei rivenditori occidentali e delle industrie alimentari e all'aumento di domanda dei consumatori nei paesi occidentali per tutto l'anno di prodotti esotici. Un consumatore che visita un supermercato a Roma, in Italia o ad Amsterdam nei Paesi Bassi, può trovare papaya dal Brasile, caffè speciali dalla Tanzania, carne di manzo dall'Argentina, mango dall'India o riso dalla Thailandia, tra molti altri alimenti importati da un numero diverso di paesi in via di sviluppo paesi. Ciò significa,

tuttavia, che i paesi in via di sviluppo devono adattarsi alla rigorosa qualità e norme e regolamenti di sicurezza in questi mercati. Devono anche ottenere un migliore controllo della produzione, del commercio e della distribuzione dei loro prodotti agricoli al fine di garantire tracciabilità e operatività in ambito economico, in modo da competere nel mercato globale. Un importante ostacolo per i produttori dei paesi in via di sviluppo è la mancanza di istituzioni, servizi di supporto e infrastrutture. Per esempio molti i paesi c'è una carenza di personale e strutture di laboratorio adeguatamente qualificate, per il controllo della qualità e per la semplificazione della gestione. Tutti questi sviluppi pongono requisiti dinamici sulle prestazioni del sistema agroalimentare, innescando così un riorientamento delle aziende per quanto riguarda i loro ruoli, attività e strategie, sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. È necessario che la Supply Chain Management sia in grado di far fronte questi cambiamenti. La cooperazione è necessaria per soddisfare le richieste del mercato e per ottenere consegne reattive, bassi costi, ed alta qualità.

L'IMPORTANZA DEL CONTROLLO QUALITÀ DELLA CATENA

L'autonomia e l'indipendenza delle filiere alimentari internazionali si stanno spostando verso sistemi interconnessi con una grande varietà di relazioni complesse. Cambiamenti nell'approvvigionamento, nella produzione e nella commercializzazione a seguito della crescente globalizzazione del commercio alimentare portano a esposizione a nuovi rischi e maggiori potenziali conseguenze di epidemie di malattie di origine alimentare. Nell'ultimo decennio sono aumentate le preoccupazioni in merito alla qualità e alla sicurezza degli alimenti consumatori. Diverse crisi settoriali, come la crisi della BSE, la diossina ecc in Europa hanno alimentato queste preoccupazioni. I consumatori nei paesi industrializzati sono diventati più consapevoli dei potenziali rischi alimentari attraverso una maggiore copertura mediatica. Regolamenti e normative nazionali e internazionali nell'area di qualità e sicurezza degli alimenti sono istituiti da agenzie regolatorie nazionali e internazionali. Ad esempio, nel gennaio 2005, l'Unione europea ha introdotto la legislazione alimentare generale, che esige una più rigorosa garanzia di qualità e tracciabilità dei prodotti. Qualità del cibo e la sicurezza alimentare sono diventati anche un elemento integrante della maggior parte dei grossisti e dei rivenditori nelle strategie aziendali. Questi sviluppi indicano che le strategie aziendali devono ora prestare attenzione non solo agli aspetti economici e tecnologici tradizionali, ma anche ad aspetti

come la sicurezza, la salubrità, il gusto, i benefici nutrizionali e la freschezza dei prodotti alimentari; a allo stesso tempo, passando dalla produzione principalmente alla rinfusa alla produzione di alimenti speciali ad alto valore aggiunto. Perciò diventa importante per tutte le aziende ottenere alimenti sicuri e di alta qualità per i consumatori.

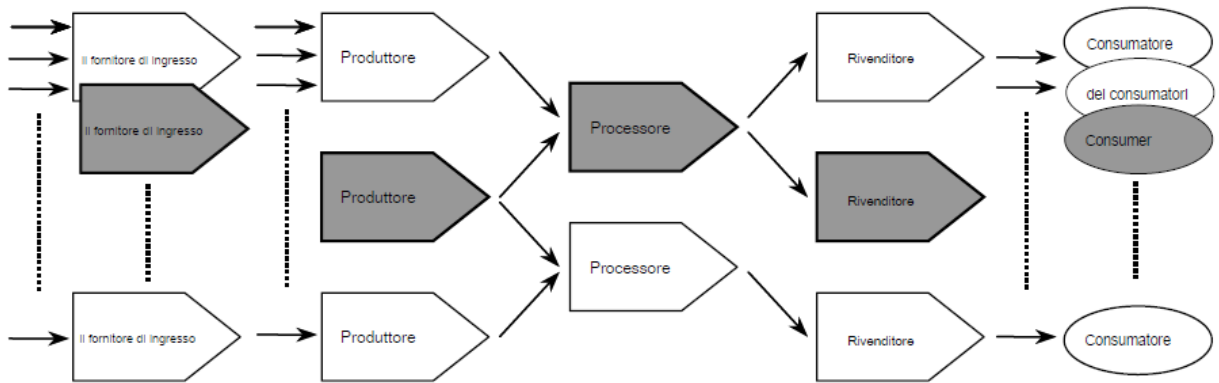
LE FILIERE AGROALIMENTARI

DEFINIZIONE DI UNA CATENA DI FORNITURA (SUPPLY CHAIN)

Una catena di fornitura o supply chain, può essere definita come una sequenza di processi (decisione ed esecuzione) e flussi che mirano a soddisfare le esigenze dei clienti

finali, che avvengono all'interno e tra i diversi stadi, dalla produzione al consumo finale. La catena di distribuzione comprende non solo il produttore ed i suoi fornitori, ma anche, a seconda dei flussi logistici, trasporti, magazzini, rivenditori e consumatori. In senso più ampio, la Supply Chain include anche lo sviluppo di nuovi prodotti, marketing, distribuzione, finanza e servizio clienti.

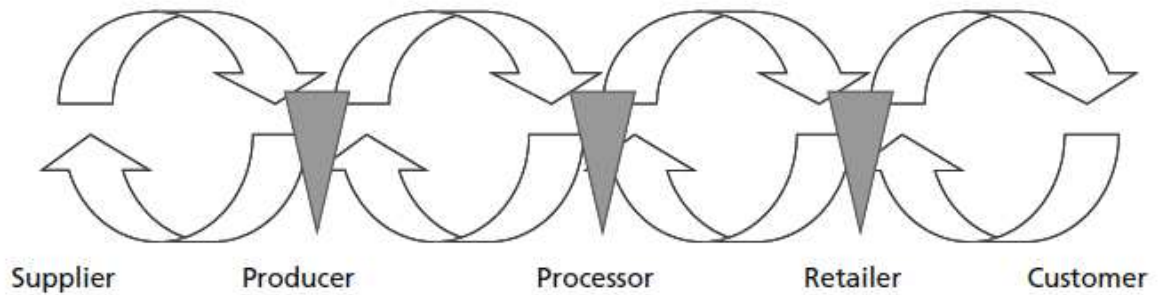
Fig.1:



La tabella mostra quello che viene normalmente indicato come una “rete Supply Chain totale”. In tale rete, ciascuna impresa appartiene ad almeno una Supply Chain; vale a dire che di solito ha più fornitori e clienti.

Una visione tradizionale di una Supply Chain è il cosiddetto 'ciclo vista' (cycle view). Nel ciclo vista, i processi in una Supply Chain sono suddivisi in una serie di cicli, ciascuno eseguito all'interfaccia tra due fasi successive (Figura 2). Ciascun ciclo è disaccoppiato dagli altri cicli tramite un inventario, in modo che possa funzionare in modo indipendente, ottimizzare i propri processi e non è ostacolato da 'problemi' in altri cicli. Ad esempio, si può pensare a un ciclo in cui le scorte dei rivenditori vengono reintegrate consegnando i prodotti provenienti dall'inventario dei prodotti finali di un processore. Un altro ciclo si occupa di rifornire l'inventario del processore, attraverso la produzione di nuovi prodotti finiti. Una visione a ciclo della catena di fornitura definisce chiaramente i processi coinvolti e i proprietari di ogni processo, i loro ruoli e le loro responsabilità.

Fig.2:



AGRO FOOD SUPPLY CHAIN (AFSC)

Solo negli ultimi dieci anni l'industria agroalimentare ha riconosciuto e iniziato ad adottare la SCM come concetto chiave per la sua competitività. La rapida industrializzazione della produzione agro-culturale, l'oligopolio nel settore della distribuzione alimentare, il progresso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) nella logistica, le preoccupazioni dei clienti e le norme governative in materia di sicurezza alimentare, la definizione di requisiti di qualità alimentare specifici, l'emergere di forme moderne di distribuzione alimentare, la crescente importanza dell'integrazione verticale e delle alleanze orizzontali, così come l'emergere di molte multinazionali, sono solo alcune delle sfide reali che hanno portato all'adozione della Supply Chain nel settore agroalimentare. In generale, un Agro Food Supply Chain è costituito da un insieme di attività in una sequenza "dal campo alla tavola" che comprende l'agricoltura (cioè la coltivazione della terra e la produzione di colture), la trasformazione/produzione, il controllo, il confezionamento, il magazzinaggio, il trasporto, la distribuzione e la commercializzazione, supportate da servizi logistici, finanziari e tecnici, che supportano cinque tipi di flusso:

- (i) flussi fisici di materiali e prodotti,
- (ii) flussi finanziari,
- (iii) flussi di informazioni,
- (iv) flussi di processo,
- (v) flussi di energia e risorse naturali.

Queste attività, servizi e flussi sono integrati in un gruppo di ricerca istituzionale, industrie, produttori/agricoltori, cooperative agricole, intermediari,

produttori/trasformatori, trasportatori, commercianti (esportatori/importatori), grossisti, dettaglianti e consumatori . Inoltre, la continua evoluzione degli AFSC e la complessità generale dell'ambiente agroalimentare insieme alle tendenze del mercato globale evidenziano ulteriormente la necessità di integrare i singoli AFSC in un concetto unificato di approvvigionamento agroalimentare. La struttura, le relazioni strategiche e le collaborazioni tra le imprese sono dominanti, mentre sono necessarie per garantire l'identità e l'autonomia del marchio . Una configurazione concettuale degli AFSC è descritta in Fig. 3. Gli attori coinvolti nel sistema AFSC possono essere generalmente divisi in autorità pubbliche e stakeholder privati. La prima categoria comprende principalmente i governi nazionali e i ministeri associati, autorità amministrative e normative (regionali, distrettuali, urbane), così come organizzazioni internazionali (ad esempio, Food and Agriculture Organization). Quest'ultima categoria comprende singoli agricoltori/coltivatori, cooperative, industrie chimiche, istituti di ricerca e centri di innovazione, industrie agroindustriali e di trasformazione, commercianti alimentari, fornitori di servizi logistici, trasportatori, negozi alimentari e catene di supermercati, nonché istituzioni finanziarie. In questo contesto, imprese agro-industriali e dettaglianti altamente concentrate si sono recentemente trasformate in attori dominanti nel settore agroalimentare, mentre il settore pubblico è emerso come un fattore chiave di governance ; inoltre, gli AFSC presentano una serie di caratteristiche uniche che li differenziano dalle classiche reti di approvvigionamento e aumentano la necessità di speciali capacità manageriali. Indicativamente, gli AFSC sono caratterizzati da:

- i. natura unica dei prodotti in quanto nella maggior parte dei casi si riferiscono a beni a breve ciclo di vita,
- ii. elevata differenziazione dei prodotti,
- iii. stagionalità delle operazioni di raccolta e produzione,
- iv. variabilità della qualità e quantità dei fattori di produzione e delle rese di lavorazione,
- v. requisiti specifici relativi al trasporto, alle condizioni di stoccaggio, alla qualità e al riciclaggio dei materiali,
- vi. necessità di rispettare la legislazione nazionale/internazionale, i regolamenti e le direttive sulla sicurezza alimentare e la salute pubblica,

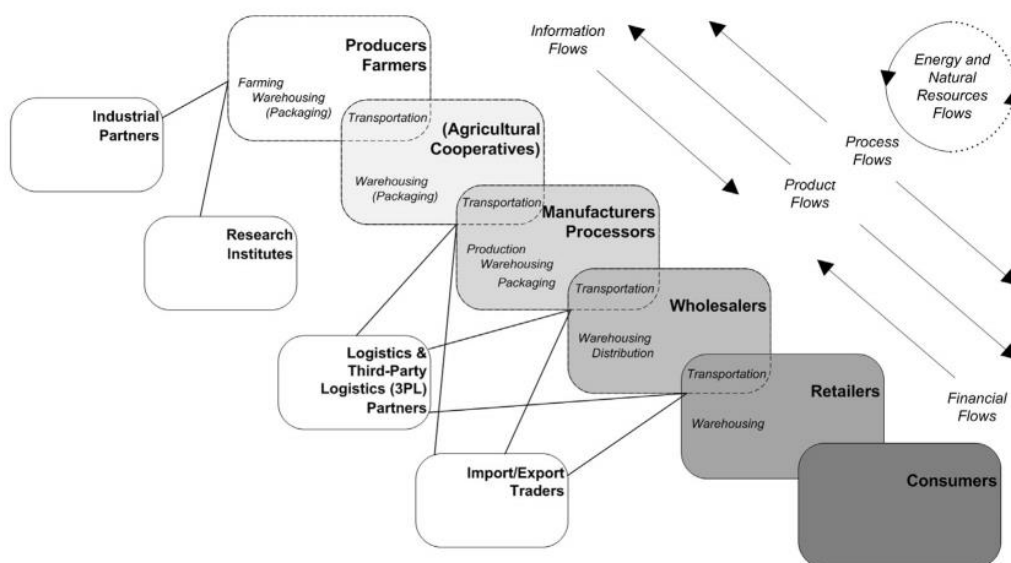
- nonché le questioni ambientali (vi. necessità di rispettare la legislazione nazionale/internazionale, i regolamenti e le direttive riguardanti la sicurezza alimentare e la salute pubblica, nonché le questioni ambientali),
- vii. necessità di attributi specializzati, come la tracciabilità e la visibilità,
 - viii. necessità di alta efficienza e produttività delle attrezzature tecniche costose, nonostante i lunghi tempi di produzione,
 - ix. maggiore complessità delle operazioni, ex. l'esistenza di notevoli vincoli di capacità.

Infine, gli AFSC si stanno evolvendo dinamicamente nel tempo per seguire i cambiamenti incessanti nell'ambiente agroalimentare in senso lato.

Nei prossimi anni, gli AFSC moderni dovranno affrontare le grandi sfide: rapida urbanizzazione, crescita e liberalizzazione dei fattori e dei mercati interni/globali, diminuzione dei finanziamenti pubblici, emergere di SC globalizzate, preoccupazioni per la qualità e la sicurezza alimentare, cambiamenti tecnologici e in agricoltura (ad esempio agricoltura di precisione), debolezza della popolazione rurale regionale per soddisfare i requisiti posti dalle imprese dominanti, effetti del cambiamento climatico sull'agricoltura e l'istituzione di pratiche di responsabilità sociale delle imprese (RSI). Pertanto, il riconoscimento delle questioni più critiche che devono essere affrontate da tutti gli stakeholder dell'AFSC verso un processo decisionale integrato emerge come un prerequisito per l'invecchiamento di queste complesse catene di approvvigionamento a più livelli e per garantirne l'efficienza e la sostenibilità complessiva.

Gli Agro Food Supply Chain sono catene di fornitura in cui gli agromateriali sono convertiti in una serie di prodotti semilavorati e prodotti finiti.

Fig.3:



A causa della dipendenza degli Agro Food Supply Chain dagli agromateriali, dalla stagionalità e dalle differenze regionali, assume un ruolo importante la gestione di tali sistemi. Le colture prodotte dagli agricoltori sono disponibili solo in una determinata regione per un periodo di tempo limitato in cui devono essere raccolte. La resa e la qualità della coltura raccolta dipendono dalla sua maturità, dalle condizioni climatiche e dalle variazioni naturali della coltura stessa. Di conseguenza, l'offerta nelle AFSC dipende dal tempo e dalla regione, ed è incerta in termini di tempo, quantità e qualità. La qualità degli agromateriali raccolti si deteriora nel tempo e le operazioni logistiche come il trasporto, lo stoccaggio e la lavorazione influenzano anche la qualità. In diversi punti della catena di fornitura sono richiesti livelli minimi di qualità. Pertanto, il decadimento della qualità è legato alla configurazione della filiera, e la deperibilità è importante da tenere in considerazione nella progettazione dell'AFSC. Inoltre, la lavorazione degli agromateriali porta ad una gamma di prodotti. La resa di trasformazione e la qualità di questi prodotti è incerta a causa della naturale variabilità e le possibilità di

trasformazione e di stoccaggio dei prodotti dipendono dal tipo di processo (cioè dalla combinazione di tecnologie utilizzate) per la reazione di conversione degli agromateriali in prodotti. Percorsi di lavorazione che riducono il decadimento della qualità potrebbero essere utilizzati in prossimità della fornitura degli agromateriali, per ottenere prodotti stabili. I percorsi che aumentano il decadimento della qualità sono meglio localizzati vicino ai clienti finali e cronometrati in base alla domanda, per evitare inutili perdite di qualità. L'interazione con le caratteristiche stagionali, regionali e deperibili rende quindi la lavorazione un elemento importante nella progettazione degli AFSC.

PROGETTAZIONE DELLE CATENE DI FORNITURA

Nella progettazione strategica e nella riprogettazione delle catene di fornitura, il numero, la capacità e l'ubicazione degli impianti di trattamento da utilizzare devono essere determinati; come ripartire l'offerta e la domanda; e nel caso, quale via di trattamento da utilizzare. La stagionalità della fornitura è spesso esclusa dalla portata della progettazione AFSC, e la disponibilità di materie prime nel tempo è considerata come un dato di fatto. I modelli di ottimizzazione SC che tengono conto della stagionalità utilizzano più periodi di tempo relativi alle stagioni per consentire le differenze tra questi periodi.

La disponibilità di materie prime legate alle decisioni di raccolta viene principalmente studiata all'interno di una configurazione SC fissa, che disaccoppia queste decisioni dal determinare l'ubicazione e la capacità di impianti di lavorazione. Tuttavia, la natura deperibile degli agromateriali raccolti nelle AFSC richiede un'integrazione tra queste decisioni. Nel contesto del controllo della rete, la deperibilità è modellata utilizzando funzioni di conservazione fissa (ad esempio, i prodotti scadono dopo un certo numero di periodi di tempo) o funzioni di decadimento (ad esempio, ogni periodo di tempo una certa percentuale di prodotti scade, o la qualità si degrada in base a una distribuzione sottostante e i prodotti al di sotto di un livello di qualità minima sono considerati scaduti). Si può osservare una lacuna nell'integrazione dei dati in input con la progettazione degli AFSC, tenendo conto delle caratteristiche specifiche identificate degli AFSC. Colmare questa lacuna potrebbe sostenere le imprese industriali

agroalimentari nell'identificazione di configurazioni competitive delle catene di fornitura.

SELEZIONE DELLE TECNOLOGIE AGRICOLE

Le tendenze odierne verso colture diversificate, standard di qualità, maggiori preoccupazioni ambientali, biologiche e meteorologiche implicazioni e norme di sicurezza dettano la necessità di attenta selezione delle tecnologie agricole da impiegare. A tal fine, le tecnologie agricole vanno da macchine agricole tradizionali a sofisticate applicazioni informatiche.

Le principali decisioni coinvolte nel processo di selezione delle tecnologie agricole sono:

- Determinazione dei requisiti patrimoniali e delle spese per le attrezzature agricole;
- Sviluppo di schemi cooperativi nell'utilizzo di macchine agricole;
- Adozione di applicazioni agricole innovative.

Le politiche appropriate dovrebbero tener conto del tipo di impianto, delle pratiche di lavorazione del terreno, dei metodi di raccolta, dei costi di proprietà, dei costi operativi, dei costi del lavoro e dei costi di tempestività. Inoltre, i fattori che influenzano ulteriormente la selezione delle tecnologie agricole comprende tra l'altro, la dimensione della produzione di resa, la qualità richiesta dei prodotti agricoli, la variabilità delle condizioni meteorologiche e del suolo. Le tecnologie agricole assicurano la fornitura ininterrotta di beni adeguati affinché un particolare AFSC possa rispondere alla domanda di mercato sull'orizzonte strategico. Nella letteratura, ci sono modelli quantitativi ben documentati che trattano il livello ottimale di meccanizzazione delle aziende agricole in relazione al requisito patrimoniale, efficienza economica e utilizzo della capacità.

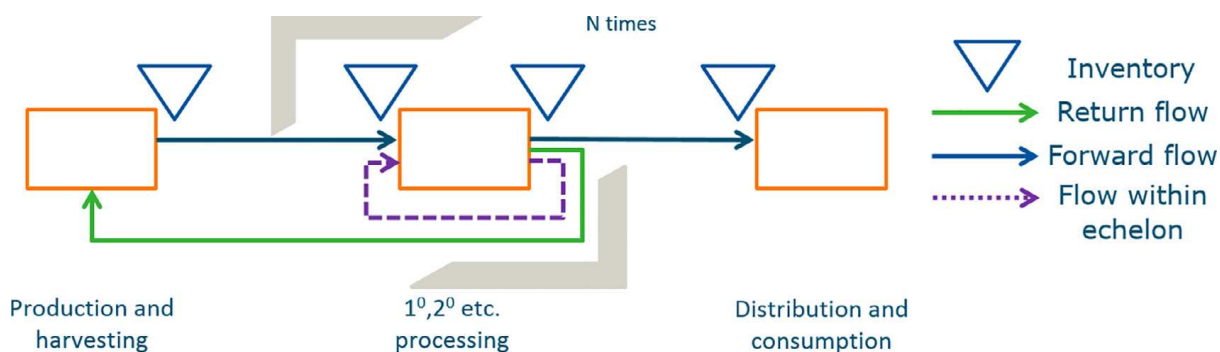
Inoltre, molti ricercatori hanno sottolineato l'importanza di cooperazione nell'utilizzo dei macchinari per trarne vantaggio finanziariamente, soprattutto nel caso di aziende agricole di piccole e medie dimensioni, che sono caratterizzate da fattori agricoli comuni come i tipi di colture, le dimensioni dell'azienda agricola e il tipo di terreno (ad esempio Abebaw & Haile, 2012; Aurbacher, Lippert, & Dabbert, 2011; De Torro & Hansson, 2004).

Alcuni ricercatori si occupano anche di studi all'avanguardia nel settore l'integrazione di approcci innovativi applicati tecnologie agricole. Robotica e applicazioni per la produzione automatizzata, analisi delle immagini e rilevamento della qualità sono solo alcuni dei progressi radicali che sono stati sviluppati per la propagazione, raccolta, rifilatura e imballaggio, mungitura robotizzata e monitoraggio del bestiame (ad es. giorno, Field, & Jarvis, 2009; Mulla, 2013; Tong, Li e Jiang, 2013). Infine, l'utilizzo di tecnologie agricole di precisione (ovvero immagini satellitari e strumenti geospaziali) è emerso recentemente come mezzo per promuovere l'efficienza agricola e ambientale sostenibile.

STRUTTURA DI UNA AFSC.

In generale, l'AFSC è una SC multiprodotto che va dagli agricoltori che producono gli agromateriali ai clienti che acquistano i prodotti trasformati (fig. 4). Nella fase di produzione, le coltivazioni delle aziende agricole danno origine ad agromateriali al momento della maturazione della coltura. Questi agromateriali sono trasformati in prodotti semilavorati e prodotti finiti nella fase di prima trasformazione. I semilavorati possono quindi essere ulteriormente lavorati in fasi di lavorazione successive e tutti i prodotti finiti realizzati sono distribuiti ai clienti nei rispettivi mercati nelle fasi finali dell'AFSC. I principali flussi di merci sono quindi tra le fasi di produzione (agricoltori), trasformazione (industria agroalimentare) e distribuzione e consumo a valle (clienti). Anche se la letteratura presuppone generalmente una struttura centralizzata all'interno dell'industria di trasformazione, è possibile modificare le strutture native con il flusso di merci tra le sedi all'interno dell'industria di trasformazione. Inoltre, studi recenti hanno dimostrato la possibilità di utilizzare flussi inversi all'interno degli Food Supply Chain, compresi gli AFSC. Nell'ambito dell'AFSC, agricoltori e produttori sono interdipendenti, dando origine all'integrazione della SC. Dal punto di vista organizzativo ciò avviene, ad esempio, attraverso varie strutture cooperative in cui gli agricoltori si uniscono per lavorare insieme il raccolto e i trasformatori su larga scala che si avvalgono dell'agricoltura a contratto. Ciò fornisce anche una piattaforma per il processo decisionale integrato di SC e l'uso di strumenti e modelli correlati.

Fig.4:



FLUSSI NELLE RETI AGROALIMENTARI

Il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle risorse in agricoltura è fondamentale per la riduzione di pressioni sulle risorse naturali e per la valorizzazione della produttività agricola. I sistemi alimentari in molte regioni sono sempre più composti da fattorie altamente specializzate e collegate ai mercati globali, che sono in grado di creare disconnessioni spaziali tra i consumatori e gli impatti ambientali dell'agricoltura. La globalizzazione ha anche portato a massicci scambi di alimenti, mangimi e fertilizzanti in agricoltura. Tali flussi "lineari" tra le regioni possono esacerbare la dipendenza dei sistemi agricoli locali dagli input esterni diminuendo il riciclaggio locale. La dipendenza della gestione agricola dagli input esterni di fertilizzanti è particolarmente diffusa nei sistemi di allevamento del bestiame ed è stata riconosciuta come un fattore chiave per l'eutrofizzazione acquatica e per le emissioni di gas serra.

Mentre l'aumento della connettività creata dai flussi di materiali globali attraverso il commercio può sostenere un maggiore accesso alle risorse a prezzi più bassi, lo fa potenzialmente al costo di una minore autosufficienza locale e di una maggiore dipendenza dalle importazioni. Al contrario, maggiore ricorso allo scambio di materiali a livello locale (flussi "circolari") può contribuire a promuovere integrazione coltivazione-allevamento, riciclaggio efficiente dei rifiuti e alla produzione di energia attraverso biogas. L'economia circolare riflette l'ideale di massimizzare la circolarità dei flussi materiali coinvolti nelle attività economiche attraverso l'utilizzo di

risorse locali e un riciclaggio che riduce al minimo i rifiuti. Allo stesso modo, la bioeconomia riflette l'obiettivo di sostituire dipendenza dai combustibili fossili attraverso l'uso di risorse biologiche rinnovabili. Sia l'economia circolare che l'approccio della bioeconomia sono fondamentali per sviluppare un'agricoltura biologica più sostenibile e autonoma e circolare flussi di materiali. La progettazione e la valutazione di scenari alternativi dei flussi di materiali all'interno dei sistemi agroalimentari locali può aiutare i decisori a identificare i fattori riguardanti la fattibilità e i percorsi per muoversi verso un'economia circolare.

Tuttavia, la valutazione di scenari alternativi è messa in discussione dalla natura complessa delle reti agroalimentari, che riguardano i flussi e le relazioni tra i diversi operatori economici nel settore della produzione alimentare (ad esempio, aziende agricole, fornitori di fertilizzanti e mangimi, trasformatori di alimenti e gestori dei rifiuti). La modellazione delle interazioni simulano gli scambi di materiale tra gli operatori economici nelle reti agroalimentari. Questo è un approccio che aiuta a progettare, quantificare e valutare i potenziali vantaggi socioeconomici ed ecologici di un'economia sociale rivolta verso modelli di economia circolare.

La modellazione basata sull'agente (ABM) è particolarmente importante come strumento in quanto permette la simulazione di complesse reti di attori nei sistemi agricoli.

Attualmente, un numero relativamente piccolo di studi ha applicato la agent-based model (ABM) nei sistemi agroalimentari e, in genere, si concentrano su specifiche componenti del sistema. Ad esempio, la modellazione basata sugli agenti è stata applicata allo studio dei cambiamenti ambientali nei sistemi agricoli; sui mercati e sulle politiche agricole; sulla gestione delle acque in agricoltura; gestione dei rifiuti urbani. Per quanto ne sappiamo, i modelli basati sugli agenti non sono stati ancora applicati per simulare i flussi di materiali in una gamma più ampia di componenti di reti agroalimentari, compresi attori e materiali multipli.

Tale analisi olistica è fondamentale per affrontare il problema dell'agricoltura alternativa, strategie di sviluppo, riciclaggio dei rifiuti e la tutela dell'ambiente.

MODELLO FAN

Il FAN (Flows in Agro-food Networks) è un modello basato sugli agenti, che facilita la simulazione dei flussi di materiale organico e gli scambi tra attori a monte e a valle nelle reti agroalimentari.

Uno degli obiettivi distintivi del FAN è quello di essere in grado di simulare tutti gli scambi tra attori a monte e a valle nelle reti agroalimentari e i diversi flussi biologici su scala locale, vale a dire che avvengono in una determinata area geografica o piccola regione agricola. All'interno di questa scala locale, i diversi tipi di biomassa, i materiali che contengono sostanze nutritive, ovvero i fertilizzanti, foraggio, mangimi, alimenti e rifiuti sono considerati nel FAN. Cambiando gli attributi e il comportamento dell'agente (come la disposizione allo scambio, la fedeltà o il materiale), gli utenti che utilizzano il FAN possono esplorare scenari di diversi scambi di materiale.

Gli scenari simulati sono valutati attraverso una serie di scambi di materiale agricolo e gli indicatori ambientali inclusi nel modello sono collegati ai flussi di materiali. Gli indicatori supportano il calcolo della produzione alimentare (colture, animali e rifiuti) e prestazioni ambientali (uso delle risorse, perdite di nutrienti ed emissioni di gas a effetto serra). In questo modo, l'applicazione del FAN può produrre una valutazione dei risultati derivanti da interazioni multi-agente in termini di alimentazione locale e bioenergia, produzione, cicli dei nutrienti, emissioni di gas a effetto serra, e altro ancora in scenari definiti dall'utente. Il FAN è particolarmente utile nelle piccole regioni agricole caratterizzate da un'agricoltura intensiva.

INDICATORI DEL MODELLO FAN

Definiamo le reti agroalimentari come varie attività connesse alla produzione alimentare e al consumo su scala locale (Fig. 5). Queste reti comprendono le attività agricole e le perdite per l'ambiente a livello di azienda agricola, le interazioni tra le aziende agricole e i loro partner attraverso scambi di materiali, i rifiuti e il riciclaggio dei sottoprodotti. Nel FAN, gli alimenti, i mangimi e i rifiuti sono trattati

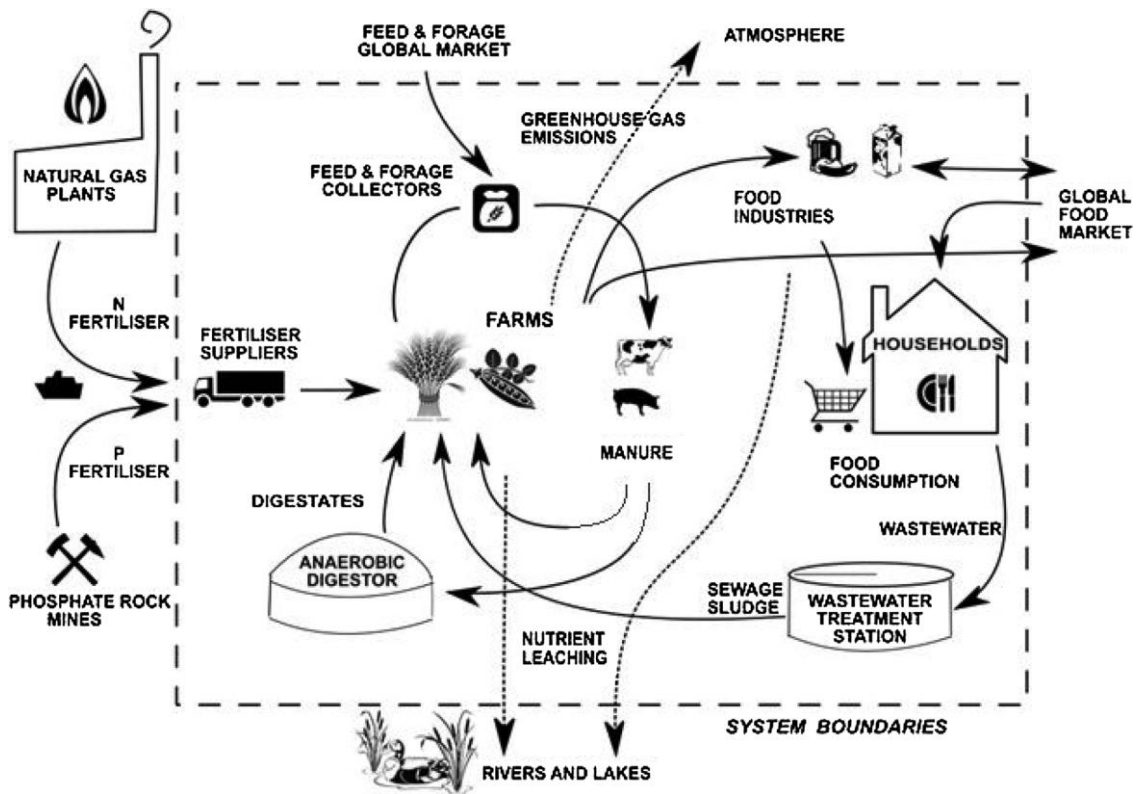
e scambiati tra le aziende agricole, e i loro partner a monte (fornitura di fattori di produzione) e partner a valle (che utilizzano l'output) hanno collegamenti diretti con tutte le aziende agricole della rete agroalimentare. Tra questi partner si annoverano fornitori di fertilizzanti, industrie alimentari e industrie per il trattamento di rifiuti.

Il background teorico del presente lavoro si ispira a principi dell'economia circolare volti a ridurre la produzione di rifiuti mediante il riciclaggio a livello locale e i principi della bioeconomia che mirano a massimizzarne l'uso di materiali organici invece di quelli non rinnovabili.

Le basi fondamentali per lo sviluppo di più sistemi agroalimentari a circuito chiuso possono essere simulati concentrandosi su scelte individuali degli agenti (ad esempio, sull'approvvigionamento dei materiali) a livello locale o attraverso scambi con i mercati globali. I parametri principali che guidano questi processi di scambio nel FAN sono scelte tra biologico rispetto all'uso di fertilizzanti chimici, l'uso di prodotti vegetali per l'alimentazione umana, alimentazione animale o produzione di energia basata sulla biomassa e sottoprodotti e strategie di gestione dei rifiuti. A sua volta, il modello può essere parametrizzato al fine di simulare scenari alternativi che analizzano l'evento, le conseguenze dei diversi flussi materiali sulla produzione agricola, e le proprietà ambientali sia a livello aziendale, che distrettuale.

I flussi di materiali alternativi hanno un impatto sulla produzione agricola (colture e animali), sulle perdite di nutrienti associate all'uso delle risorse, sull'efficienza e sull'inquinamento. Per valutare questi impatti, il modello FAN si avvale di vari indicatori ambientali, comprese le emissioni di gas a effetto serra e perdite di sostanze nutritive. Nel FAN, essi operano sia attraverso l'agente che attraverso la scala distrettuale a seconda dell'obiettivo dell'utente. Gli indicatori sono utili per ottenere risultati grafici visualizzati nella piattaforma. L'utilizzo più indicatori consente di riassumere gli aspetti ambientali e agricoli, e le prestazioni dell'intero gruppo di aziende agricole all'interno della simulazione. Questi dati verranno successivamente confrontati con la situazione attuale.

Fig.5:



Il FAN è adatto per simulare le principali attività agricole che sono coinvolte nello sviluppo dell'economia circolare per l'agroalimentare come la fertilizzazione del suolo, l'alimentazione animale e la produzione di bioenergia.

Gli scambi di materiali relativi a tali attività agricole possono essere modificati e possono essere impostati da un utente con l'obiettivo di forzare o ridurre il riciclaggio locale. Inoltre, altri parametri possono essere modificati per individuare situazioni di contrasto.

LOGISTICA E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

DEFINIZIONE DI LOGISTICA

La logistica è quella parte del processo della catena di approvvigionamento che pianifica, implementa e controlla il flusso e lo stoccaggio di beni, flussi di informazioni dal punto di origine al punto di consumo per soddisfare i requisiti del cliente e i requisiti imposti dagli altri stakeholder.

Sono inclusi in questa definizione aspetti quali il servizio clienti, il trasporto, lo stoccaggio, selezione del sito dell'impianto, controllo dell'inventario, elaborazione degli ordini, distribuzione, approvvigionamento, movimentazione dei materiali, gestione delle merci di ritorno, previsione della domanda e aspetti dello sviluppo del prodotto, in quanto sono importanti anche le varianti di design delle confezioni e le relative etichette dei prodotti.

Storicamente, la logistica è stata considerata un problema che merita priorità modesta nelle organizzazioni; ovvero era semplicemente considerato come una componente di costo. Al giorno d'oggi la logistica è vista come un processo di valore aggiunto che supporta direttamente l'obiettivo primario dell'organizzazione; essere competitivi in termini di alti livelli di servizio al cliente. Consente inoltre il prezzo competitivo, la qualità e il rispetto delle norme e dei regolamenti, al fine di soddisfare ampie esigenze di servizio e di informazione qualitativi imposti dai consumatori e altre parti interessate della filiera. Infine logistica consente flessibilità nel rispondere alle richieste del mercato.

Nel settore agroalimentare, in particolare, una logistica efficiente è un elemento cruciale per il raggiungimento della competitività delle imprese e dell'industria. Un esempio può essere tratto dalla moderna industria del pollame, in cui le richieste del consumatore devono essere tradotti in attività di pianificazione legate alla produzione a livello di azienda agricola, compresa la definizione delle miscele per mangimi, pianificazione della produzione animale , il trasporto ai macelli , i livelli di inventario e sistemi di distribuzione. Il coordinamento di questi processi logistici in un flusso continuo di attività strettamente integrati permette un notevole efficienza dei costi ed è attualmente un prerequisito per una struttura di pollame competitivo. Altre industrie, come le industrie di zucchero e succo di arancia, fanno sempre più affidamento su sistemi logistici ottimizzati come vantaggio competitivo.

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Fino a 30 anni fa le attività logistiche, come la gestione degli ordini, dei trasporti, ordini e controllo del magazzino, erano spesso funzioni separate o attività che coinvolgevano i singoli responsabili con i propri compiti e gli obiettivi. Questo tipo di gestione è stata spesso chiamata 'approccio isole funzionali' (Functional islands). Di conseguenza, ogni attività ha cercato di massimizzare i propri obiettivi.

Questo tipo di comportamenti individualistici conduce inevitabilmente a risultati non ottimali.

Durante i primi anni 1970, è stato proposto il concetto di analisi trade-off o analisi del compromesso. Problemi di prestazioni non ottimali a livello di un intero processo di business a catena potevano essere superati se le prestazioni non-ottimali in una, o anche due, delle attività di tale processo venivano ottimizzate riducendo così i costi complessivi. Ad esempio, i costi di inventario e costi di magazzino, sono stati ridotti considerevolmente con l'adozione di modalità di trasporto più veloci, ma più costose rispetto a quelle tradizionali. Ad esempio, la sostituzione di trasporto via mare con il trasporto via aerea.

Il percorso di pensiero moderno del Supply Chain Management è stato evolutivo diversamente da quanto accaduto in altre aree gestionali .

Passando dalla linea di base al Supply Chain Management, si ha un impatto significativo su tutti gli elementi dell'intera rete della filiera alimentare (Food Supply Chain Network). Si hanno innovazioni nella struttura della rete (quale partner svolgerà quale ruolo?), nei processi aziendali (chi svolge quale attività?),

nella struttura di gestione (quale nuova struttura di pianificazione e controllo viene utilizzata?) e nelle risorse utilizzate (quali nuovi sistemi tecnologici sono necessari?).

Al momento, nelle FSCN vengono create sempre più catene di approvvigionamento integrate quando sono richiesti prodotti di alta qualità, affidabili e sostenibili nei mercati di consumo. Tuttavia, bisogna riconoscere che molte aziende ben performanti sono ancora nella fase di "integrazione interna" e talvolta anche nella fase di "Integrazione funzionale" della scala di integrazione. L'integrazione esterna, o SCM, è particolarmente vantaggiosa per quelle aziende che ottengono profitti (in termini di velocità, qualità, affidabilità, flessibilità o costi) attraverso collaborazioni nelle loro attività. L'ultima tendenza è quella di sviluppare reti flessibili di attori in cui ognuno può realizzare uno o

più compiti più specifici che dipendono dalle richieste del cliente. Questo riduce la dipendenza dell'azienda su un fornitore specifico e aumenta la flessibilità e la capacità.

FASI DEL PERCORSO EVOLUTIVO DEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Stevens (1989) descrive un percorso evolutivo dal “controllo funzionale” al Supply Chain Management che riflette un livello crescente di integrazione della catena dei processi aziendali:

Fase 1. Baseline: isole funzionali. La responsabilità per le diverse attività dell'organizzazione è assegnato in diversi, quasi indipendenti, dipartimento come per esempio gli acquisti, produzione, distribuzione e commercializzazione. Caratteristiche di questa fase sono inventari non organizzati causati dalla mancata integrazione e attività di sincronizzazione, i sistemi di controllo indipendenti e spesso incompatibili, e confini organizzativi.

Fase 2. Integrazione funzionale: Gestione Materiali e distribuzione fisica. Questo livello di integrazione è caratterizzato da un'enfasi sulla riduzione dei costi piuttosto che il miglioramento delle prestazioni; dall'esistenza di unità operative distinte, ciascuna delle quali è tamponata dall' inventario di ingressi, parti, prodotti in lavorazione ; dal servizio clienti reattivo (chi grida di più, ottiene la merce); e dalla scarsa visibilità della domanda del consumatori finale (utilizzando solo le tecniche manageriali note come 'Manufacturing Resource Planning' o MRP-II).

Fase 3. integrazione interna: Gestione della logistica. Questa fase prevede l'integrazione di tali aspetti della catena direttamente sotto il controllo della società. Abbraccia verso l'esterno gestione delle merci, l'integrazione della domanda e dell'offerta lungo la catena di fornitura dell'azienda. Caratteristiche sono: un sistema di pianificazione e controllo integrato completo (MRP-II in combinazione con Distribution Resource Planning, o DRP *), i sistemi di piena visibilità, focalizzazione sull' efficienza piuttosto che

sull'efficacia, ampio uso di EDI (Electronic Data Interchange), reagire alle la domanda dei clienti invece di gestire il cliente.

Fase 4. l'integrazione esterna: SCM. Con la SCM, si ottiene l'integrazione completa della catena. Questa fase racchiude un cambiamento di messa a fuoco, dove il prodotto viene orientato verso cliente, ovvero che penetra profondamente nelle abitudini del cliente per capire i suoi prodotti, cultura, mercato e organizzazione. L'integrazione a monte nella catena per includere i fornitori rappresenta anche più di un semplice cambiamento di portata: rappresenta un cambiamento di atteggiamento, lontano dall'atteggiamento contraddittorio del conflitto, che viene sostituito dal sostegno reciproco e di cooperazione, preservando l'autonomia dei partecipanti.

ATTIVITA' LOGISTICHE

La progettazione di un sistema logistico dipende dagli obiettivi di performance di un sistema relativo ai mercati a cui è destinato. Nella gestione di una catena di fornitura la natura della domanda di un prodotto dovrebbe essere studiato con attenzione prima di progettare una supply chain . Quando il costo del prodotto diventa il problema principale, la catena di fornitura deve essere efficiente; quando la qualità e la velocità sono più importanti per i clienti, la catena di fornitura deve essere reattiva e sicura. Oggigiorno, le filiere dovrebbero essere estremamente flessibili, reattive e ad un basso costo, al fine di soddisfare costantemente mutevoli esigenze dei consumatori. Alcuni autori SCM sostengono che l'organizzazione o la performance delle catene di fornitura sono influenzate da quattro attività:

- 'Inventario', ovvero tutte le materie prime, prodotti in corso di lavorazione e prodotti finiti all'interno di un'organizzazione. Il livello delle scorte influenza la qualità del prodotto, il lead time di consegna e i costi associati a tale consegna.
- Il "trasporto" implica lo spostamento delle scorte da un punto all'altro della catena di approvvigionamento. Il trasporto può comportare l'uso di diverse modalità (ad esempio camion, treno, aereo, barca) e rotte, ognuna con le proprie caratteristiche prestazionali.

- Le "strutture" sono luoghi dell'FSCN in cui l'inventario viene depositato, assemblato o fabbricato. I due principali tipi di strutture sono siti di produzione / lavorazione e siti di stoccaggio (centri di distribuzione). Qualunque sia la funzione della struttura, le decisioni riguardanti posizione, capacità e la flessibilità delle strutture ha un impatto significativo sulle prestazioni della catena di approvvigionamento

- le "informazioni" sono costituite da dati e analisi riguardanti inventario, trasporto, strutture e clienti lungo tutta la catena di approvvigionamento. L'informazione ha un'influenza maggiore sulle prestazioni in quanto influisce direttamente su ciascuna delle altre aree operative.

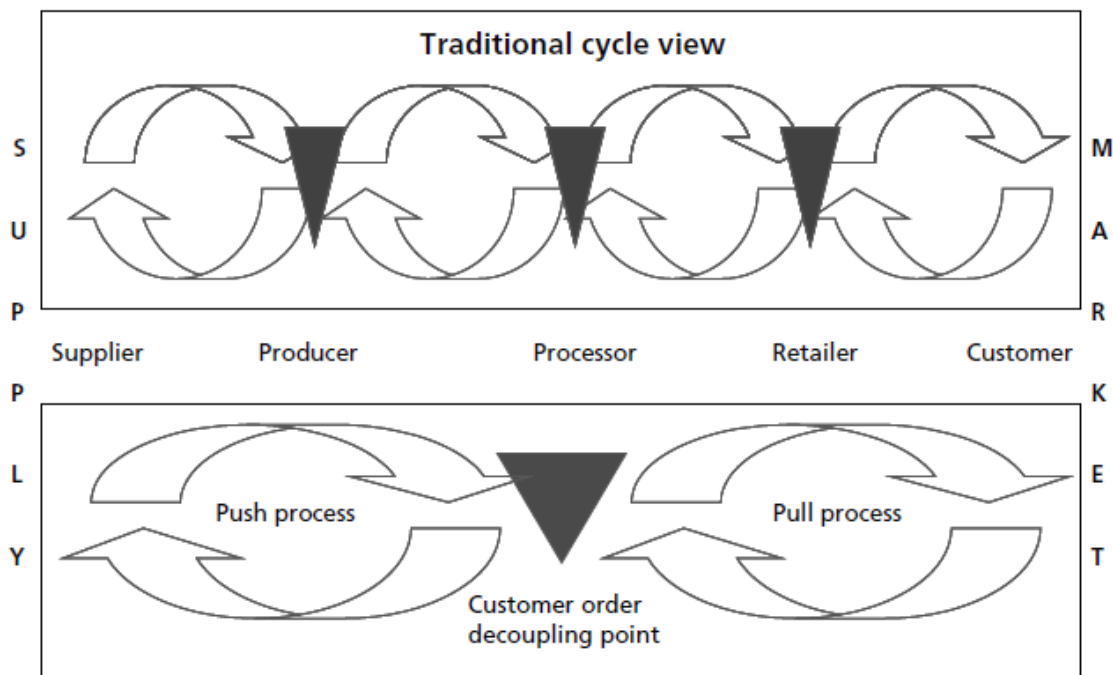
Le scelte fatte su queste aree operative e dei relativi processi operativi determinano la reattività e l'efficienza della catena di fornitura. Quindi i processi operativi fanno uso di scorte, trasporti, servizi e informazioni. Come abbiamo visto in precedenza, la visione tradizionale sulla gestione della logistica in una catena di approvvigionamento è la 'vista ciclo', dove i processi della catena in una filiera sono suddivisi in una serie di cicli, ciascuno effettuato all'interfaccia tra due fasi successive di una catena di fornitura (Figura 2). Una vista ciclo della filiera definisce chiaramente i processi aziendali, le attività coinvolte, i responsabili di ciascun processo e i relativi ruoli.

Inoltre, i principali processi sono disaccoppiati in una certa misura. Ciò implica che ogni processo può funzionare indipendentemente e non è ostacolato da 'problemi' in altri processi. In altre parole, ciascun attore della filiera gestisce i propri processi senza coordinamento con partner della catena. Ciò si oppone al 'Just-In-Time' (JIT) la filosofia di gestione delle scorte, secondo cui il disaccoppiamento delle attività delle scorte dovrebbero essere eliminati, in quanto ostacola la visibilità e l'ottimizzazione della supply chain .

La riduzione delle scorte è vantaggiosa dal punto di vista della visibilità e della riduzione dei costi. Considerando la natura dei prodotti in aziende agroalimentari, è anche utile per motivi di qualità. Queste imprese hanno a che fare con caratteristiche specifiche del prodotto e dei processi, come deperibilità, con conseguenti temporizzazione e condizionamento vincoli per la conservazione, lungo termine di consegna, a volte i

prodotti sono forniti da lontano o si deve aspettare fino a che i prodotti vengono raccolti, incertezza e variabilità nella quantità e qualità del prodotto, voluminosità di beni flussi, e così via. I principi della gestione delle scorte tradizionali, per lo più sviluppati per le industrie manifatturiere, non si applicano necessariamente. La sfida principale per le aziende agroalimentari è quello di abbinare domanda e offerta, che spesso sono dati incerti, avendo cura di specifici requisiti in materia di qualità e sicurezza del prodotto. Inoltre, si deve tenere a mente che le scorte eccessive nelle catene di fornitura sono legate a capitale che altrimenti potrebbero essere utilizzati in investimenti produttivi. Questa è un'area di particolare interesse per i paesi in via di sviluppo. A causa della crescente variabilità della domanda e della conseguente incertezza nasce l'esigenza da parte delle agro food supply chain di avere un'alta flessibilità e quindi di una riduzione delle scorte. La gestione degli approvvigionamenti 'push / pull' delle filiere sta guadagnando più interesse (fig.6).

Fig.6:



Questo tipo di gestione ha lo scopo di snellire il più possibile la catena di fornitura e concentrandosi sulla misura in cui gli ordini del cliente penetrano o possono penetrare nel sistema logistico. Eliminando il magazzino tra il rivenditore e grossista, si ha un rischio minore di avere i prodotti sbagliati in magazzino. In tal modo, quando arriva un

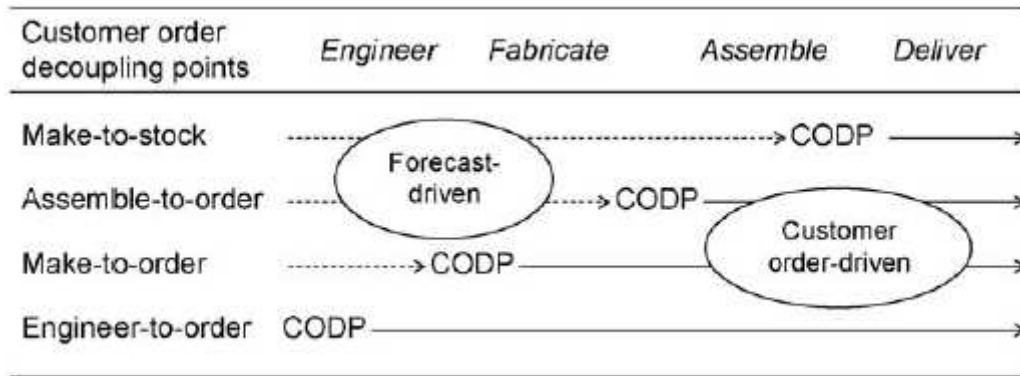
cliente e richiede un prodotto, il rivenditore sarà ordinare il prodotto presso il produttore, con un conseguente tempo di consegna.

La minore movimentazione di prodotto all'interno della filiera comporta un abbassamento dei costi e una minore perdite di qualità. L'idea è quindi di minimizzare i livelli di inventario nella filiera. Eliminando più inventario possibile nella catena di approvvigionamento, i costi sono ridotti al minimo, la qualità è ottimizzata e il servizio può essere massimizzato poiché il prodotto giusto viene consegnato nella giusta qualità e quantità, al momento giusto, nel posto giusto.

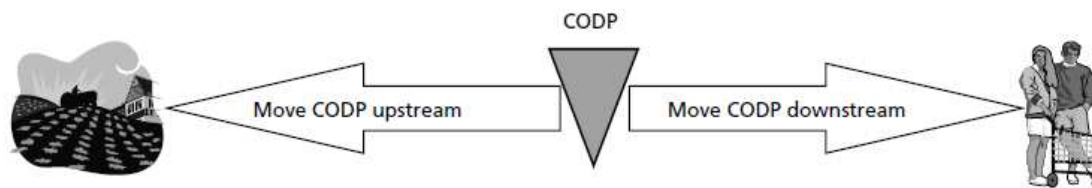
PUNTO DI DISACCOPPAMENTO DELL'ORDINE DEL CLIENTE

Uno dei concetti che vanno analizzati delle gestioni a scorta "push / pull" è il punto disaccoppiamento degli ordini dei clienti (CODP) - noto anche come Demand Penetration Point (DPP); questo punto separa la parte della catena di approvvigionamento le cui decisioni di gestione sono regolate dagli ordini dei clienti (processo di estrazione) dalla parte della catena di approvvigionamento su cui sono basati i piani di produzione che dipendono dalla previsione della domanda dei consumatori e / o dagli ordini previsti dai partner a valle della catena (processo push). Il CODP è tradizionalmente definito come il punto di valore nella catena per un prodotto, ovvero il punto in cui il prodotto è collegato a un cliente specifico ordine. A volte il CODP è chiamato punto di penetrazione dell'ordine. Diverse situazioni di produzione come il make-to-stock (MTS), assemble-to-order (ATO), make-to-order (MTO) e engineer-to-order (ETO) si riferiscono tutte a posizioni diverse del CODP. Le diverse situazioni sono legate alla capacità di produzione operazioni per adattarsi alla personalizzazione del prodotto o in generale gamma di prodotti; (FIG.7).

Fig.7:



In tal modo, il CODP divide il flusso di materiale guidato dalla previsione (a monte del CODP) dal flusso guidato dall'ordine del cliente (a valle del CODP). Il CODP è il punto in cui vengono bloccate le specifiche del prodotto nella maggior parte dei casi, e assume importanza il fatto che corrisponde anche all'ultimo punto in cui il prodotto è tenuto nell'inventario. Pertanto, l'inventario per il CODP è un punto strategico dello stock poiché le promesse di consegna si basano sulla disponibilità del magazzino, tempi di consegna e disponibilità di capacità per eseguire le operazioni guidate dagli ordini a valle del cliente. La letteratura che discute esplicitamente del CODP è in crescita, occupandosi sia della produzione che delle operazioni della catena di approvvigionamento. Il CODP è considerato un fattore importante per la progettazione di una strategia di produzione push-pull integrata, in quanto le operazioni a monte sono significativamente diverse da quelle a valle, basate sul fatto che il flusso di materiale a monte sia guidato dalle previsioni, mentre i reali ordini dei clienti guidano le operazioni a valle. Alcune pubblicazioni (principalmente da parte del gruppo di Cardiff) fanno distinzioni tra filiere snelle e agili, riconoscendo il CODP come il divisore tra operazioni snelle e agili nelle produzioni o filiere. Una catena di approvvigionamento snella dovrebbe essere applicata a monte del CODP, mentre per una catena di approvvigionamento agile sarebbe più adatto per le operazioni a valle del CODP.



Attualmente la tendenza generale è di spostare CODP a monte della filiera (spostamento verso fornitori) al fine di aumentare la reattività alle richieste del mercato variabile e limitare la quantità di attività non a valore aggiunto (come mantenere in magazzino prodotti errati o materiale di imballaggio sbagliato). Ogni volta, la grande sfida è quella di trovare scenari che consentono consegne rapide pur mantenendo i costi ad un basso livello.

EFFICIENZA DEI SISTEMI LOGISTICI BASATA SULL'INTEGRAZIONE DELLE CATENE DI APPROVVIGIONAMENTO

L'aumento dell'efficienza di gestione delle catene di approvvigionamento richiede un miglioramento delle funzioni logistiche e dell'integrazione delle operazioni su tutti i livelli della gestione dei sistemi logistici.

Il metodo fondamentalmente nuovo di contabilizzazione delle connessioni integrali tra gli elementi è il modello di Axsäter (2006). L'esempio del sistema a due livelli di disposizione dell'inventario della configurazione lineare ha permesso di ottenere la dipendenza per la determinazione della quantità di ordine economico (EOQ) che è definita come modello EOQ multi livello. Tuttavia, lo studio del modello lineare a due livelli di Axsäter (2006) ha dimostrato che riflette solo una parte di possibili varianti delle operazioni logistiche integrabili e non consente di prendere in considerazione alcune situazioni in relazione a:

- variante alternativa del consumo di inventario presso il magazzino del fornitore (livello superiore);
- diverse varianti per registrare i costi dell'attuale magazzino.

Questo definisce la pertinenza di ulteriori sviluppi del complesso di modelli modificati che riflettono le specifiche di determinate situazioni.

Sono state ottenute le principali formule di calcolo per il modello strategico della quantità di ordine economico (EOQ).

Considerando le seguenti condizioni e limitazioni:

1. La domanda di prodotto per il livello "1" è determinata, uniformemente distribuita nel tempo ed ha un'intensità costante durante l'intero periodo preso in considerazione;
2. I costi di ordinazione (C_{oi}) e i costi di stoccaggio calcolati su una unità di prodotto (C_{hi}) sono costanti durante tutto il periodo considerato;
3. I prodotti dei livelli "1" e "2" sono indivisibili e una unità di merci al livello 1 corrisponde ad una unità di merci al livello 2.
4. Tra la quantità ordinata per i livelli di sistema "1" e "2" c'è la seguente relazione:

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}$$

dove k è un numero positivo (indice multiplo di spedizioni), mentre Q_{oi} corrisponde alla dimensione economica dello stock al livello i -esimo del sistema.

Nel sistema si presume la possibilità di fornitura istantanea dell'ordine: in caso di fornitura dell'ordine dal collegamento di sistema al livello 1 al tasso di Q_{o1} , la parte dello stock al livello 2 al tasso di Q_{o1} può essere spedita al cliente al livello 1. Pertanto, lo stock medio al livello 2 durante il ciclo sarà:

$$\bar{Q}_2 = \frac{(k-1) \cdot Q_1}{2}$$

I costi totali nel sistema saranno:

$$C_{\Sigma} = C_{or1} + C_{h1} + C_{or2} + C_{h2} = \frac{C_{o1} \cdot A}{Q_1} + \frac{Q_1 \cdot C_{h1}}{2} + \frac{C_{o2} \cdot A}{k \cdot Q_1} + \frac{Q_1 \cdot (k-1) \cdot C_{h2}}{2}$$

Di conseguenza otterremo il valore per il calcolo della quantità dell'ordine economico al livello 1:

$$Q_{opt1} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot \left(C_{o1} + \frac{C_{o2}}{k} \right)}{c_{h1} + c_{h2} \cdot (k-1)}}$$

Inserendo il valore della quantità dell'ordine economico nella formula dei costi totali al posto di Q_1 , otterremo il valore che minimizza i costi totali:

$$C_{\Sigma min} = \sqrt{2 \cdot A \cdot \left(C_{01} + \frac{C_{02}}{k} \right) \cdot (c_{h1} + c_{h2} \cdot (k-1))}$$

Nel lavoro di Axsäter (2006) il coefficiente k viene ricavato ponendo uguale a zero la derivata seconda rispetto a k della formula che minimizza i costi totali:

$$k = \sqrt{\frac{C_{02} \cdot (c_{h1} - c_{h2})}{C_{01} \cdot c_{h2}}}$$

La quantità di ordine economico a livello 2 viene calcolata con la formula

$$Q_{02} = k \cdot Q_{01},$$

in cui vengono inseriti i valori k e Q_{opt1} calcolati in precedenza.

Allo stesso tempo, l'implementazione dell'approccio di Axsäter (2006) ha una limitazione in caso di $C_{h1} < C_{h2}$, in quanto i costi di mantenimento a livello 2 (magazzino centrale) devono sempre essere inferiori a costi di mantenimento a livello 1 (magazzini regionali).

I modelli di calcolo degli indici di inventario nei sistemi a due livelli ci consentono di mostrare diversi tipi di interazioni tra i livelli e sono la base analitica per la definizione del tipo di cooperazione razionale attraverso l'utilizzo di criteri di costo totale della logistica. Allo stesso tempo, questi modelli si adattano al loro successivo utilizzo per descrivere i processi reali che si verificano nelle catene di approvvigionamento attraverso ulteriori specifiche e utilizzando varianti modificate che permettono di considerare le seguenti caratteristiche dei processi:

- varianti di correlazione dei costi di gestione tra diversi livelli di sistema (modello 1);
- varie strategie di stoccaggio dell'inventario (modello 2);
- ordine multi-nomenclatura (modello 3).

Il modello 1 prende in considerazione le varianti di correlazione dei costi di mantenimento su diversi livelli di sistema. Per superare i limiti tipici del modello EOQ, si introduce un'ulteriore condizione: in caso di ricezione dell'ordine dal collegamento di sistema al livello 1 nella quantità di Q_{01} la parte delle scorte a il livello 2 nella quantità di Q_{01} non viene spedito immediatamente al cliente al livello 1, ma deve essere tenuto durante il primo ciclo. Pertanto, per definire la molteplicità del volume dell'ordine si utilizza il moltiplicatore $(k + 1)$.

EOQ al livello 1:

$$Q_{opt1} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot \left(C_{01} + \frac{C_{02}}{k} \right)}{c_{h1} + c_{h2} \cdot (k+1)}}$$

EOQ al livello 2:

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}$$

Parametro di molteplicità delle spedizioni:

$$k = \sqrt{\frac{C_{02} \cdot (c_{h1} + c_{h2})}{C_{01} \cdot c_{h2}}}$$

Formula che minimizza i costi totali nel sistema:

$$C_{\Sigma min} = \sqrt{2 \cdot A \cdot \left(C_{01} + \frac{C_{02}}{k} \right) \cdot (c_{h1} + c_{h2} \cdot (k+1))}$$

Il modello 2 tiene conto delle strategie di deposito dell'inventario. In tutti i modelli noti agli autori considerano i costi di gestione come parte del prezzo di produzione tenuto in magazzino. Quindi, il calcolo dei costi dipende dalla quantità media delle spedizioni. Tuttavia, nel formare i modelli modificati, bisogna considerare altre strategie di magazzinaggio di inventario ampiamente diffuse nelle moderne pratiche di funzionamento delle imprese, come ad esempio un affitto dello spazio del magazzino. In questo caso è necessario tenere conto dello spazio del magazzino (o volume) richiesto per l'intera disposizione di consegna della fornitura quando calcoliamo i costi di mantenimento a scorta (Lukinskiy et al., 2012).

Pertanto, i costi di gestione per il collegamento del primo livello sono calcolati dalla formula:

$$C_{h1} = \alpha_1 \beta_1 Q_1$$

Dove: α_1 rappresenta i costi di mantenimento di un'unità di produzione del primo livello in base allo spazio (o volume) di magazzino occupato;

β_1 è un coefficiente che considera la dimensione spaziale di un unità di prodotto nel primo livello del sistema ($m^2/un.$ o $m^3/un.$).

Per il modello 2 si ottiene:

EOQ al livello 1:

$$Q_{opt1} = \sqrt{\frac{A \cdot \left(C_{01} + \frac{C_{02}}{k} \right)}{\alpha_1 \beta_1 + \alpha_2 \beta_2}}$$

EOQ al livello 2:

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}$$

Parametro di molteplicità delle spedizioni:

$$k = \sqrt{\frac{C_{02} \cdot \alpha_1 \beta_1}{C_{01} \cdot \alpha_2 \beta_2}}$$

Formula che minimizza i costi totali nel sistema:

$$C_{\Sigma min} = 2 \sqrt{A \cdot \left(C_{01} + \frac{C_{02}}{k} \right) \cdot (\alpha_1 \beta_1 + \alpha_2 \beta_2 k)}$$

Il modello 3 prende in considerazione la multi-nomenclatura degli ordini. Esaminando un sistema lineare a due livelli in cui vengono effettuate le forniture di n nomenclature si ottengono i seguenti parametri:

EOQ al livello 1:

$$Q_{01i} = A_i \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\sum_{i=0}^n C_{1i} + \frac{\sum_{i=0}^n C_{2i}}{k} \right)}{\sum_{i=1}^n A_i C_{h1i} + (k-1) \sum_{i=1}^n A_i C_{h2i}}}$$

EOQ al livello 2:

$$Q_{02i} = k \cdot Q_{01i}$$

Parametro di molteplicità delle spedizioni:

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n C_{2i} \cdot \left(\sum_{i=1}^n A_i C_{h1i} - \sum_{i=1}^n A_i C_{h2i} \right)}{\sum_{i=0}^n C_{1i} \cdot \sum_{i=1}^n A_i C_{h2i}}}$$

Formula che minimizza i costi totali nel sistema:

$$C_{\Sigma min} = \sqrt{2 \cdot \left(\sum_{i=0}^n C_{1i} + \frac{\sum_{i=0}^n C_{2i}}{k} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n A_i C_{h1i} + (k-1) \sum_{i=1}^n A_i C_{h2i} \right)}$$

Dove: A_i rappresenta il volume di approvvigionamento della i -esima nomenclatura per il periodo calcolato per il primo e per il secondo livello; T corrisponde al tempo di fornitura simultanea di n nomenclature ; C_{o1} rappresenta i costi connessi con l'organizzazione di fornitura del 1 livello; C_{1i} sono i costi connessi all' i -esima preparazione del prodotto; C_{h1i} sono i costi di mantenimento dell' i -esima unità di prodotto durante il periodo considerato; k è il coefficiente di molteplicità della spedizione (numero intero positivo); C_{2i} sono costi di organizzazione della fornitura del prodotto presso i magazzini di secondo livello; C_{o2} sono i costi relativi all'organizzazione di fornitura del livello 2; C_{h2i} sono i costi di mantenimento dell' i -esimo tipo di unità di prodotto durante il periodo considerato.

CONCLUSIONI

La gestione della catena di approvvigionamento si è dimostrata essere un'area di critica importanza per il settore agroalimentare. Nella tesi sono presentati i diversi aspetti delle catene di fornitura agroalimentare, le quali risultano avere caratteristiche che le differenziano dalle tradizionali catene di fornitura. Questa differenza tra catene di fornitura comporta la necessità di modificare o revisionare gli strumenti e i metodi di ottimizzazione utilizzati nella gestione tradizionale. Da quest'analisi emerge, inoltre, una mancanza di sistemi che potrebbero supportare efficacemente la progettazione e la pianificazione delle reti delle AFSC, migliorando, di conseguenza, il flusso di materiali, che nell'ambito dell'agroalimentare risulta essere di rilevante importanza. Esiste perciò la necessità di sviluppare nuovi metodi e sistemi che possano aumentare l'efficienza di una catena di fornitura agroalimentare rendendola più flessibile e reattiva, mantenendo bassi i costi legati alla sua gestione.

BIBLIOGRAFIA

Agorasti K. Toka, Laboratory of Quantitative Analysis and Advanced Supply Chain Management, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece, *Agri-food supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy*;

Ana P. Barbosa-Póvoa, Centre for Management Studies, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, Lisboa 1049-101, Portugal, *Integrating harvesting decisions in the design of agro-food supply chains*;

Benoit Gaudou, IRIT, Université Toulouse Capitole, Toulouse, France, *Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows*;

Carlos A. da Silva, Agricultural Management, Marketing and Finance Service Rural Infrastructure and Agro-Industries Division Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, *Agro-industrial supply chain management: concepts and applications*;

Christos A. Keramydas, Laboratory of Quantitative Analysis and Advanced Supply Chain Management, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece, *Agri-food supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy*;

Dimitrios A. Aidonis, Department of Logistics, Technological Educational Institute of Central Macedonia, 60100, Katerini, Greece, *Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy*;

Eleftherios T. Iakovou, Laboratory of Quantitative Analysis and Advanced Supply Chain Management, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece, *Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy*;

Graham K. MacDonald, Department of Geography, McGill University, Montreal, QC, H3A 0B9, Canada, *Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows*;

Hugo Fernandez-Mena, INRA, UMR 1391 ISPA, France; Bordeaux Sciences Agro, University of Bordeaux, UMR 1391 ISPA, France; Department of Geography, McGill University, Montreal, QC, H3A 0B9, Canada; Montpellier SupAgro, UMR SYSTEM (CIHEAM-IAMM, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Univ. Montpellier), Montpellier, France, *Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows*;

Jack G.A.J. van der Vorst, Department of Social Sciences Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, *Agro-industrial supply chain management: concepts and applications*;

Jacqueline M. Bloemhof, Operations Research & Logistics Group, Wageningen University, Wageningen PO Box 8130, 6700 EW, the Netherlands, *Integrating harvesting decisions in the design of agro-food supply chains*;

Jacques H. Trienekens, Department of Social Sciences Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, *Agro-industrial supply chain management: concepts and applications*;

Jan Olhager, Linköping University, Department of Management and Engineering, SE-58183 Linköping, Sweden, *The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management*;

Jochem Jonkman, Operations Research & Logistics Group, Wageningen University, Wageningen PO Box 8130, 6700 EW, the Netherlands, *Integrating harvesting decisions in the design of agro-food supply chains*;

Kannan Govindan, Center for Sustainable Supply Chain Engineering, Department of Technology and Innovation, University of Southern Denmark, Denmark, *A sustainable supply chain for organic, conventional agro-food products: The role of demand substitution, climate change and public health*;

Mina Rahmani, Industrial Engineering Department, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, *A sustainable supply chain for organic, conventional agro-food products: The role of demand substitution, climate change and public health*;

Naoum K. Tsolakis, Laboratory of Quantitative Analysis and Advanced Supply Chain Management, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece, *Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy*;

Sylvain Pellerin, INRA, UMR 1391 ISPA, France, *Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows*;

Tatiana Shulzhenko, Saint-Petersburg State University of Economics (SPbSUE), St. Petersburg, Russia, *Logistic Systems Efficiency Increase Based on the Supply Chains Integration*;

Thomas Nesme, Bordeaux Sciences Agro, University of Bordeaux, UMR 1391 ISPA, France, *Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows*;

Valery Lukinskiya, National Research University Higher School of Economics (HSE), St. Petersburg, Russia, *Logistic Systems Efficiency Increase Based on the Supply Chains Integration*;

Vladislav Lukinskiya, National Research University Higher School of Economics (HSE), St. Petersburg, Russia, *Logistic Systems Efficiency Increase Based on the Supply Chains Integration*;

Zeinab Sazvar, Industrial Engineering Department, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, *A sustainable supply chain for organic, conventional agro-food products: The role of demand substitution, climate change and public health*;