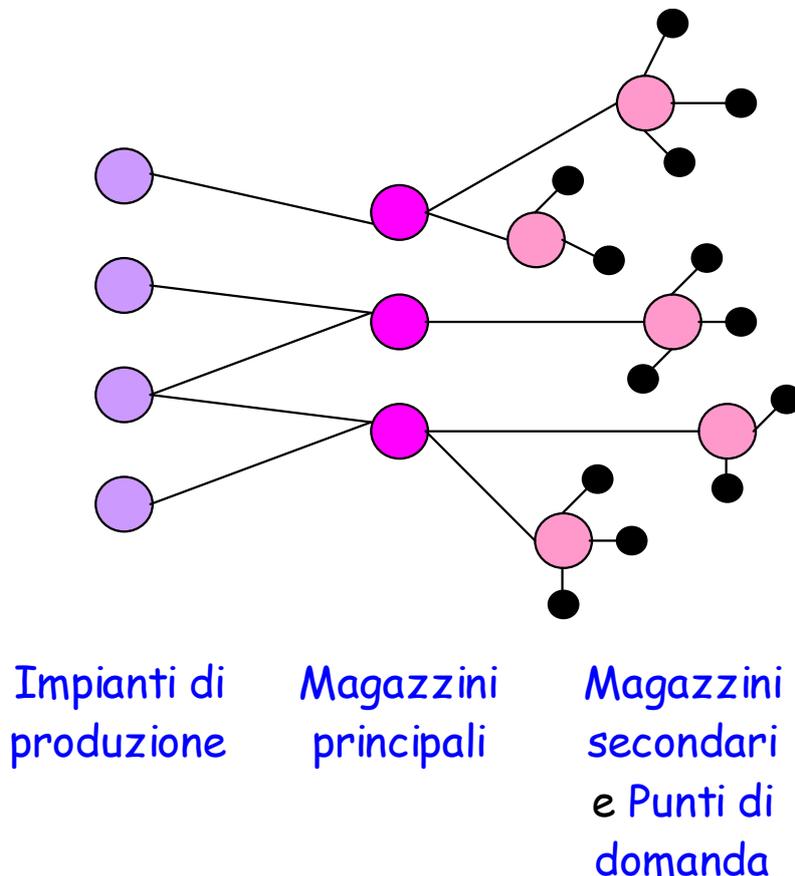


# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 1. Considerazioni preliminari

- Uno dei principali aspetti decisionali della gestione logistica è decidere *dove localizzare nuove facility*, come *impianti, magazzini, rivenditori*.
- Ad esempio, consideriamo la *localizzazione di centri di distribuzione (magazzini)* in una rete di distribuzione



- Localizzare i magazzini per
  - *minimizzare i costi di distribuzione*
  - *assicurare un adeguato livello di servizio*

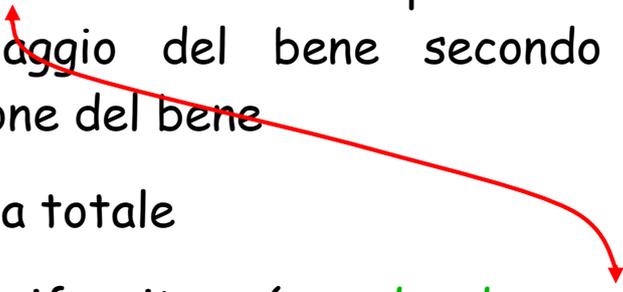
# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 1. Considerazioni preliminari (continua)

- Le decisioni di localizzazione rientrano nell'ambito della programmazione a medio-lungo termine: *decisioni strategiche*.
- Decisioni di localizzazione si hanno:
  - sistema logistico "ex novo"
  - ristrutturazione di un sistema logistico preesistente
- *Decidere il numero e i siti di localizzazione* dei magazzini costituisce un *aspetto cruciale* in un *sistema di distribuzione*, cercando di *determinare il giusto compromesso* dei requisiti della *produzione* e del *marketing*.
- Fattori che influenzano le decisioni di localizzazione dei magazzini:
  - tipo di distribuzione
  - requisiti della produzione
  - domanda del mercato
  - requisiti degli ordini d'acquisto
  - centri di domanda
  - possibili siti di localizzazione
  - requisiti progettuali dei magazzini

# Progettazione di Reti di Distribuzione

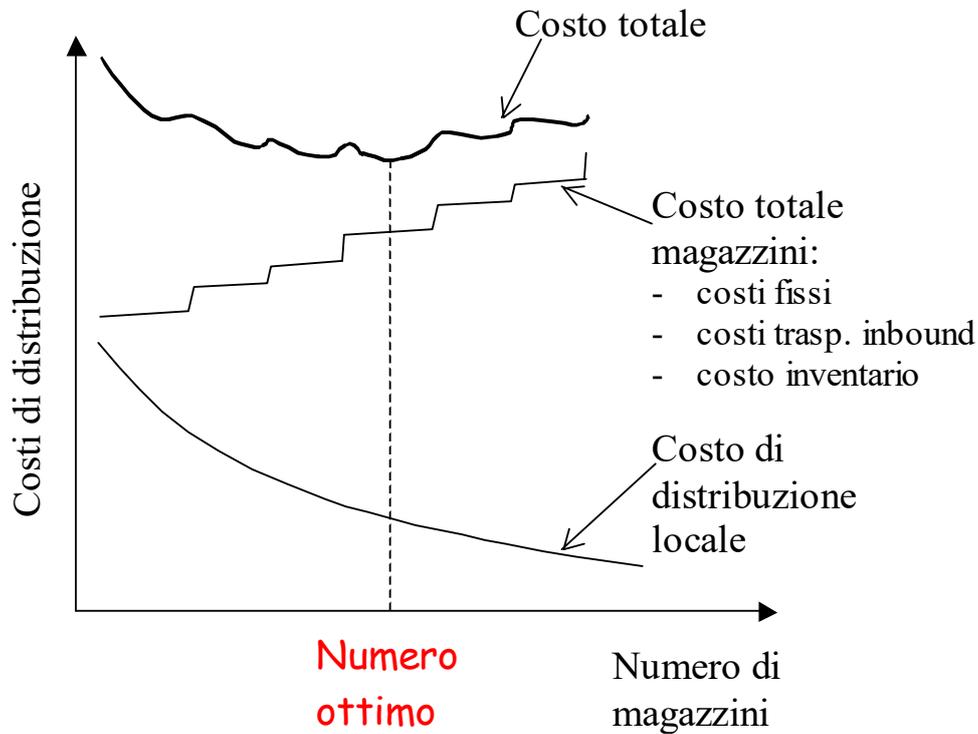
## 1. Considerazioni preliminari (continua)

- Altri fattori che influenzano le decisioni di localizzazione dei magazzini:
    - natura del bene da distribuire
    - livello di servizio richiesto dai clienti
    - costi operativi: produzione, inventario, trasporto, marketing
    - dimensioni del magazzino
    - modalità di trasporto
    - tipo di controllo: centralizzato, decentralizzato
  - Fattori che influenzano la decisione sul numero di magazzini:
    - *Order lead time*: processamento ordine, assemblaggio del bene secondo le specifiche, spedizione del bene
    - Domanda totale
    - Area di rifornimento (*max lunghezza della rotta*)
- 

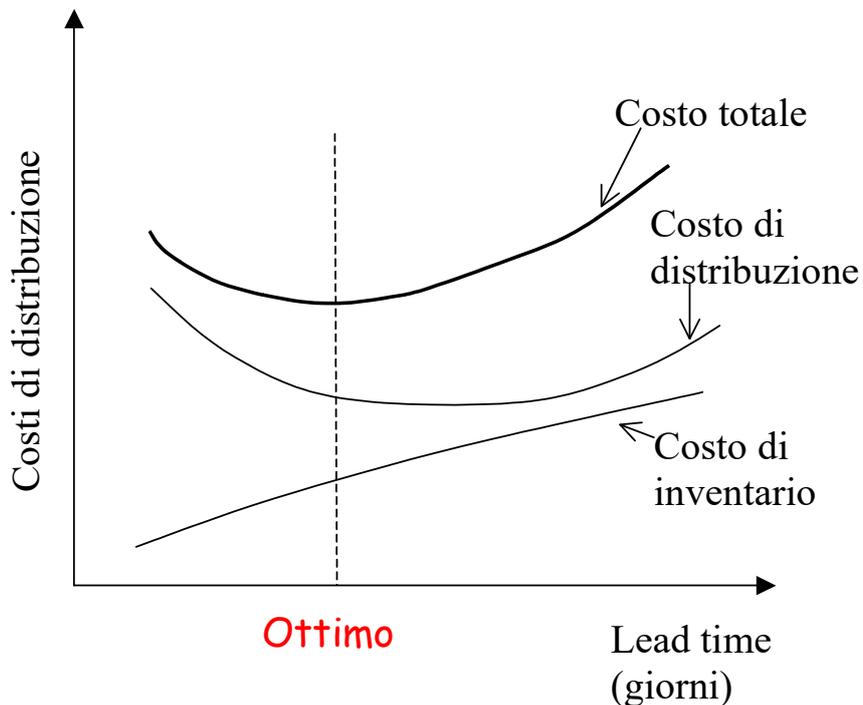
# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 1. Considerazioni preliminari (continua)

- Numero di magazzini vs Costi di distribuzione



- Lead time vs Costi di distribuzione



# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 2. Generalità problemi di localizzazione

- Peculiarità dei problemi di localizzazione è definire una scelta ottimale in un contesto spaziale
- Esempi di applicazione:
  - Localizzazione impianti industriali, magazzini, scuole, ospedali, servizi d'emergenza, ecc.
- Tipicamente, le decisioni di *localizzazione* di nodi logistici sono imprescindibili da quelle di *allocazione* della domanda ai nodi
- Si ha a che fare con problemi *localizzazione/allocazione*
- Strumenti decisionali
  - *Modelli descrittivi*  
Usati tipicamente da economisti e geografi per *descrivere fenomeni* socio-economici, migratori, di sviluppo urbano ed infrastrutturale *legati a decisioni di localizzazione*

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 2. Generalità problemi di localizzazione (continua)

- **Modelli normativi (o prescrittivi)**

*Modelli di analisi quantitativa*, in cui tipicamente esiste solo un *insieme discreto di alternative* di localizzazione prese in un contesto di *ottimizzazione discreta*

- *Localizzazione discreta*

- Decidere la migliore localizzazione di *facility* su una rete
- Sia  $G = (V, A)$  la rete dove i vertici rappresentano punti di domanda (clienti) collegati attraverso archi stradali rappresentati dagli archi della rete.
- In generale i possibili siti di localizzazione delle *facility* possono essere sia i vertici che punti sugli archi della rete  $G$ .

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 2. Generalità problemi di localizzazione (continua)

- Modelli base, singolo criterio, singolo prodotto, non capacitati, singolo periodo, deterministici
- Problemi di localizzazione *min-max*
  - *Minimizzare la massima distanza (costo) di viaggio* da un cliente (vertice) al più vicino sito (punto) dove è localizzata una facility
  - *Problema del p-centro del grafo*
    - I punti risultanti dove localizzare le facility sono detti *centri del grafo*
- Problemi di localizzazione *min-sum*
  - *Minimizzare la somma delle distanze (costi) di viaggio* dai clienti (vertici) al più vicino sito (punto) dove è localizzata una facility
  - *Problema del p-mediano del grafo*
    - I siti risultanti dove localizzare le facility sono detti *mediani del grafo*
  - Problema della *localizzazione degli impianti*

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 3. Aspetti modellistici

### Orizzonte di pianificazione

- *Modelli singolo-periodo*: le decisioni sono attuate all'inizio dell'orizzonte temporale preso in considerazione sulla base di domande e costi previsti
- *Modelli multi-periodo*: nell'orizzonte temporale, suddiviso in più periodi, sono possibili successive modifiche all'inizio dei periodi considerati

### Omogeneità dei flussi dei beni

- *Modelli singolo-prodotto*: flusso omogeneo di beni
- *Modelli multi-prodotto*: diverse tipologie di beni sulla rete di distribuzione

### Tipologia dei nodi logistici

- *Modelli singolo-tipo*: localizzazione di un solo tipo di nodo logistico
- *Modelli multi-tipo*: diversi tipi di nodi logistici da localizzare

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 3. Aspetti modellistici

(continua)

### Livelli della rete logistica

- *Modelli singolo-livello*: si considerano solo i flussi **magazzini → clienti**
- *Modelli multi-livello*: si considerano flussi coinvolgenti più livelli, **impianti → magazzini → clienti**

### Frazionabilità della domanda

- *Modelli single-sourcing (allocazione)*: la domanda di un punto di domanda deve essere soddisfatta interamente da un unico nodo logistico (per motivi amministrativi, contabili, ecc.)
- *Modelli multi-sourcing*: il soddisfacimento della domanda può essere ripartito tra vari nodi logistici

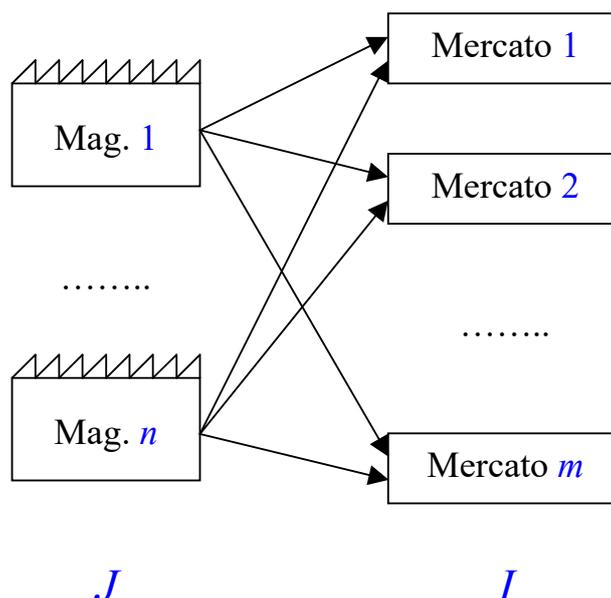
### Modalità di trasporto

- *Modelli con trasporto a pieno carico (TL)*: situazione considerata nella maggior parte dei modelli. Presuppone **collegamenti diretti tra i nodi logistici**
- *Modelli con trasporto non a pieno carico (LTL)*: in tal caso assume importanza quale politica di routing viene adottata. **Modelli di location-routing**

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

- I *modelli singolo prodotto e singolo livello* sono i più semplici e consentono di *schematizzare scenari* in cui
  - La porzione di rete d'interesse è composta da nodi logistici (*magazzini*) che riforniscono, di un solo tipo di bene, altri nodi (*mercati*)
- Si vuole *localizzare i magazzini e allocare i mercati ai magazzini* soddisfacendone la domanda
- Si vuole in tal caso *minimizzare i costi di gestione dei magazzini e di trasporto da questi ai punti di domanda*
- Si può schematizzare il problema con un grafo bipartito orientato  $G = (J \cup I, A)$



# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

- Gli *archi*  $A$  rappresentano *allocazioni magazzino-mercato ammissibili* (per livello di servizio)

- Siano:

### Parametri

- $J$  insieme di  $n$  (potenziali) magazzini
- $I$  insieme di  $m$  mercati
- $d_i$  domanda del mercato  $i$
- $Q_j$  capacità del magazzino  $j$
- $C_{ij}(\cdot)$  costo di trasporto (funzione della quantità trasportata dal magazzino  $j$  al mercato  $i$ )
- $F_j(\cdot)$  costo magazzino  $j$  (funzione del livello di attività del magazzino  $j$ )

### Variabili decisionali

- $\xi_j$  livello di attività del magazzino  $j$
- $\gamma_{ij}$  quantità di prodotto trasportata dal magazzino  $j$  al mercato  $i$

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

- La **formulazione** del problema è:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} C_{ij}(\gamma_{ij}) + \sum_{j \in J} F_j(\xi_j) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i \in I} \gamma_{ij} = \xi_j, \quad \forall j \in J & \text{(a)} \\ & \sum_{j \in J} \gamma_{ij} = d_i, \quad \forall i \in I & \text{(b)} \\ & \sum_{i \in I} \gamma_{ij} \leq Q_j, \quad \forall j \in J & \text{(c)} \\ & \gamma_{ij} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J; \quad \xi_j \geq 0, \forall j \in J \end{aligned}$$

(a) Livello d'attività  $\xi_j$  del magazzino  $j$  pari al volume dei beni trasportati a partire da questo

(b) Volume dei beni trasportati al mercato  $i$  pari alla sua domanda

(c) Livello d'attività  $\xi_j$  del magazzino  $j$  non superiore alla sua capacità  $Q_j$

- Per semplicità supporremo i **costi** di **trasporto**  $C_{ij}(\gamma_{ij})$  **lineari**:

$$C_{ij}(\gamma_{ij}) = t_{ij} \gamma_{ij}$$

dove  $t_{ij}$  è il costo unitario di trasporto dal magazzino  $j$  al mercato  $i$ .

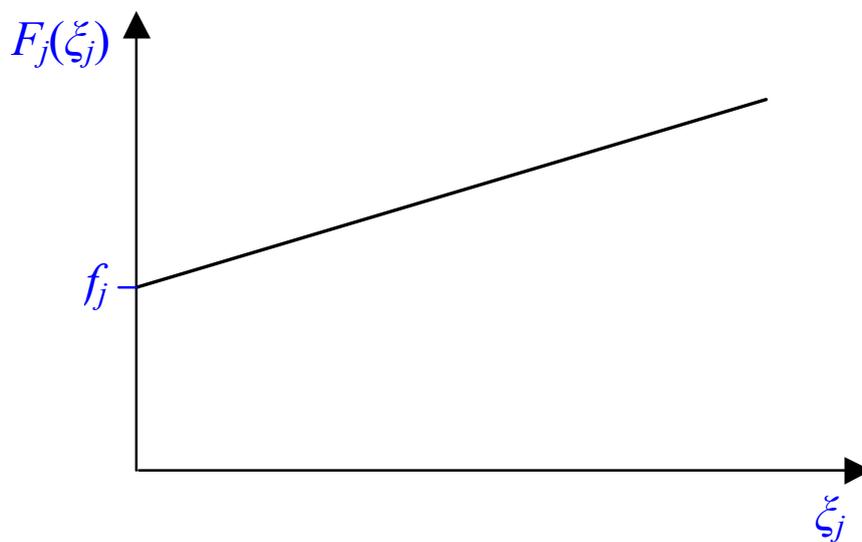
# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

- Per quel che riguarda i **costi** di **esercizio**  $F_j(\xi_j)$  consideriamo tre ipotesi:

a) Costo di esercizio  $F_j(\xi_j)$  del tipo:



$$F_j(\xi_j) = \begin{cases} f_j + q_j \xi_j & \text{se } \xi_j > 0 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

- dove  $f_j$  è il **costo di avviamento** (**fisso**) e  $q_j$  è il **costo marginale** unitario del **magazzino j**.  
 $q_j \xi_j$  è il **costo variabile** del **magazzino j**.
- Introducendo la **variabile decisionale**  $x_j \in \{0, 1\}$  di **attivazione magazzino j**, con  $x_j = 1$  se il magazzino  $j$  è **attivo**, 0 altrimenti, la funzione obiettivo diviene:

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} t_{ij} \gamma_{ij} + \sum_{j \in J} q_j \xi_j + \sum_{j \in J} f_j x_j = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} (t_{ij} + q_j) \gamma_{ij} + \sum_{j \in J} f_j x_j$$

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

- Introducendo la **variabile**  $y_{ij}$  (con  $y_{ij} \geq 0$ ) di **allocazione mercato(i)/magazzino(j)**, in modo che  $d_i y_{ij} = \gamma_{ij}$ , e ponendo  $c_{ij} = d_i(t_{ij} + q_j)$  la formulazione diviene:

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} y_{ij} + \sum_{j \in J} f_j x_j$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{i \in I} d_i y_{ij} \leq Q_j x_j, \quad \forall j \in J$$

$$y_{ij} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J; \quad x_j \in \{0, 1\}, \forall j \in J$$

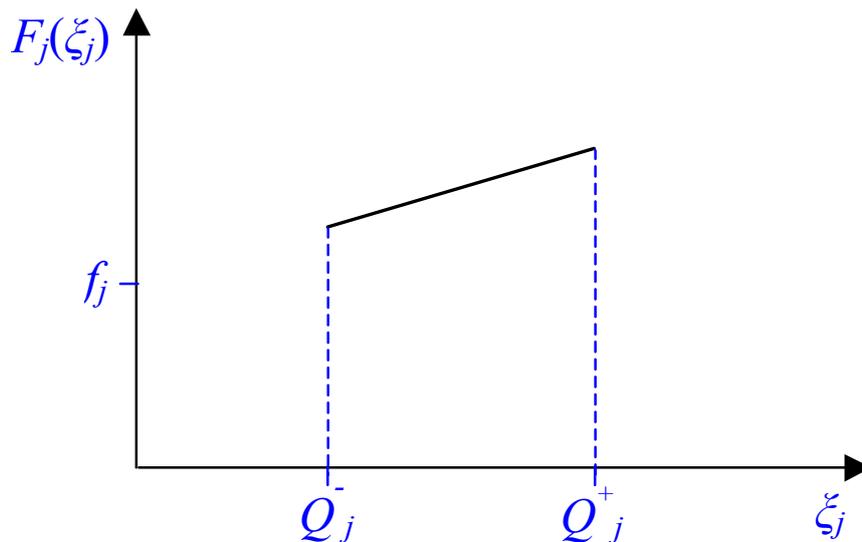
- Questa è la formulazione del **problema di localizzazione degli impianti capacitato (CFLP)**
- Nel seguito esamineremo in dettaglio la **versione non-capacitata (UFLP)**.
- Successivamente ritorneremo ad esaminare alcuni aspetti risolutivi del modello capacitato.

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

b) Costo di esercizio  $F_j(\xi_j)$  del tipo:



$$F_j(\xi_j) = \begin{cases} f_j + q_j \xi_j & \text{se } Q_j^- \leq \xi_j \leq Q_j^+ \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Si considera la **variabile decisionale**  $x_j \in \{0, 1\}$  di **attivazione magazzino  $j$** , e i vincoli di capacità

$$Q_j^- x_j \leq \sum_{i \in I} d_i y_{ij} \leq Q_j^+ x_j, \quad \forall j \in J$$

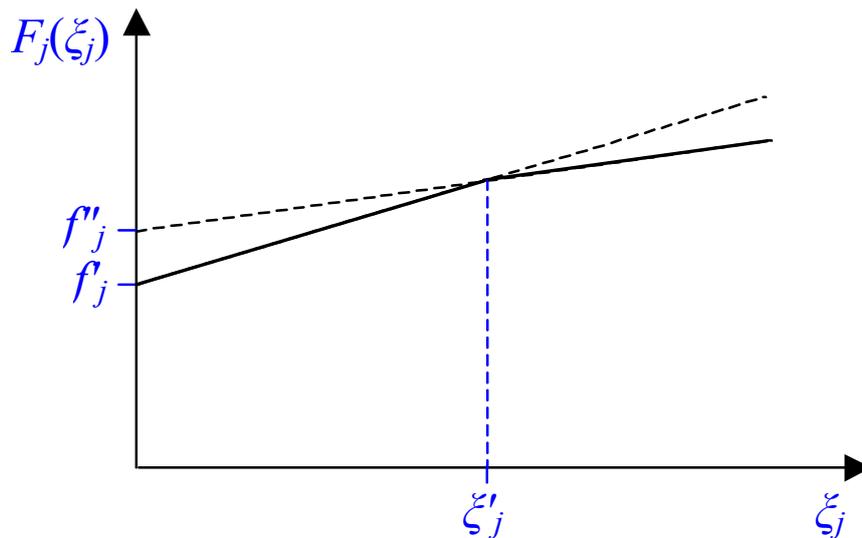
- Con questi vincoli, ci si riconduce al caso a).

# Progettazione di Reti di Distribuzione

## 4. Modelli a singolo prodotto e singolo livello

(continua)

c) Costo di esercizio concavo lineare a tratti  $F_j(\xi_j)$ :



$$F_j(\xi_j) = \begin{cases} f_j'' + q_j'' \xi_j & \text{se } \xi_j > \xi_j' \\ f_j' + q_j' \xi_j & \text{se } 0 < \xi_j \leq \xi_j' \\ 0 & \text{se } \xi_j = 0 \end{cases}$$

con, ovviamente,  $f_j < f_j'$  e  $q_j' > q_j''$

- Si può modellare questo caso sostituendo ogni  $j$  con tanti nodi fittizi quanti sono i tratti lineari della  $F_j(\xi_j)$ .
- Ci si riconduce così al caso a), giacché si dimostra che in ogni soluzione ottima al più uno dei nodi fittizi risulta attivato.