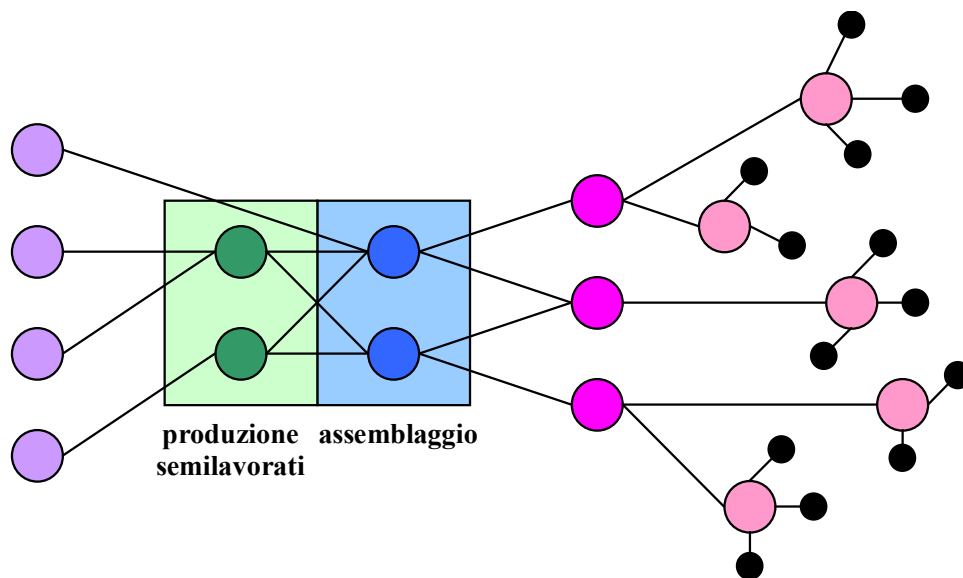


Sistemi Logistici

1. Introduzione

- I *sistemi logistici* delle imprese di produzione e di distribuzione *si compongono di centri (nodi logistici, "facilities")* dove vengono svolte attività di trasformazione, assemblaggio, imballaggio, stoccaggio e vendita:
- Una rappresentazione schematica può essere la seguente:



Fornitori

Impianto/i di
produzione

Magazzini
principali

Magazzini
secondari
e Punti di
domanda

- Si trovano i *fornitori*, gli *impianti di produzione*, i *magazzini principali (central distr. center CDC)* e i *secondari (regional distr. center RDC)*, e i *punti di domanda* tipicamente rappresentati dai *rivenditori*.

Sistemi Logistici

2. Classificazione

- Un *sistema completo* comprendente tutte le attività dall'approvvigionamento dei materiali fino alla distribuzione dei prodotti finiti è detto *catena logistica* (*supply chain*)

Classificazione dei sistemi logistici

- *Sistema integrato verticalmente.*

Tutte le componenti del sistema logistico appartengono e sono gestite da un'unica entità

Tipico quando:

- elevato volume delle merci
- domanda poco prevedibile
- trasporto, stoccaggio richiedono attrezzature speciali

- *Sistema non integrato verticalmente.*

L'impresa produttrice delega ad altri soggetti alcune (o tutte) attività logistiche

Tipico quando:

- necessità di concentrarsi solo sulla produzione
- necessità contenimento costi infrastrutture
- basso volume delle merci (no economia di scala)

Sistemi Logistici

2. Classificazione

(continua)

- *Sistemi su commessa (pull, make-to-order).*

I *prodotti* vengono *realizzati solo quando* sono *richiesti*

Gli ordini dei clienti influenzano il piano di produzione e quest'ultimo determina il fabbisogno di materiali e componenti degli impianti di trasformazione e assemblaggio.

- *Sistemi su base magazzino (push, make-to-stock).*

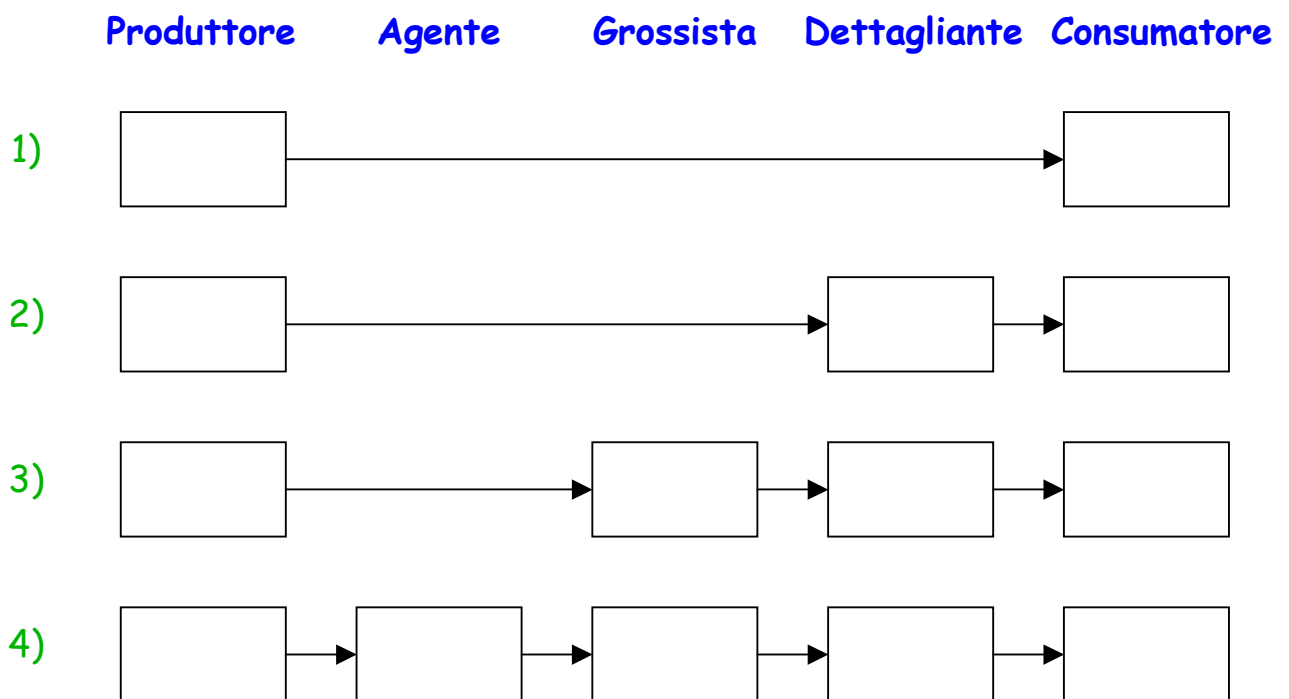
Il piano di *produzione* si basa *su previsioni* della *domanda*

Le informazioni provenienti dal mercato (domande rilevate in passato, indagini di mercato, ecc.) sono impiegate per prevedere la domanda futura.

Sistemi Logistici

3. Canali di distribuzione

- Occorre *distinguere* tra *clienti consumatori* e *clienti industriali*
- Nel *caso* di *clienti consumatori* si distinguono *quattro possibili canali*



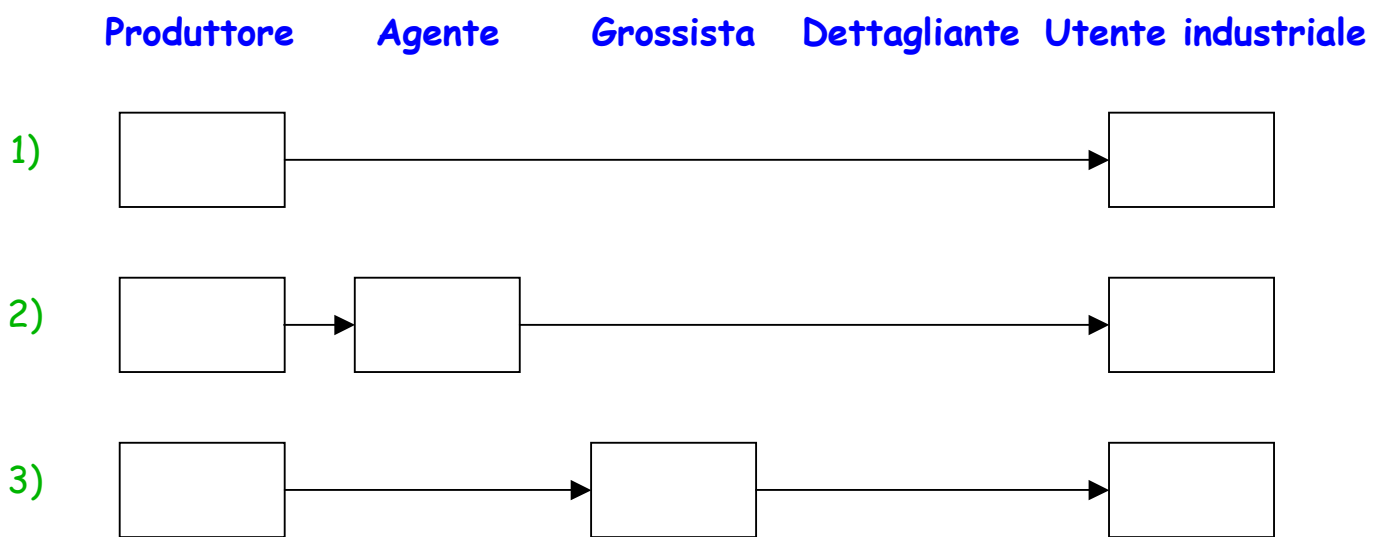
1. Vendita porta a porta
2. Il consumatore si rivolge al dettagliante
3. Il dettagliante richiede piccoli lotti di numerosi prodotti ad un grossista
4. Gli agenti svolgono ruolo di rappresentanti del produttore

Sistemi Logistici

3. Canali di distribuzione

(continua)

- Nel **caso** di **clienti industriali** si distinguono **tre possibili canali**



1. Distribuzione diretta

2. Gli agenti svolgono ruolo di rappresentanti del produttore

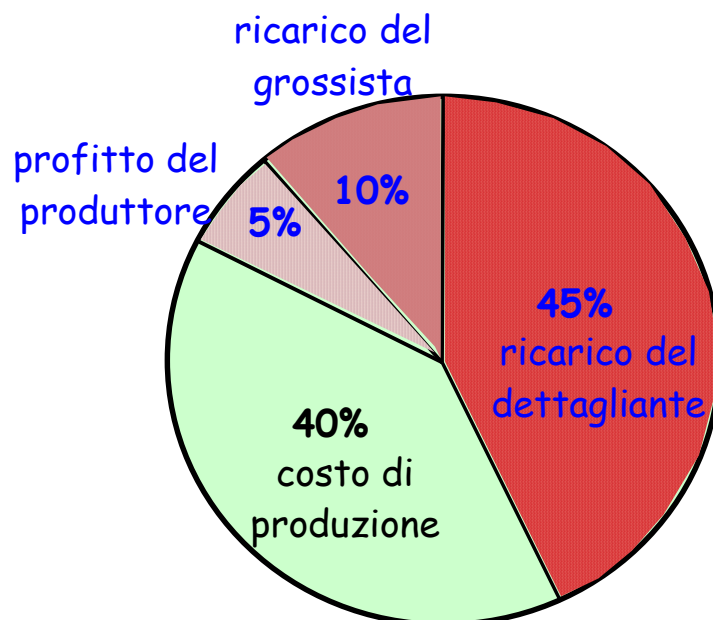
3. Il grossista si giustifica solo in alcuni casi (attrezzature per ufficio, pezzi di ricambio di macchinari, materiale di consumo, ecc.)

Sistemi Logistici

3. Canali di distribuzione

(continua)

- Ogni intermediario contribuisce a far aumentare il costo finale del bene
- Esempio nel settore degli elettrodomestici



- Se il sistema logistico è integrato verticalmente a valle dei processi produttivi, l'impresa produttrice si assume l'onere di gestione della distribuzione con propri magazzini, mezzi di trasporto ed equipaggi
- In caso contrario, alcune o tutte le attività logistiche sono svolte da altri soggetti come, ad esempio, i grossisti, gli spedizionieri ed i gestori di magazzini pubblici

Sistemi Logistici

4. Obiettivi di gestione

- Occorre tener conto di *tre aspetti*

1. Capitale investito

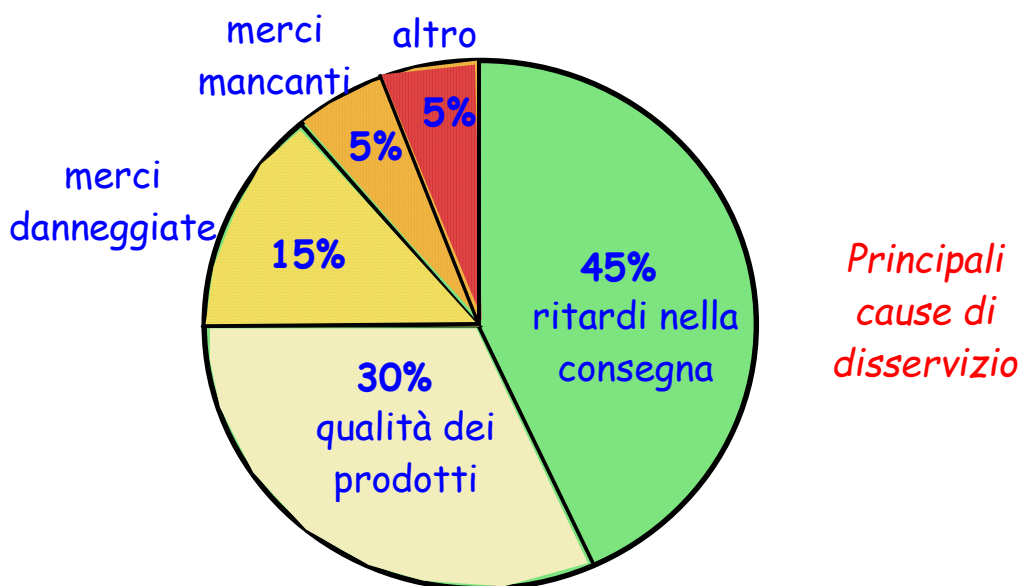
Risorse finanziarie sotto forma di immobili, attrezzature, scorte

2. Costo di esercizio

Risorse finanziarie consumate per lo svolgimento delle attività logistiche

3. Livello di servizio fornito al cliente

Grado di soddisfazione complessivo del cliente



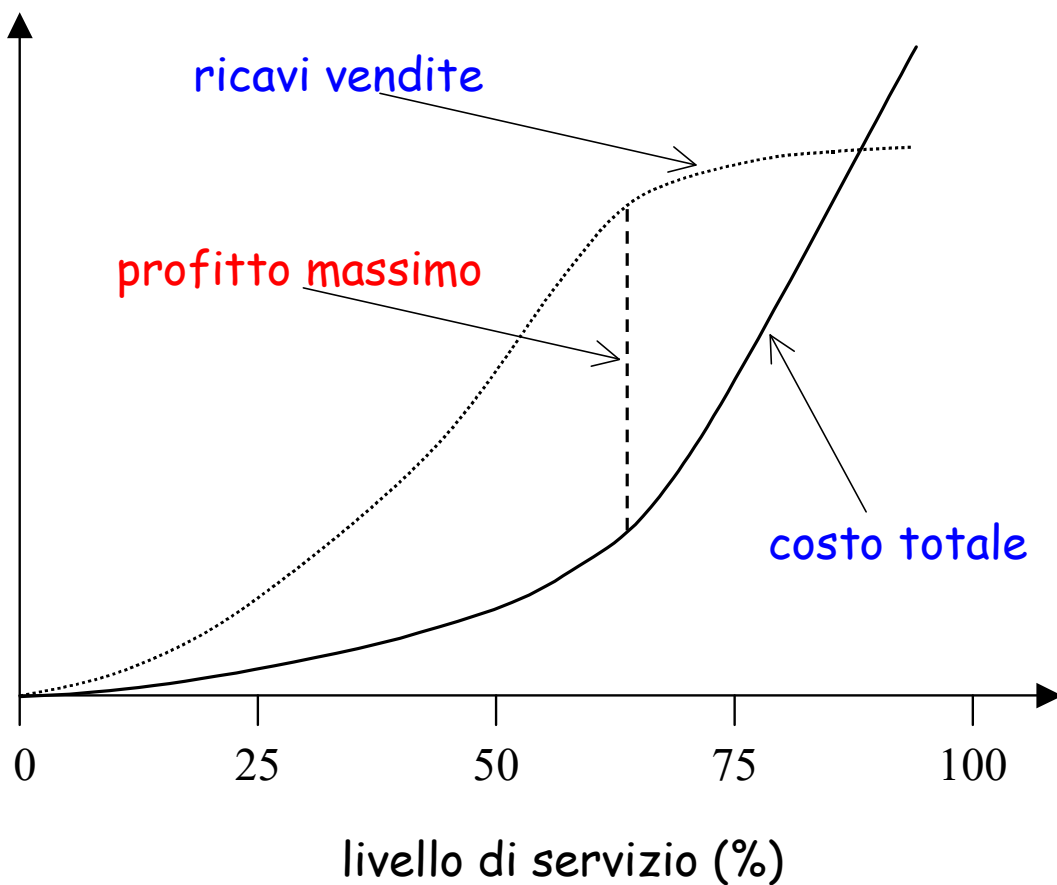
- Il livello di servizio ha un ruolo preminente soprattutto nei mercati caratterizzati da prodotti omogenei e di basso valore unitario, dove la competizione tra le imprese riguarda soprattutto la modalità di distribuzione.

Sistemi Logistici

4. Obiettivi di gestione

(continua)

- Qualitativamente la relazione tra **costo totale** di gestione logistica e **volume (ricavi) delle vendite** in funzione del **livello di servizio** è la seguente



- La relazione funzionale tra ricavi vendite e livello di servizio è di difficile determinazione, tuttavia il profitto massimo si realizza per valori elevati del livello di servizio (ma inferiori al massimo)
- Nella pratica si preferisce selezionare l'alternativa a costo minimo che garantisce un prestabilito livello di servizio

Sistemi Logistici

4. Obiettivi di gestione

(continua)

- Il **tempo di fornitura** (**order-cycle time**) è un buon indicatore del livello di servizio.
- Il **tempo di fornitura** è il tempo che intercorre tra l'emissione di un ordine di acquisto e la consegna della merce.
- Supponiamo che la **rete distributiva** sia costituita da **magazzini principali** (CDCs) e **secondari** (RDCs):
 - (a) Se il bene ordinato è disponibile nel RDC la consegna è celere (sia p_a la probabilità dell'evento);
 - (b) In caso contrario occorre anche attendere che il RDC si rifornisca dal CDC (probabilità cond. p_b).
 - (c) Se inoltre anche il CDC non dispone del bene occorre attendere che questo venga prodotto (p_c).
- Il **tempo di fornitura** $f(t)$ è pertanto una variabile aleatoria (multimodale) con densità di probabilità:
$$f(t) = p_a f_a(t) + p_b f_b(t) + p_c f_c(t)$$
 $f_i(t)$ è la densità di prob. (condiz.) del t.d.f. nel caso (i).
- Il tempo di fornitura può essere ridotto con opportune procedure (priorità) e grazie all'impiego delle **tecnologie informatiche e telematiche** (ICT).

Sistemi Logistici

5. Stoccaggio delle merci

- Lo **scorte** (**inventory**) sono merci temporaneamente inutilizzate in un punto della catena logistica:
 - Scorte di lavorazione (**WIP**)
 - Prodotti finiti stoccati presso un magazzino
 - Scorte viaggianti (**in-transit inventory**)
 - Prodotti presso gli utenti
- **Motivazioni:**
 - Contenimento costi
 - Contenimento tempi di fornitura
 - Protezione contro l'aleatorietà della domanda e dei tempi di trasporto
 - Disponibilità di prodotti stagionali
 - Speculazione
- **Costi:**
 - Capitale immobilizzato
 - Costi fissi per la struttura
 - Costi di movimentazione delle merci
 - Costi del personale

Sistemi Logistici

6. Trasporto merci

- Il servizio di trasporto merci (*freight transportation*) ha lo scopo di ridurre il costo dei beni sul mercato perché:
 - Consente di raggiungere mercati lontani e quindi incentivando la produzione permette di utilizzare economie di scala
 - Stimola la competizione
 - Rende disponibili beni deperibili in ampi mercati
 - Permette di trarre vantaggio dai differenti costi del lavoro
- Tuttavia le attività di trasporto incidono fortemente sul costo finale e sul livello di servizio, pertanto la loro *pianificazione* e il loro *controllo* hanno un *ruolo importante*

Sistemi Logistici

6. Trasporto merci

(continua)

- Principali *aspetti* del *trasporto merci*:
 - *Unità di carico*
 - bancale (*pallet*)
 - container
 - *Operazioni di trasporto*
 - Con unico vettore (*door-to-door*)
 - Multi-vettore
 - *Modalità di trasporto*
 - Trasporto ferroviario
economico
relativamente lento
poco affidabile
 - Autotrasporto
a pieno carico (*Truck-Load TL*)
per collegamenti diretti
a collegamenti indiretti (*Less-than-TL LTL*)
 - Trasporto aereo
 - Trasporto marittimo
 - Trasporto in condotta (*pipeline*)

Sistemi Logistici

6. Trasporto merci

(continua)

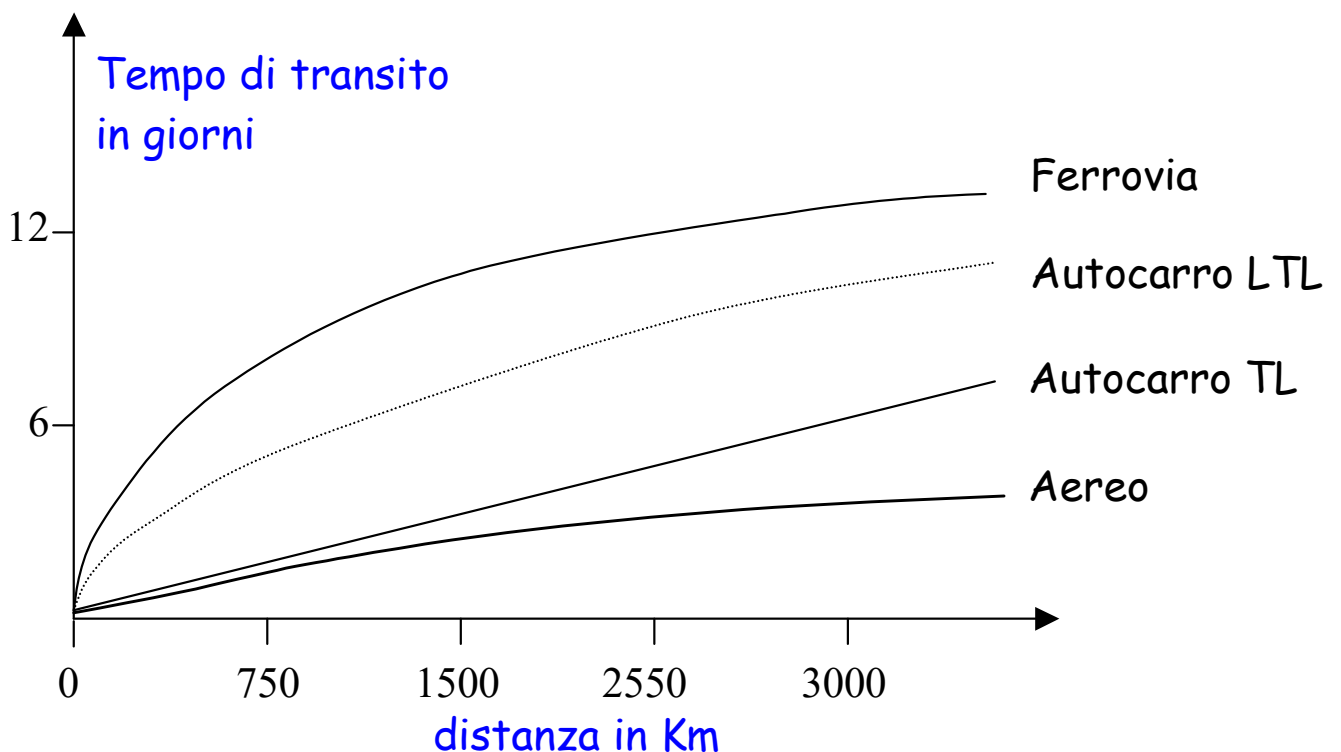
Costi di trasporto

- Ammortamento, manutenzione, assicurazione veicoli
- Retribuzione equipaggi
- Carburante
- Operazioni di carico e scarico

Trasporto aereo > su gomma > su ferro > via mare

Tempi di transito

- Comprensivo dei vari tempi di trasferimento nel caso di trasporto multi-vettore



Sistemi Logistici

7. Aspetti decisionali

- *Decisioni chiave di tipo strategico*
 - Determinare il *numero di magazzini*
 - Determinare la *localizzazione* di ogni magazzino
 - Determinare la *dimensione* di ogni magazzino
 - *Allocare spazio per i vari prodotti* in un magazzino
 - Determinare come *allocare i clienti ai magazzini*

Assumendo note e non modificabili le localizzazione degli impianti e dei clienti

Obiettivo:

Minimizzare il costo annuale dell'intero sistema (produzione, acquisto materiali, gestione scorte, gestione impianti, trasporto).

Trade-off

Bilanciare i costi di apertura di nuovi magazzini con il vantaggio di essere più vicino ai clienti.

Sistemi Logistici

7. Aspetti decisionali

(continua)

- *Incrementare* il *numero* dei *magazzini comporta*:

- La riduzione del tempo medio di trasporto



Miglioramento del livello di servizio

- Incremento delle scorte per proteggere ogni magazzino dal rischio legato all'incertezza sulla domanda dei clienti



Aumento dei costi di stoccaggio

- *Incremento dei costi fissi e di setup*
- *Aumento dei costi di trasporto dagli impianti di produzione ai magazzini (inbound transportation)*
- *Riduzione dei costi di trasporto dai magazzini ai clienti (outbound transportation)*

Sistemi Logistici

7. Aspetti decisionali

(continua)

- *Decisioni chiave di tipo tattico*
 - Allocazione della domanda ai nodi logistici
 - Allocazione di veicoli ai collegamenti tra i nodi logistici
 - Definizione di un'opportuna politica di inventario
- *Decisioni chiave di tipo operativo*
 - Definizione di piani di lavoro settimanali o quotidiani
 - Approvvigionamento dei centri di distribuzione
 - Consegne dei prodotti finiti ai vari clienti

Spesso queste scelte possono avvenire in tempo reale modificando dinamicamente i piani di lavoro sulla base degli ordini dei clienti e di altre informazioni che si rendono disponibili

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni

- Un tipico problema di configurazione di una rete logistica coinvolge di una gran quantità di dati:
 - Localizzazione dei clienti, dei rivenditori e dei magazzini preesistenti
 - Costi di trasporto
 - Costi dei magazzini
 - Dimensionamento e frequenza delle spedizioni
 - Costi di processamento degli ordini
 - Requisiti dei clienti
 - Obiettivi
- ↓
- *Costruire un modello d'aggregazione dei dati*

Questo si ottiene seguendo alcuni *criteri*:

- I clienti localizzati uno vicino all'altro sono aggregati usando una griglia o altre tecniche di raggruppamento (ad esempio, codici postali)
- I prodotti vengono aggregati in un ragionevole numero di gruppi di prodotti sulla base di

Schema della distribuzione
Tipologia di prodotto

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

i. Efficacia del processo d'aggregazione delle informazioni

- L'abilità nel prevedere la domanda dei clienti al rivenditore e i livelli di produzione è generalmente scarsa
- La previsione della domanda è tanto più accurata quanto più è fatta a livello aggregato

Esempio:

Aggregazione dei dati sulla domanda di due clienti

Dati storici

Anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Cliente 1	22346	28549	19567	24457	31986	21897	19854
Cliente 2	17835	21765	19875	24346	22876	14653	24987
Totale	40181	50314	39442	48803	54862	36550	44841

Sommario dei dati storici (domanda annuale)

Statistiche	Media	Dev.Std.	Coeff.Variaz.
Cliente 1	24237	4658	0.192
Cliente 2	20905	3427	0.173
Totale	45142	6757	0.150

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

i. Efficacia del processo d'aggregazione delle informazioni (segue)

- Analisi sperimentali riportano che il processo di aggregazione dei dati in 150 o 200 punti comporta un errore sulla stima dei costi non superiore all'1%.
- Tipiche *linee guida* nel processo di aggregazione dei dati:
 - Aggregare i punti di domanda in 150 o 200 zone
 - Ogni zona dovrebbe presentare una domanda totale approssimativamente uguale
 - Porre i punti di aggregazione al centro delle rispettive zone
 - Aggregare i tipi di prodotti in 20 o 50 gruppi

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

ii. *Costruire un efficace modello per la progettazione di una rete distributiva per stimare i costi di trasporto*

- I costi si possono assumere lineari rispetto alla distanza ma non rispetto al volume trasportato
- *Stimare* i costi associati nel caso si impieghi una *flotta interna* di veicoli è in genere *semplice*
 - costi annuali per veicolo
 - distanza percorsa annuale per veicolo
 - ammontare annuale trasportato per veicolo
 - capacità veicoli



Costo per unità di distanza per unità di bene (**SKU**
stock keeping unit)

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

- *Più complicato* è stimare i costi impiegando una *flotta esterna*

Due modalità:

- *Truckload (TL)*
 - *Less Than Truckload (LTL)*
- Le imprese di trasporto di *tipo TL* suddividono il territorio in zone e forniscono ai clienti una tabella di costo (di solito non simmetrica) zona-a-zona in funzione della distanza e del mezzo impiegato
 - Le imprese di trasporto di *tipo LTL* forniscono tariffe per distanza e SKU sulla base di:
 - prodotto da trasportare
 - origine/destinazione

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

iii. Definire funzioni di stime della distanza

$$d_{ab} = \rho \cdot 69 \sqrt{(lon_a - lon_b)^2 + (lat_a - lat_b)^2}$$

d_{ab} distanza (in miglia) tra a e b

ρ fattore "circuitale" per stimare l'effettiva distanza

$\rho = 1.3$ nell'area metropolitana

$\rho = 1.14$ nell'area continentale

69 numero di miglia per grado di latitudine

lon longitudine

lat latitudine

Nota: questa espressione non tiene conto della curvatura della terra

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

iv. Stima dei costi di magazzino

- Tre componenti principali:

- *Handling costs*

- proporzionali al flusso annuale dei beni
(*annual flow*)

- *Costi fissi*

- crescenti all'aumentare delle dimensioni ma non in modo lineare

- *Costi di immagazzinamento*

- proporzionali al livello medio di inventario
(*avg. inventory level*)

v. Stima della capacità necessaria di magazzino

- Assumendo una schedula di spedizioni regolare, lo spazio necessario è $\approx 2 \alpha$

con $\alpha = \text{avg. inventory level}$

$\text{avg. invent. level} = \text{annual flow} / \text{inventory turnover ratio}$

Sistemi Logistici

8. Collezionamento delle informazioni (continua)

vi. Localizzazione magazzini

- Identificare le localizzazioni sulla base di
 - condizioni e infrastrutture del territorio
 - risorse naturali e disponibilità di manodopera
 - industria locale e regime di tassazione
 - interesse pubblico

vii. Stima requisiti di livello di servizio

- Massima distanza cliente-magazzino
- Tempo di servizio magazzino-cliente

viii. Stima domanda futura

- Le decisioni sul numero, localizzazione e dimensione dei magazzini hanno un grande impatto per i successivi 3 - 5 anni. ⇒ La **domanda varia**

Sistemi Logistici

9. Validazione dei Dati e dei Modelli

- Come assicuriamo che i dati e i modelli rappresentano accuratamente il problema di progettazione della rete di distribuzione?



- Ricostruendo la configurazione di rete preesistente utilizzando i dati collezionati, e comparando l'output del modello con i dati reali disponibili.
- Il processo di validazione ci permette di:
 - Calibrare i parametri del modello;
 - Migliorare l'utilizzo della rete preesistente;
 - Analizzare le relazioni tra le correnti procedure e i possibili miglioramenti ottenibili a seguito del ridisegno della rete.

Sistemi Logistici

10. Tecniche di Risoluzione

- Una volta che i dati sono stati collezionati, tabulati e il modello verificato il passo successivo è

- **Ottimizzare la rete logistica**

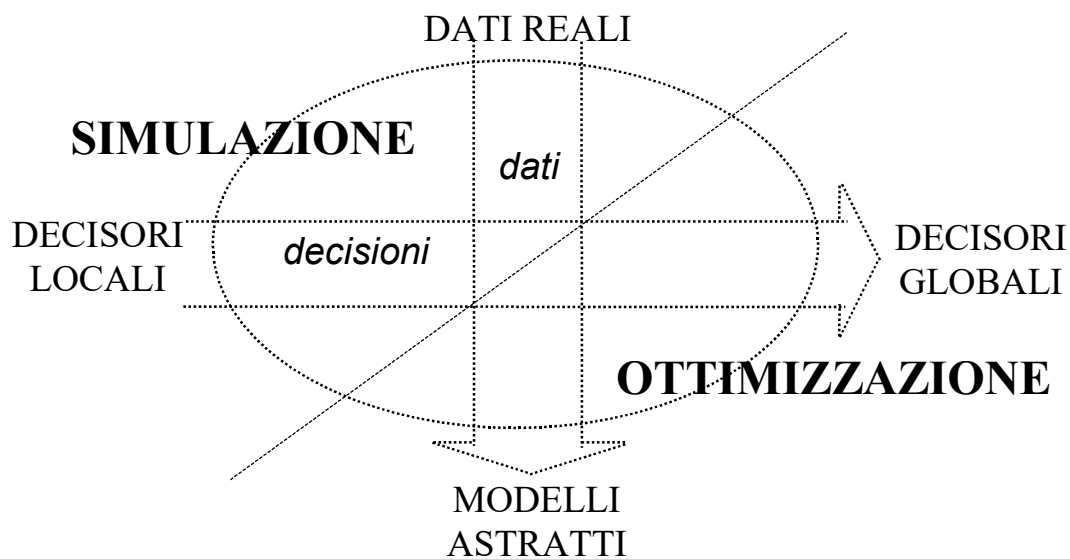
- Due tecniche vengono in pratica impiegate (spesso in maniera sinergica)

- Tecniche di ottimizzazione

- **Algoritmi esatti**

- **Algoritmi euristici**

- Tecniche di simulazione



Sistemi Logistici

10. Tecniche di Risoluzione (continua)

- Quando e perché utilizzare algoritmi esatti o euristici?
 - Gli *algoritmi esatti* permettono di individuare strategie e soluzioni che potrebbero *ridurre significativamente i costi* totali del sistema
 - *Sfortunatamente*, i *modelli* di configurazione di reti logistiche che occorre considerare nella pratica sono in genere *molto complessi*
 - Tipicamente, quando occorre *decidere* anche la *localizzazione* degli impianti, dei centri di distribuzione, ecc., il modello è di *programmazione lineare intera (PLI)*
 - Problemi di ottimizzazione tipicamente *NP-hard* (cioè computazionalmente intrattabili)
 - Pertanto, in molti casi, un algoritmo esatto può non essere applicabile nella pratica e quindi si preferisce far ricorso a tecniche euristiche.

Sistemi Logistici

10. Tecniche di Risoluzione (continua)

- Tipicamente i modelli di *ottimizzazione* sono *modelli statici*
- I modelli di *simulazione* ben si prestano a *rappresentare*
 - *Problemi di medio-grandi dimensioni*
 - *Dinamicità dei sistemi*
 - *Rappresentazione di dettaglio*
- Nello specifico, gli strumenti di simulazione permettono di includere
 - *Ordering pattern individuali*
 - *Specifiche politiche d'inventario*
 - ...
- La simulazione *non* è uno strumento di ottimizzazione
- È utile per analizzare le performance di una data configurazione

Sistemi Logistici

10. Tecniche di Risoluzione

(continua)

- Gli *strumenti di simulazione* richiedono tempo per il caricamento di tutti i dati prima di poter condurre una simulazione
- Se la caratteristica di *dinamicità del sistema* da rappresentare *non è un requisito chiave*, un modello statico può essere una valida alternativa e le *tecniche di ottimizzazione matematica* possono essere applicate
- Quando occorre rappresentare in dettaglio gli aspetti dinamici del sistema può essere conveniente far ricorso ad un *approccio a due stadi*
 - Utilizzare *strumenti di ottimizzazione per generare* un certo numero di *soluzioni* di costo minimo a livello macroscopico
 - Utilizzare *strumenti di simulazione per valutare le soluzioni generate* nella precedente fase

Sistemi Logistici

11. Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS)

- I DSS sono strumenti software che integrano le potenzialità degli strumenti di ottimizzazione e di simulazione
- Nei DSS i *dati vengono caricati, validati*; vari algoritmi di ottimizzazione vengono eseguiti per *produrre soluzioni suggerite*; queste vengono presentate in modo opportuno attraverso un *interfaccia user-friendly* all'*utente esperto* per essere giudicate
- La generazione di una soluzione accettata dall'utente è ottenuta mediante un *processo iterativo* in cui l'*utente*, tramite strumenti di rappresentazione e *simulazione*, *valuta vari scenari e l'impatto delle soluzioni proposte* e generate mediante strumenti di *ottimizzazione*

Sistemi Logistici

11. Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS)

(continua)

Requisiti:

➤ *Flessibilità*

Abilità nell'incorporare un grande insieme di caratteristiche preesistenti della rete logistica

- Requisiti sul livello di servizio ai clienti
- Nodi logistici preesistenti non espandibili
- Nodi logistici preesistenti espandibili
- Specifici pattern di assegnamento clienti a magazzini
- Flussi di beni tra magazzini
- Distinta dei materiali (bill of material)
(quando in un magazzino si assemblano beni finiti)
- ...

➤ *Robustezza*

Il DSS deve essere in grado di trattare tutti questi aspetti con piccola o *assente variazione della sua efficacia e delle sue prestazioni*

➤ *Tempi di calcolo ragionevoli*