

Esercizio 1

A) Un'azienda produttrice di prodotti alimentari ha a disposizione 3 impianti di produzione. L'azienda vuole pianificare la distribuzione per il prossimo triennio, impiegando la strategia di **cross-docking**, avvalendosi di un insieme di **centri di coordinamento della distribuzione** da attivare in 5 possibili siti, per rifornire 7 mercati (clienti).

Sono dati:

- Costi di produzione e trasporto (inbound) per unità di bene a_{ij}^t da ciascun impianto l a ciascun centro di coordinamento j per ciascun periodo annuale t ;
- Costi di trasporto (outbound) per unità di bene t_{ji}^t per servire ciascun mercato i da ciascun centro di coordinamento j per ciascun periodo annuale t ;
- Costi fissi di attivazione e gestione f_j^t di ciascun centro di coordinamento j e per ciascun periodo annuale t ;
- Capacità di produzione b_l^t per ciascun impianto l e per ciascun periodo annuale t ;
- Annual flow (capacità) Q_j^t di ciascun centro di coord. j e per ciascun periodo annuale t ;
- Domande previste d_i^t per ciascun mercato i e per ciascun periodo annuale t .

Le ipotesi di partenza per il disegno della rete logistica sono:

- a. domanda frazionabile
- b. costo trascurabile per eventuali cambiamenti di allocazione mercati - centri di coordinamento da un periodo all'altro.

Si vuole attivare i centri di coordinamento e allocare impianti e mercati ai centri di coordinamento attivati in modo da minimizzare i costi totali nel successivo triennio, supponendo di poter effettuare le decisioni all'inizio di ciascun anno.

A1) Formulare matematicamente il problema, definendo parametri, variabili, vincoli e f.o.

B) Supponiamo invece che l'azienda, che dispone dei 3 impianti di produzione, vuole pianificare la distribuzione dei suoi prodotti all'inizio del prossimo triennio, avvalendosi di un insieme di **magazzini** da scegliere tra 5 possibili siti, per rifornire i 7 mercati (clienti).

Sono dati:

- Costi di produzione e trasporto (inbound) a_{ij} per unità di bene da ciascun impianto a ciascun magazzino pari a K
- Capacità produttive annuali b_l degli impianti praticamente *illimitate*
- Costo fisso annuale di gestione f_j per ciascun magazzino j
- Costo di movimentazione (handling) per unità di bene h_j per ciascun magazzino j
- Capacità annuale Q_j per ciascun magazzino j
- Domanda annuale prevista d_i per ciascun mercato i
- Prezzi di vendita per unità di bene p_i per ciascun mercato i
- Ai fini della valutazione dei costi di trasporto per unità di bene per rifornire il mercato i attraverso il magazzino j , si supponga che:
 - Si impiegano mezzi di trasporto di capacità τ che viaggiano a pieno carico dal magazzino j al mercato i , consegnano i beni, e ritornano vuoti al centro di distr. j .
 - Il costo di trasporto per unità di distanza (comprensivo di retribuzione equipaggio) è pari a γ per ciascun mezzo di trasporto.
 - La distanza tra il magazzino j e il mercato i è pari a δ_{ij} .

Si vuole attivare un sottoinsieme dei possibili centro di distribuzione e allocare i mercati ai magazzini attivati in modo da massimizzare il profitto totale annuale nell'ipotesi di domanda non frazionabile (*single assignment*).

B1) Formulare matematicamente il problema, definendo parametri, variabili, vincoli e f.o.

B2) A quale problema di localizzazione corrisponde?

C) Supponendo che per ciascun magazzino j la capacità annuale Q_j è sufficiente a far fronte alla domanda annuale di tutti i mercati,

C1) Come si modifica la formulazione? A quale problema ci si riconduce in tal caso?

C2) Discutere la complessità del problema. Se NP-hard definire il problema NP-completo utilizzato nella prova di NP-hardness.

D) Si analizzi il problema individuato al punto C) supponendo che:

- Ai fini della valutazione dei *costi di trasporto per unità di bene* (tonnellata) si supponga che:
 - La *capacità dei mezzi di trasporto* è $\tau = 400$ kg.
 - Il *costo di trasporto per unità di distanza* di ogni mezzo è $\gamma = 2$ €/km
 - La matrice delle *distanze* $\{\delta_{ij}\}$ tra mercati e magazzini è:

δ_{ij} (km)	Mag. 1	Mag. 2	Mag. 3	Mag. 4	Mag. 5
Mercato 1	1310	1340	1490	1240	1460
Mercato 2	1640	1610	1690	1640	1690
Mercato 3	1350	1300	1350	1190	1350
Mercato 4	1640	1690	1660	1560	1640
Mercato 5	1260	1190	1290	1040	1110
Mercato 6	1900	1790	1690	1640	1580
Mercato 7	1730	1840	1710	1500	1640

- *Costi fissi annuali* dei magazzini siano i seguenti:

f_j	Mag. 1	Mag. 2	Mag. 3	Mag. 4	Mag. 5
€	4000	4000	3000	4000	4000

- *Costi di movimentazione (handling) unitari* dei magazzini siano i seguenti:

h_j	C.Distr. 1	C.Distr.2	C.Distr.3	C.Distr.4	C.Distr.5
€/kg	6	6	6	6	6

- Le *domande (stimate) annuali* in chilogrammi dei mercati siano le seguenti:

d_i	Mercato 1	Mercato 2	Mercato 3	Mercato 4	Mercato 5	Mercato 6	Mercato 7
kg	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

- I *prezzi di vendita unitari* ai mercati siano i seguenti:

p_i	Mercato 1	Mercato 2	Mercato 3	Mercato 4	Mercato 5	Mercato 6	Mercato 7
€/kg	25	25	25	25	25	25	25

D1) Completare la matrice profitti π_{ij} di allocazione del mercato i al magazzino j

π_{ij} (€)	Mag. 1	Mag. 2	Mag. 3	Mag. 4	Mag. 5
Mercato 1	59000	56000	41000	66000	44000
Mercato 2	26000	29000	21000	26000
Mercato 3	55000	60000	55000	71000	55000
Mercato 4	21000	24000	34000	26000
Mercato 5	64000	71000	61000	86000	79000
Mercato 6	0	11000	21000	26000	32000
Mercato 7	17000	6000	19000	26000

D2) Determinare una soluzione ammissibile del problema utilizzando un algoritmo greedy.

D3) Migliorare la soluzione trovata mediante un algoritmo di ricerca locale specificando l'allocazione dei clienti ai magazzini.

D4) Calcolare la distanza relativa (in %) del valore della la soluzione determinata al punto precedente rispetto all'upper bound fornito da un algoritmo euristico di discesa duale.

E) Supponendo che le capacità annuali Q_j , per ciascun magazzino j , siano

Q_j	Mag. 1	Mag. 2	Mag. 3	Mag. 4	Mag. 5
	30000	30000	30000	55000	30000

E1) La soluzione determinata al punto D3 è ancora ammissibile?

E2) Se non lo è, supponendo di poter frazionare la domanda dei clienti, formulare un'ipotesi (ammissibile) di ripartizione della domanda dei clienti, supponendo fissata la scelta di localizzazione dei magazzini ottenuta al punto D3, riportando il valore della nuova soluzione.

Esercizio 2

La Info-Services è un'azienda che rivende articoli per l'office automation. La catena di distribuzione è costituita da 6 punti di rivendita e n centri di distribuzione che riforniscono i 6 rivenditori.

Dai dati storici relativi allo scorso trimestre si prevede che per il generico rivenditore la domanda media di confezioni di cartucce per stampanti laser a colori sarà di 180 unità al mese, e la deviazione standard pari a 63. Considerando il generico rivenditore, la società vuole pianificare gli ordini di confezioni di cartucce per il nuovo semestre in modo da soddisfare la domanda, sapendo che:

- Il costo unitario della cartuccia è di 35 € e se si ordinano meno di 300 stampanti, altrimenti sul costo unitario è praticato uno sconto del 5% (applicato su tutta la merce ordinata);
- Il costo fisso di emissione di un ordine è di 200 €;
- Il tasso di interesse mensile maggiorato dai costi di gestione e di magazzino è del 1,9 %;
- Il livello di servizio da assicurare sia pari al 97,72% ($z_\alpha = 2$);
- Il tempo di riordino (lead time) si può assumere costante e pari 0,3 mesi;
- L'approvvigionamento è a lotti.

A) **Determinare tutti i parametri utili** per l'applicazione delle seguenti politiche e **descriverle brevemente**:

- fixed order quantity*
- fixed period quantity*

B) Per ognuna delle politiche a) e b), valutare il **costo medio (atteso) mensile di gestione dell'inventario (costo fisso approvvigionamento + costo di stoccaggio in magazzino)** e riportare l'**indice di rotazione di magazzino semestrale (atteso)**.

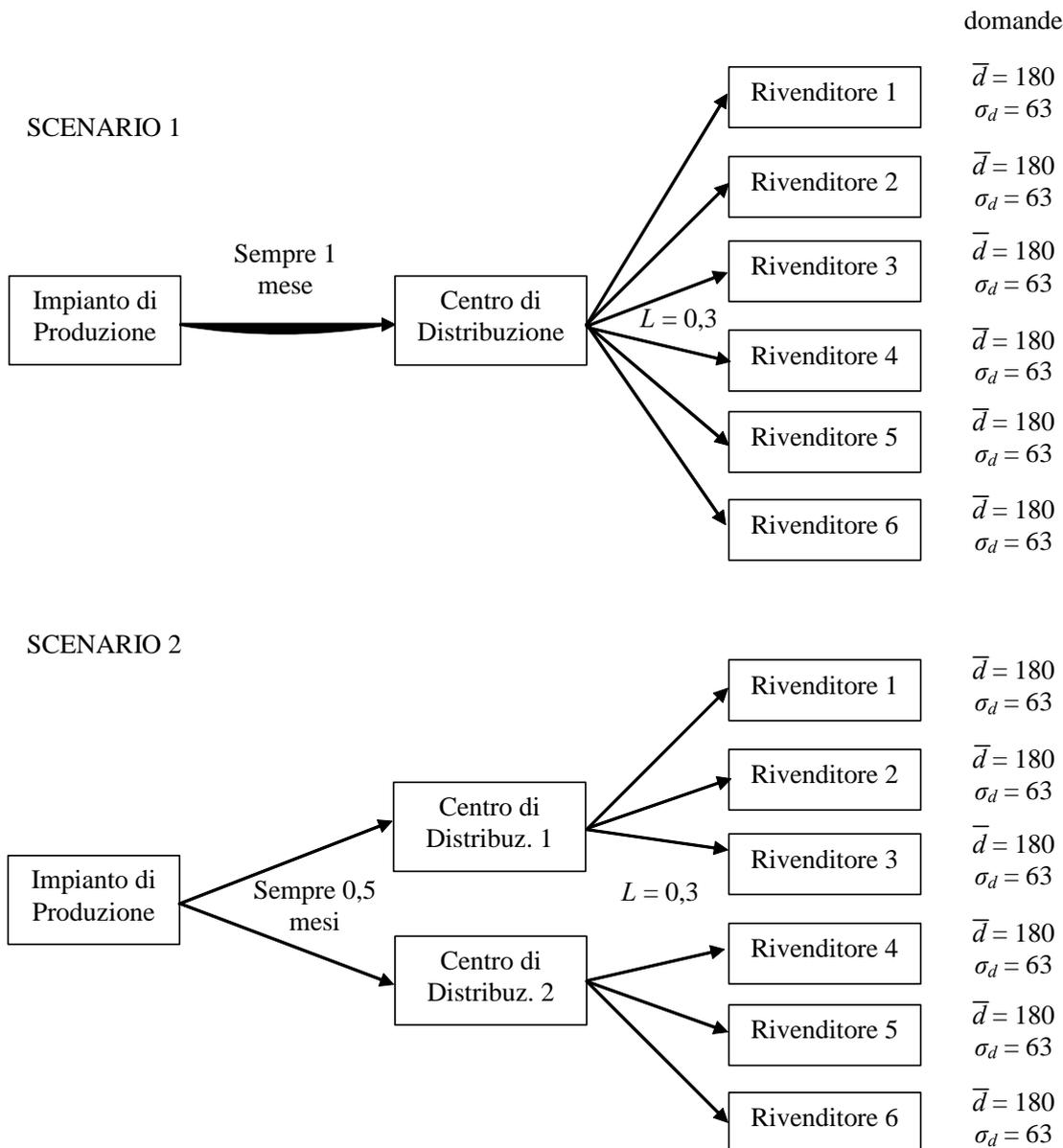
C) **Rappresentare graficamente** (indicativamente) come potrebbe essere l'andamento della posizione e del livello d'inventario nel tempo in funzione dei parametri utili determinati al punto A) per le delle politiche a) e b).

D) Si supponga che durante i tre mesi del nuovo trimestre si applichi la politica (s, S) con $s = 180$ unità $S = 450$ unità $T = 1,5$ mesi, che il lead time sia sempre pari a 0,333 mesi (10 giorni) e che queste siano le reali domande mensili per le confezioni di cartucce

I mese	II mese	III mese
180	222	190

Commentare brevemente la politica (s, S) , e rappresentare graficamente (tramite una spezzata) **l'andamento della posizione e del livello di inventario in funzione del tempo (possibilmente espresso in giorni – 1 mese = 30 giorni)**, specificando le coordinate dei punti in cui cambia la pendenza della spezzata, supponendo che all'inizio del periodo il *livello (iniziale) delle scorte sia di 250 cartucce*, e che il primo controllo del livello d'inventario venga effettuato dopo 15 giorni.

E) Si supponga che per la scelta del numero n di centri di distribuzione che completano la configurazione della supply chain della Info-Services, occorre scegliere uno dei due seguenti scenari ammissibili (il primo con $n = 1$, il secondo con $n = 2$), riportati in figura, dove sono riportate anche le stime sulle domande e sui tempi di riordino. In particolare,



Motivare qualitativamente quale dei due scenari è più conveniente dal punto di vista del costo totale atteso mensile di gestione inventario (costo fisso approvvigionamento + costo di stoccaggio in magazzino + costo assicurazione e trasporto merce in transito) della supply chain, supponendo che:

- presso i rivenditori si applichi la politica a) definita al punto A).
- presso i centri di distribuzione si applichi localmente una politica in cui l'inventario è revisionato continuamente e non sono presenti costi fissi di approvvigionamento, mentre il costo di stoccaggio unitario mensile è lo stesso di quello dei singoli rivenditori.
- che i centri di distribuzione siano a conoscenza dei dati stimati sul tasso di domanda di ciascun mercato ($\bar{d} = 180$; $\sigma_d = 63$);
- il costo per unità di bene mensile per l'assicurazione e il trasporto della merce in transito (su tutta la rete) è pari a 2 volte quello di stoccaggio.
- il livello di servizio sia $\alpha = 97,72\%$ ($z_\alpha = 2$) per tutti i centri logistici

Verificare successivamente quanto asserito da un punto di vista qualitativo valutando quantitativamente il suddetto costo nei due scenari.