

Capitolo 4: Gestione delle Scorte

ESERCIZIO 4.1: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

In un'azienda si vuole calcolare il lotto economico ed il punto di riordino per il suo prodotto α , in modo da garantire un livello di servizio del 95% ($k = 1,65$). Sono noti i dati relativi alla domanda nelle ultime 10 settimane di vendita (1 anno = 50 settimane):

Tabella 4.1: domanda settimanale del prodotto α nelle ultime 10 settimane di vendita [migliaia di pezzi].

Settimana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda α	20	30	25	35	30	25	30	20	35	25

Sono inoltre note le seguenti informazioni:

- tempo di approvvigionamento: 1 mese (4 settimane);
- manodopera: 1 €/unità di α ;
- materie prime: 2 €/unità di α ;
- energia: 1 €/unità di α ;
- ammortamento stabile: 1.000.000 €/anno;
- quota di spese generali: 250.000 €/anno;
- costo di setup: 30.000 €/setup;
- costo del capitale: 6%/semestre

Si supponga una perfetta indipendenza statistica tra le domande relative a periodi successivi.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.1 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

La *Domanda media* è pari a 27.500 pezzi/settimana, calcolata sulle 10 settimane di osservazione. Quindi la domanda annua è pari a 27.500 pezzi/settimana * 50 settimane/anno = 1.375.000.

La *deviazione standard* della domanda è pari a 5.400 pezzi/settimana.

Per il calcolo del lotto economico è necessario conoscere il valore di ogni unità prodotta, pari alla somma dei costi anticipati:

$$Valore = (1 + 2 + 1) = 4 \text{ €/pezzo (nell'ipotesi di manodopera flessibile).}$$

È di conseguenza possibile calcolare il lotto economico come segue (il costo del capitale nella formula è espresso in %/anno):

$$EOQ = [(2 * 30.000 * 1.375.000)/(4 * 0,12)]^{1/2} = 414.578 \text{ pezzi}$$

Il livello di riordino sarà dato da:

$$LR = 27.500 * 4 + 1,65 * 5.400 * 4^{1/2} = 127.820 \text{ pezzi}$$

ESERCIZIO 4.2: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

Un'azienda vuole calcolare il lotto economico e il livello di riordino per il prodotto SUCCESS che realizza al suo interno, noti i seguenti dati:

Tabella 4.2: andamento della domanda di SUCCESS negli ultimi dieci mesi [pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda	260	280	310	260	280	260	240	280	310	320

Tabella 4.3: dati economici.

Prezzo di vendita:	500 €/pezzo
Costo del capitale:	20 %/anno
Costo variabile:	300 €/pezzo
Costo fisso:	250 M€/anno
Costo di setup:	10.000 €/setup

Tabella 4.4: altri dati.

Ritmo produttivo:	20 pezzi/giorno
Tempo di apertura dell'impianto (che coincide con il periodo in cui si manifesta la domanda):	1 anno = 10 mesi = 200 giorni
Tempo di rifornimento medio:	10 Giorni
Deviazione standard del tempo di rifornimento:	2 Giorni
Livello di servizio atteso:	95% (k = 1.65)

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.2 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Si procede ricavando dal testo i dati necessari al calcolo dei parametri richiesti. La domanda media (D) si ricava pari a 280 pezzi/mese mentre la deviazione standard (σ) risulta di 26,25 pezzi/mese. Sono invece esplicitamente contenuti nel testo i rimanenti dati necessari: il costo variabile (p), il costo di setup (a), il costo del denaro (Cm), il ritmo produttivo (r), il tempo di rifornimento (TR), la sua deviazione standard (σ_{TR}) e i giorni di apertura (H). Applicando le formule note, si ottiene:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm\left(1 - \frac{D}{Hr}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 2800}{300 \cdot 0.2 \cdot \left(1 - \frac{2800}{200 \cdot 20}\right)}} = 1763 \text{ pezzi}$$

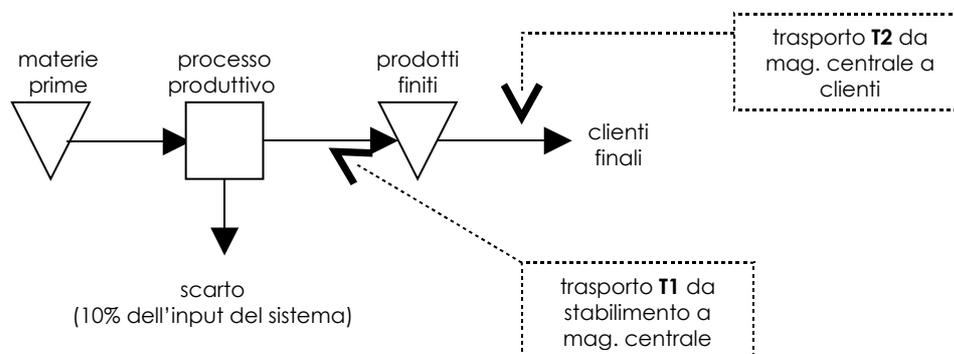
$$SS = k\sigma_{comb} = k\sqrt{\sigma^2 TR + \sigma_{TR}^2 D^2} = 1.65 \sqrt{(26,25)^2 \frac{10}{20} + \left(\frac{2}{20}\right)^2 (280)^2} = 55 \text{ pezzi}$$

$$LR = D * TR + SS = 98 \text{ pezzi.}$$

ESERCIZIO 4.3: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

La seguente figura illustra il flusso dei materiali nel sistema produttivo monoprodotto e monostadio BBB:

Figura 4.1: flusso dei materiali nel sistema produttivo.



Come si osserva dalla figura, il processo produttivo trasforma le materie prime in prodotto finito generando uno scarto pari al 10% di ciò che entra nel sistema. Le materie prime sono stoccate in un magazzino che non presenta problemi dal punto di vista gestionale, tanto da poterlo considerare infinito (materie prime sempre disponibili).

- (i) Si vuole determinare il lotto economico con cui gestire il magazzino prodotti finiti conoscendo i seguenti dati (PF = prodotto finito):
- costo di materia prima, $c_{mp} = 35 \text{ €/PF}$
 - costo energia, $c_{ene} = 10 \text{ €/PF}$
 - nel reparto produttivo lavorano 5 tecnici specializzati dipendenti che costano all'azienda 30.000 euro all'anno ciascuno; essi lavorano per 200 giorni all'anno, su un turno di 8 ore giornaliero
 - costo di trasporto T1, $c_{T1} = 5 \text{ €/PF}$
 - costo di trasporto T2, $c_{T2} = 10 \text{ €/PF}$
 - tasso di mantenimento a scorta, $i = 10\%/anno$
 - costi vivi di riavvio dopo un periodo di inattività della macchina, $a = 2.000 \text{ €/riavvio}$
 - domanda del prodotto finito $D = 10.000 \text{ PF/anno}$
 - capacità produttiva, $CP = 16.000 \text{ PF/anno}$
 - ritmo produttivo, $r = 10 \text{ pezzi all'ora}$
 - durata di ogni riavvio, $t_{riavvio} = 10 \text{ ore/riavvio}$.
- (ii) Dopo aver calcolato il lotto economico, si calcoli il numero di lanci in produzione che è necessario effettuare in un anno.
- (iii) Si tracci infine nel diagramma (Numero di pezzi, Numero di riavvii) la retta che esprime il vincolo della capacità produttiva e si collochi il punto rappresentativo dell'azienda BBB.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.3 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

(i) Determinazione del lotto economico.

Si comincia con il ricavare l'Economic Order Quantity con cui gestire il magazzino prodotti finiti. Sapendo che, nel caso di domanda nota deterministicamente e di consegne non gradualì (è lecito supporre che il lotto economico di prodotti finiti venga trasferito al magazzino in un'unica soluzione), la formula dell'EOQ risulta:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}}$$

Il costo di ordinazione (a) è pari a 2.000 € (l'ordinazione provoca, infatti, il riavvio dell'impianto, riavvio a cui sono appunto associati i 2.000 € del costo vivo di setup), che la domanda (D) è di 10.000 pezzi/anno, che il costo annuale di mantenimento a scorta (Cm) è pari al 10%/anno e, infine, che il valore (p) associato al prodotto finito che arriva a magazzino risulta:

$$\begin{aligned} p &= \text{Costo unitario delle materie prime} + \text{Costo unitario di energia} + \text{Costo unitario di trasporto T1} \\ &= 35 \text{ €/pezzo} + 10 \text{ €/pezzo} + 5 \text{ €/pezzo} = 50 \text{ €/pezzo} \end{aligned}$$

Il costo di trasporto T2 non è infatti differenziale in quanto insorgere dopo il prelievo dal magazzino.

Il lotto economico in questione sarà dunque dato da:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 10000}{50 \cdot 0.1}} = 2.828,43 \text{ pezzi} \approx 2.829 \text{ pezzi}$$

(ii) Determinazione del numero di lanci in produzione.

Disponendo dell'ammontare del lotto economico è facile ricavare il numero di lanci che devono essere fatti in produzione nel corso di un anno. Per ottenerlo è sufficiente dividere il valore della domanda annua per quello dell'EOQ, cioè:

$$\begin{aligned} \text{Numero di lanci in un anno} &= \text{Domanda annua} / \text{Lotto economico} = \\ &= (10.000 \text{ pezzi/anno}) / (2.829 \text{ pezzi/lancio}) = 3,53 \text{ lanci/anno} \end{aligned}$$

Il valore ottenuto suggerisce che, ad anni alterni, l'azienda realizzerà 3 e 4 lanci.

(iii) Rappresentazione del vincolo di capacità produttiva.

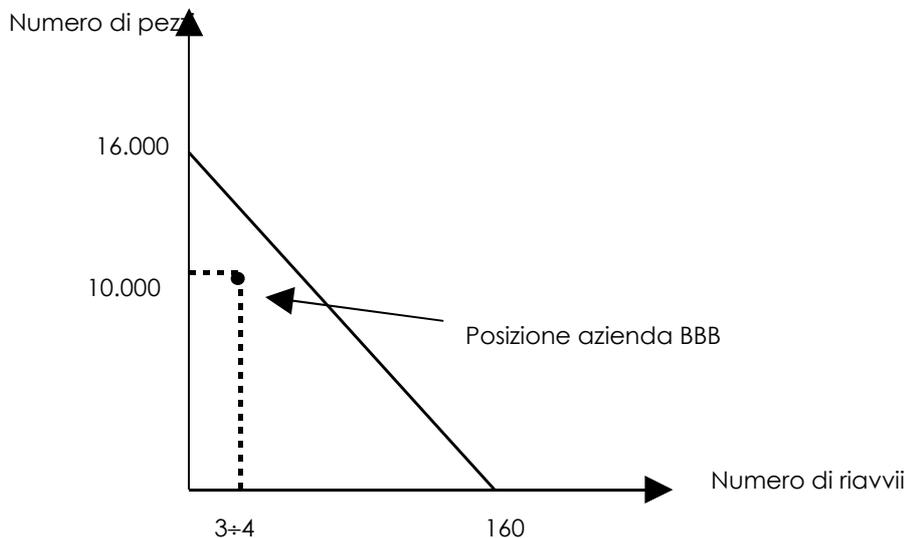
Per ricavare la retta che nel diagramma (Numero di pezzi, Numero di riavvii) esprime il vincolo di capacità produttiva basta naturalmente individuare due punti appartenenti ad essa; in particolare è agevole rilevare i punti in cui la retta in questione interseca rispettivamente l'asse delle ascisse e quello delle ordinate, ovvero quelli che descrivono un impiego delle ore complessivamente lavorabili in un anno dall'impianto alternativamente solo per riavvii e solo per produzione. In quest'ultimo caso le coordinate del punto in esame nel diagramma (Numero di pezzi, Numero di riavvii) saranno ovviamente (0, 16.000), mentre, per ottenere quelle dell'intersezione tra la retta e l'asse delle ascisse occorre fare alcune considerazioni.

E' noto che le ore complessivamente lavorabili in un anno dall'impianto sono 1.600 ore. Poiché l'alternativa che si sta considerando è quella di sacrificare la produzione a scapito dei riavvii, si avrà che le 1.600 ore lavorabili in un anno verranno impiegate completamente per eseguire riavvii; sapendo, poi, che il tempo necessario per condurre un'operazione di setup è pari a 10 ore, si avrà che il numero massimo di riavvii eseguibili in un anno è:

$$\text{Numero massimo di riavvii in un anno} = 1.600 \text{ ore/anno} * 1/(10 \text{ ore/riavvio}) = 160 \text{ riavvii/anno}$$

Ecco, quindi, che nel diagramma (Numero di pezzi, Numero di riavvii) le coordinate del punto appartenente sia alla retta che esprime il vincolo di capacità sia all'asse delle ascisse risultano: (160, 0). Graficamente si avrà:

Figura 4.2: vincolo di capacità e posizionamento dell'azienda BBB.



ESERCIZIO 4.4: MODELLO A INTERVALLO DI RIORDINO FISSO

Sono riportati i dati di domanda (in pezzi) del prodotto finito realizzato da un'azienda del milanese:

Tabella 4.5: domanda [pezzi/settimana].

Settimana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda	40	50	60	35	50	45	55	60	65	40

Sono note le seguenti informazioni:

- 5 gg/settimana e 52 settimane/anno
- si può assumere indipendenza statistica tra le domande di periodi successivi
- il prodotto viene gestito a scorta con il metodo a intervallo di riordino fisso, l'intervallo di riordino è di 10 gg
- il costo delle materie prime per unità di prodotto è di 6€
- il costo dell'energia per produrre una unità di prodotto è di 6€
- il costo di un setup è di 9€
- il tempo di approvvigionamento è di 15 giorni
- il tasso di mantenimento a scorta è del 10%
- il livello di servizio richiesto è del 95%

Calcolare:

- la scorta di sicurezza;
- il livello obiettivo;

(iii) la giacenza media a valore.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.4 (MODELLO A INTERVALLO DI RIORDINO FISSO)

(i) Scorta di sicurezza.

Si cominci con il calcolare la scorta di sicurezza. E' noto che essa, nel caso di intervallo fisso di riordino e di invariabilità del tempo di risposta del fornitore, è data dall'equazione:

$$SS = \sigma_D \cdot k \cdot (IE + TR)^\mu$$

ove σ_D è la deviazione standard della domanda, k un parametro il cui valore è funzione del livello di servizio che si vuole garantire, IE e TR rispettivamente l'intervallo di riordino ed il tempo di risposta del fornitore (entrambi devono essere espressi con una granularità temporale coerente con quella secondo la quale viene aggregata la domanda) e μ un parametro il cui valore dipende dal fatto che le domande di periodi successivi siano tra loro correlate ($\mu = 1$) o meno ($\mu = 0,5$). Nel caso specifico vale:

- $\sigma_D = 10$ pezzi/settimana
- $k = 1,65$ (questo è il valore che tale parametro assume in corrispondenza di un livello di servizio desiderato pari al 95%)
- $IE = 10$ giorni = (10 giorni) / (5 giorni/settimana) = 2 settimane
- $TR = 15$ giorni = (15 giorni) / (5 giorni/settimana) = 3 settimane
- $\mu = 0,5$ (le domande di settimane diverse sono tra loro non correlate).

La scorta di sicurezza risulta allora pari a:

$$SS = 10 \cdot 1,65 \cdot (2 + 3)^{\frac{1}{2}} = 39 \text{ pezzi} \cdot$$

(ii) Livello obiettivo.

Per quanto concerne il livello obiettivo esso è dato dall'espressione:

$$LO = D * (IE+TR) + SS$$

ove D è il valore medio della domanda che, in questo caso particolare, risulta pari a 50 pezzi/settimana. Avendo tutti i dati necessari è possibile procedere al calcolo del livello obiettivo:

$$LO = 50 \text{ pezzi/settimana} * (2 \text{ settimane} + 3 \text{ settimane}) + 39 \text{ pezzi} = 289 \text{ pezzi}.$$

(iii) Giacenza media.

Infine, non resta che ricavare la giacenza media che, essendo in un caso di intervallo di riordino fisso, sarà data da:

$$GM = SS + D * (IE/2) = 39 \text{ pezzi} + 50 \text{ pezzi/settimana} * (2 \text{ settimane} / 2) = 89 \text{ pezzi}.$$

ESERCIZIO 4.5: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

La Vetrox S.p.A. è un'azienda di processo che produce due tipologie di rocche di fibre di vetro che si differenziano tra loro solo ed esclusivamente da un punto di vista dimensionale: il primo tipo (R15) è caratterizzato, infatti, da un diametro di 15 cm mentre il secondo (R30) da un diametro di 30 cm. La domanda annua (prevedibile deterministicamente e stazionaria - non stagionale) di R15 e di R30 è rispettivamente pari a 14.450 e 23.480 tonnellate. Il ritmo di produzione dell'impianto è rispettivamente di 5 e 4 tonnellate all'ora e, a regime, il tasso di difettosità dell'impianto è pressoché trascurabile. Il

tempo produttivo disponibile è di 365 giorni all'anno su tre turni giornalieri di 8 ore (per ipotesi la domanda si manifesta in tutti i 365 giorni di apertura). Esiste peraltro la possibilità di fare ricorso a subfornitura ad un costo di 19 €/ton e 25 €/ton; tradizionalmente, la domanda di R15 è soddisfatta interamente con capacità interna mentre, se necessario, si ricorre alla subfornitura per soddisfare il fabbisogno di R30 non coperto da capacità interna.

Il costo delle materie prime per R15 e per R30 è pari rispettivamente a 13 €/ton e 18 €/ton mentre il costo di energia è 2 €/ton e 2,5 €/ton. Il costo manodopera è calcolato ribaltando i costi degli operatori addetti al controllo dell'impianto (196.660 €/anno) ottenendo la quota di 3,87 e 4,84 €/ton per R15 e per R30.

Ad ogni cambio codice in produzione, è necessario fermare l'impianto per un turno intero, per effettuare le regolazioni necessarie. Al termine del turno viene fatta partire la produzione che però si rivela totalmente difettosa per un turno intero (la materia scartata non è in alcun modo recuperabile). Durante le 16 ore di cambio produzione sono impegnati due tecnici di una società esterna che sono pagati 25 €/ora ciascuno. Il costo opportunità legato all'immobilizzo del denaro è pari al 10%/anno e si vuole garantire un $LS = 100\%$. Si calcoli: il costo di ogni cambio R15-R30 e R30-R15 ed il lotto economico di R15 (si ipotizzi che il lotto venga versato a magazzino prodotto finito quando è interamente completato).

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.5 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Si cominci con il valorizzare il costo di cambio codice. Il passaggio da R15 a R30 e viceversa comporta che l'impianto deve essere fermato per un turno e la produzione del turno successivo deve essere completamente scartata; inoltre il cambio prodotto comporta un intervento di due tecnici specializzati provenienti da una società esterna. Ecco, quindi, che per valorizzare correttamente i costi opportunità connessi con il cambio codice è necessario capire se la capacità produttiva dell'impianto è saturata o meno, capacità che risulta pari a:

$$\text{Capacità produttiva dell'impianto} = 365 \text{ giorni/anno} * 3 \text{ turni/giorno} * 8 \text{ ore/turno} = 8.760 \text{ ore/anno.}$$

La capacità produttiva richiesta all'anno per la produzione di R15 e di R30 è:

$$\begin{aligned} \text{Capacità produttiva richiesta} &= \\ &= \text{Capacità produttiva richiesta per R15} + \text{Capacità produttiva richiesta di R30} = \\ &= (14.450 \text{ ton/anno}) / (5 \text{ ton/ora}) + (23.480 \text{ ton/anno}) / (4 \text{ ton/ora}) = \\ &= 2.890 \text{ ore/anno} + 5.870 \text{ ore/anno} = 8.760 \text{ ore/anno} \end{aligned}$$

Da ciò risulta evidente che la capacità produttiva dell'impianto è completamente saturata e che, quindi, il costo di mancata produzione connesso con il cambio codice è da valorizzarsi mediante l'extra-costi della subfornitura cui è necessario ricorrere per recuperare un turno di mancata produzione ed un turno di produzione di scarto.

Ebbene, l'extra-costi di subfornitura per ciascuna tonnellata di R15 e di R30 risulta rispettivamente dato da:

- $\text{Extra-costi subfornitura R15} = \text{Costo subfornitura} - \text{Costi variabili di produzione} =$
 $= 19 \text{ €/ton} - 13 \text{ €/ton} - 2 \text{ €/ton} = 4 \text{ €/ton}$
- $\text{Extra-costi subfornitura R30} = \text{Costo subfornitura} - \text{Costi variabili di produzione} =$
 $= 25 \text{ €/ton} - 18 \text{ €/ton} - 2,5 \text{ €/ton} = 4,5 \text{ €/ton}$

A questo punto si è in possesso di tutti i dati necessari per poter ricavare il costo di cambio codice nel passaggio da R15 a R30 e nel passaggio da R30 a R15:

- $\text{Costo cambio codice R15/R30} =$
 $= \text{Costo dei tecnici} + \text{Extra-costi subfornitura R30} + \text{Costo scarti R30} =$
 $= 16 \text{ ore/tecnico} * 2 \text{ tecnici/cambio} * 25 \text{ €/ora} + 16 \text{ ore} * 4 \text{ ton/ora} * 4,5 \text{ €/ton} + 8 \text{ ore} * 4$

ton/ora * 20,5 €/ton = 1.744 €/cambio

- Costo cambio codice R30/R15 =
= 16 ore/ tecnico * 2 tecnici/cambio * 25 €/ora + 16 ore * 4 ton/ora * 4,5 €/ton + 8 ore * 5 ton/ora * 15 €/ton = 1.688 €/cambio

Può essere utile notare come i costi di mancata produzione associati al cambio codice (costi relativi al turno di regolazione e a quello di produzione di scarto), sono valorizzati con l'extra-costo di subfornitura di R30 in quanto la domanda di R15 è soddisfatta interamente mediante capacità produttiva interna (in pratica ciò significa che, nel caso di passaggio da R30 a R15, le 16 ore in cui non è possibile produrre tonnellate vendibili di R15 – per 8 ore l'impianto è fermo e per le 8 successive la produzione viene totalmente scartata – vengono recuperate a scapito di R30 per il quale è necessario acquisire da un subfornitore la quantità corrispondente alle 16 ore perse).

Per quanto concerne il lotto economico di R15 esso sarà dato dalla relazione:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}}$$

ove il costo di setup 'a' è rappresentato dal Costo cambio codice R30/R15. Si avrà pertanto:

$$EOQ_{R15} = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.688 \cdot 14.450}{15 \cdot 0,1}} \approx 5.703 \text{ ton.}$$

ESERCIZIO 4.6: CONFRONTO TRA POLITICHE ALTERNATIVE

Un'azienda utilizza nella sua produzione quattro componenti acquistati all'esterno, per i quali sono noti i seguenti dati:

Tabella 4.6: dati relativi ai componenti che l'azienda acquista all'esterno.

	C1	C2	C3	C4
Fabbisogno annuo	12.000 pezzi /anno	24.000 pezzi/anno	18.000 pezzi/anno	30.000 pezzi/anno
Fornitore	F1	F1	F2	F2
Tempo di approvvigionamento	1 settimana	2 settimana	1 settimana	2 settimana
Costo di acquisto	9 €/pezzo	10 €/pezzo	7 €/pezzo	8 €/pezzo

E' noto inoltre che il costo di emissione ordine è di 30 € indipendentemente dal codice ordinato e dalla quantità ordinata e che il costo opportunità per immobilizzi finanziari è pari al 10%/anno. Il fabbisogno di componenti è livellato nel corso dell'anno ed è prevedibile deterministicamente.

Attualmente l'azienda adotta una politica di acquisto basata sull'emissione di un ordine per codice in ognuno dei 12 mesi dell'anno, ciascuno tale da soddisfare il fabbisogno di un mese; l'istante di emissione dell'ordine è regolato da un opportuno livello di riordino.

L'azienda vuole adottare una politica di acquisto a intervallo di riordino fisso: in particolare, tutti gli eventuali ordini per F1 dovrebbero essere emessi congiuntamente il lunedì, mentre quelli per F2 dovrebbero essere emessi il venerdì.

Sapendo che l'azienda opera per 4 settimane/mese, si calcolino i costi annui di gestione a scorta dei codici conseguentemente all'adozione della nuova politica di gestione e li si confronti con quelli

derivanti dalla politica precedente.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.6 (CONFRONTO TRA POLITICHE ALTERNATIVE)

Dovendo effettuare il confronto tra i costi di gestione a scorta delle due alternative, si cominci con il valorizzare quelli connessi con la politica che prevede l'emissione di un ordine al mese per ciascuno dei quattro componenti acquistati all'esterno.

Essendo il costo di gestione a scorta dato da:

$$\text{Costi di gestione a scorta} = \text{Costo di emissione degli ordini} + \text{Costo di mantenimento a scorta,}$$

si inizi con il ricavare il primo addendo della somma; poiché nel caso dell'attuale politica d'acquisto (che indicheremo con A) gli ordini emessi in un mese sono quattro, si avrà:

$$\text{Costo di emissione degli ordini } A = 30 \text{ €/ordine} * 4 \text{ ordini/mese} * 12 \text{ mesi/anno} = 1.440 \text{ €/anno.}$$

A questo punto occorre ricavare il costo di mantenimento a scorta nell'alternativa A, costo che risulta:

$$\text{Costo di mantenimento a scorta} = \sum_i \text{Costo di mantenimento a scorta di } C_i$$

Ove:

$$\text{Costo di mantenimento a scorta di } C_i = \text{Giacenza media di } C_i * \text{Costo variabile di } C_i * \text{Costo del denaro}$$

è il costo di mantenimento a scorta riferito al singolo componente.

E' dunque necessario determinare la giacenza media di ciascun codice. È possibile fare ciò riconducendo l'alternativa A al modello di gestione delle scorte del lotto economico (con l'EOQ pari al fabbisogno mensile), modello in cui la giacenza media è data dall'equazione:

$$\text{Giacenza media} = SS + \text{EOQ}/2$$

In virtù di ciò, e del fatto che nel testo non si fa menzione di scorte di sicurezza, le giacenze medie dei singoli componenti, nel caso della politica di gestione dello stock A, saranno rispettivamente:

- $\text{Giacenza media } (C1)_A = 12.000/12 * 0,5 = 500 \text{ pezzi}$
- $\text{Giacenza media } (C2)_A = 24.000/12 * 0,5 = 1.000 \text{ pezzi}$
- $\text{Giacenza media } (C3)_A = 18.000 /12 * 0,5 = 750 \text{ pezzi}$
- $\text{Giacenza media } (C4)_A = 30.000 /12 * 0,5 = 1.250 \text{ pezzi}$

Il costo di mantenimento a scorta complessivo connesso con l'alternativa A sarà dunque:

$$\begin{aligned} \text{Costo di mantenimento a scorta } A &= (500 \text{ pezzi} * 9 \text{ €/pezzo} + 1.000 \text{ pezzi} * 10 \text{ €/pezzo} + \\ &+ 750 \text{ pezzi} * 7 \text{ €/pezzo} + 1.250 \text{ pezzi} * 8 \text{ €/pezzo}) * 0,1 \text{ \%/anno} = 2.975 \text{ €/anno} \end{aligned}$$

I costi di gestione a scorta nel caso della politica A risulteranno perciò:

$$\text{Costi di gestione a scorta } A = 1.440 \text{ €/anno} + 2.975 \text{ €/anno} = 4.415 \text{ €/anno}$$

Ricaviamo, ora, i costi di gestione a scorta nel caso in cui l'azienda adotti il modello di gestione ad intervallo di riordino fisso (politica B). In particolare, poiché gli ordini dei codici di cui l'azienda medesima si approvvigiona dallo stesso fornitore saranno emessi congiuntamente una volta a settimana, il costo di emissione degli ordini risulterà:

$$\begin{aligned} \text{Costo di emissione degli ordini } B &= 30 \text{ €/ordine} * 2 \text{ ordini/settimana} * 4 \text{ settimane/mese} * 12 \text{ mesi/anno} = \\ &= 2.880 \text{ €/anno.} \end{aligned}$$

Similmente a prima, per ottenere il costo di mantenimento a scorta occorre ricavare, per ciascun codice, la giacenza media che nel caso del modello a intervallo di riordino fisso risulta data

dall'espressione:

$$Giacenza\ media = SS + D * (IE/2).$$

Poiché, ancora una volta, il testo non fornisce alcuna indicazione sulle scorte di sicurezza e poiché l'intervallo di riordino è pari ad una settimana (1/48 di anno), le giacenze medie di ciascun componente saranno date da:

- $Giacenza\ media\ (C1)_B = 12.000/48 * 0,5 = 125$ pezzi
- $Giacenza\ media\ (C2)_B = 24.000/48 * 0,5 = 250$ pezzi
- $Giacenza\ media\ (C3)_B = 18.000/48 * 0,5 \approx 188$ pezzi
- $Giacenza\ media\ (C4)_B = 30.000/48 * 0,5 \approx 313$ pezzi

Il costo complessivo di mantenimento a scorta con riferimento all'alternativa B sarà dunque:

$$Costo\ di\ mantenimento\ a\ scorta\ B = (125\ pezzi * 9\ €/pezzo + 250\ pezzi * 10\ €/pezzo + 188\ pezzi * 7\ €/pezzo + 313\ pezzi * 8\ €/pezzo) * 0,1\ \%/anno \approx 744\ €/anno$$

I costi di gestione a scorta risulteranno pari perciò a:

$$Costi\ di\ gestione\ a\ scorta\ B = 2.880\ €/anno + 744\ €/anno = 3.624\ €/anno,$$

inferiori, quindi, rispetto a quelli connessi alla politica di gestione delle scorte A.

ESERCIZIO 4.7: MAGEE-BOODMAN

Si consideri una realtà produttiva multiprodotto monostadio, ove vengono realizzati due codici A e B di cui sono noti i seguenti dati:

Tabella 4.7: dati relativi ai codici A e B.

	A	B
Domanda annua [pezzi/anno]	8.000	6.000
Ritmo produttivo [pezzi/giorno]	100	40
Costo variabile di prod. [€/pezzo]	12,5	7,5
Costo di setup [€]	5	6

Il sistema produttivo lavora per 250 giorni/anno su due turni giornalieri da 8 ore/turno. Sapendo inoltre che il costo opportunità per immobilizzi finanziari è pari al 10%/anno:

- (i) si applichi il modello di Magee-Boodman per determinare il numero di campagne n_0 ottimali e si determini il lotto risultante per A e B;
- (ii) sapendo che ogni setup ha la durata di 10 ore indipendentemente dal prodotto, si verifichi se il numero n_0 di campagne consente di rispettare i limiti di capacità produttiva e, in caso contrario, si indichi il numero di campagne fattibili che consente di minimizzare i costi.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.7 (MAGEE-BOODMAN)

(i) Determinazione del numero di campagne ottimali.

La formula che nel modello di Magee-Boodman determina il numero ottimale (n_0) di campagne da

realizzare è la seguente:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K P(k) \cdot I \cdot D(k) \cdot \left(1 - \frac{D(k)}{H \cdot r(k)}\right)}{2 \cdot \sum_{k=1}^K a(k)}}$$

ove:

- $P(k)$ è il valore del k-esimo prodotto; esso è dato dalla somma dei costi variabili che è necessario sostenere per realizzare un'unità del prodotto in questione;
- I è il costo opportunità del denaro;
- $D(k)$ è la domanda annua per il prodotto k;
- H risulta essere il numero di periodi all'anno nei quali si manifesta la domanda (in sostanza coincide con il numero di periodi di apertura del sistema produttivo considerato);
- $r(k)$ è il ritmo produttivo al quale viene realizzato il k-esimo prodotto;
- $a(k)$ è il costo di setup che è necessario sostenere per iniziare a produrre il prodotto k.

Disponendo dei valori assunti da tutti i parametri sopra descritti, è possibile calcolare il numero ottimale di campagne che sarà pari a:

$$n_0 = \sqrt{\frac{12,5 \cdot 0,1 \cdot 8.000 \cdot \left(1 - \frac{8.000}{250 \cdot 100}\right) + 7,5 \cdot 0,1 \cdot 6.000 \cdot \left(1 - \frac{6.000}{250 \cdot 40}\right)}{2 \cdot (5 + 6)}} = 19,77 \approx 20$$

Avendo a disposizione la domanda annua dei prodotti A e B e il numero ottimale di campagne da realizzare in un anno (in una campagna vengono prodotti un lotto di A ed un lotto di B, dunque il numero di campagne coincide con il numero di lotti realizzati per ciascuno dei due prodotti), è possibile ricavare le dimensioni dei lotti dei prodotti in questione. Esse saranno rispettivamente:

- *Dimensione lotti di A* = Domanda annua di A / n_0 = (8.000 pezzi/anno) / (20 lotti/anno) = 400 pezzi/lotto
- *Dimensione lotti di B* = Domanda annua di B / n_0 = (6.000 pezzi/anno) / (20 lotti/anno) = 300 pezzi/lotto.

(ii) Verifica di capacità.

Le ore necessarie per soddisfare la domanda di A e quella di B saranno date da:

$$\begin{aligned} \text{Ore necessarie} &= (8.000 \text{ pezzi/anno}) / (100 \text{ pezzi/giorno}) * 16 \text{ ore/giorno} + \\ &+ (6.000 \text{ pezzi/anno}) / (40 \text{ pezzi/giorno}) * 16 \text{ ore/giorno} = 3.680 \text{ ore/anno.} \end{aligned}$$

Le ore disponibili risultano invece:

$$\text{Ore disponibili} = 250 \text{ giorni/anno} * 16 \text{ ore/giorno} = 4.000 \text{ ore/anno}$$

Ecco, quindi, che il numero massimo di ore disponibili per effettuare setup è:

$$N^\circ \text{ massimo di ore disponibili per i setup} = 4.000 \text{ ore/anno} - 3.680 \text{ ore/anno} = 320 \text{ ore/anno}$$

Allo scopo di verificare se tale limite, si calcolano le ore necessarie per eseguire il numero di setup connesso con 20 campagne all'anno (tale numero è pari al prodotto tra il numero di campagne ed il numero di setup per campagna che coincide in particolare con il numero tipologie di prodotti da realizzare) ossia:

Ore necessarie per i setup = 2 setup/campagna * 10 ore/setup * 20 campagne/anno = 400 ore/anno.

Il numero di campagne identificato con Magee-Boodman non è fattibile. Il numero di campagne deve essere infatti non superiore a: $320 \text{ ore/anno} / (2 \text{ setup/campagna} * 10 \text{ ore/setup}) = 16 \text{ campagne/anno}$. Tra le alternative ammissibili, il numero di campagne che consente di minimizzare i costi è certamente 16 campagne/anno: considerata infatti la forma della funzione di costo al variare di n_0 (funzione ad "U" con minimo attorno al valore n_0) è opportuno che la scelta cada su un numero di campagne che sia il più vicino possibile al valore n_0 trovato con la formula di Magee-Boodman.

ESERCIZIO 4.8: MAGEE-BOODMAN

Si consideri una realtà produttiva multiprodotto monostadio, ove vengono realizzati i quattro codici Blu, Verde, Nero, e Rosso di cui sono noti i seguenti dati:

Tabella 4.8: dati relativi ai codici Blu, Verde, Nero e Rosso.

	Blu	Verde	Nero	Rosso
Domanda annua [tonnellate/anno]	130	45	180	35
Ritmo produttivo [kg/ora]	80	50	100	40
Costo variabile di produzione [Euro/kg]	60	80	40	120
Costo di setup [Euro/setup]	180	200	150	400

Il sistema produttivo lavora per 220 giorni/anno su tre turni giornalieri da 8 ore ciascuno e il costo opportunità per immobilizzi finanziari è pari al 7%/anno.

- (i) Applicando il modello di Magee-Boodman si calcoli il numero di campagne n_0 ottimali e la dimensione dei lotti di ciascun codice in ciascuna campagna.
- (ii) Sapendo che il tempo complessivo di setup per ogni campagna è 16 h, il numero di campagne ottimali suggerito dal modello soddisfa i limiti di capacità produttiva? In caso di risposta negativa, qual è il numero di campagne che soddisfa tali vincoli?

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.8 (MAGEE-BOODMAN)

- (i) Per calcolare il numero di campagne ottimali è necessario utilizzare la formula di Magee-Boodman:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K P(k) \cdot I \cdot D(k) \cdot \left(1 - \frac{D(k)}{H \cdot r(k)}\right)}{2 \cdot \sum_{k=1}^K a(k)}}$$

- $P(k)$ è il costo variabile del k-simo prodotto;
- I è il costo opportunità del denaro;

- $D(k)$ è la domanda annua per il prodotto k ;
- H risulta essere il numero di periodi all'anno nei quali si manifesta la domanda (in sostanza coincide con il numero di periodi di apertura del sistema produttivo considerato);
- $r(k)$ è il ritmo produttivo al quale viene realizzato il k -esimo prodotto;
- $a(k)$ è il costo di setup che è necessario sostenere per iniziare a produrre il prodotto k .

Attenzione alle unità di misura: in questo caso la domanda è espressa in tonnellate ma tutti gli altri valori sono in kg.

$$= \sqrt{\frac{60 \cdot 0,07 \cdot 130000 \cdot \left(1 - \frac{130000}{220 \cdot 80}\right) + 80 \cdot 0,07 \cdot 45000 \cdot \left(1 - \frac{45000}{220 \cdot 50}\right) + 60 \cdot 0,07 \cdot 130000 \cdot \left(1 - \frac{130000}{220 \cdot 80}\right)}{2 \cdot (180 + 200 + 150 + 400)}} + \sqrt{\frac{120 \cdot 0,07 \cdot 35000 \cdot \left(1 - \frac{35000}{220 \cdot 40}\right)}{2 \cdot (180 + 200 + 150 + 400)}} \approx 25$$

La dimensione del lotto è quindi calcolabile come: $Q = D/n0$, nel caso specifico i valori risultanti sono espressi in tabella:

Tabella 4.9: dimensione dei lotti per i codici Blu, Verde, Nero e Rosso.

Blu	Verde	Nero	Rosso
5200	1800	7200	1400

- (ii) Per verificare i vincoli di capacità produttiva è necessario confrontare la capacità produttiva disponibile con quella necessaria tenendo conto anche dei setup.

La capacità produttiva disponibile è pari a $= 220 \text{ gg/anno} \cdot 3 \text{ turni/gg} \cdot 8 \text{ h/turno} = 5280 \text{ h/anno}$

La capacità produttiva necessaria per la sola produzione è pari a $= 130000 \text{ kg/anno} / 80 \text{ kg/h} + 45000 \text{ kg/anno} / 50 \text{ kg/h} + 180000 \text{ kg/anno} / 100 \text{ kg/h} + 35000 \text{ kg/anno} / 40 \text{ kg/h} = 5200 \text{ h/anno}$

Per realizzare 25 campagne è necessario impiegare $25 \text{ campagne} \cdot 16 \text{ hsetup/campagna} = 400 \text{ h setup/anno}$

E' quindi evidente che la capacità produttiva non è sufficiente per svolgere tutte le campagne.

Il numero di campagne che possono essere effettuate è vincolato dal tempo disponibile per il setup, ovvero:

$5280 \text{ h} - 5200 \text{ h} = 80 \text{ h}$ disponibili per setup, poiché per ogni campagna sono necessarie 16 ore di setup, il numero di campagne che possono essere fatte sono effettivamente: $80/16 = 5$

ESERCIZIO 4.9: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

Un'azienda vuole calcolare il lotto economico ed il punto di riordino per il suo prodotto α , in modo da garantire un livello di servizio del 95%. Sono noti i dati relativi alla domanda delle ultime 10 settimane di vendita (1 anno = 50 settimane):

Tabella 4.10: domanda settimanale del prodotto α nelle ultime 10 settimane di vendita [pezzi].

Settimana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda α	60	30	75	25	55	35	60	30	45	50

Sono inoltre note le seguenti informazioni:

- tempo di approvvigionamento: 1 mese (4 settimane)
- manodopera: 1.250 €/unità di α
- materie prime: 775 €/unità di α
- energia: 775 €/unità di α
- ammortamento stabile: 903.800 €/anno
- quota di spese generali: 250.000 €/anno
- costo di setup: 30.000 €/setup
- costo del capitale: 20%/annuo

Si supponga una perfetta indipendenza statistica tra le domande relative a periodi successivi.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.9 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Le equazioni necessarie per la risoluzione dell'esercizio sono le seguenti:

- $EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}}$
- $ROP = D \cdot TR + SS$ con: $SS = k \cdot \sigma_D \cdot TR^\mu$

Con riferimento alla prima equazione, essendo noti il costo di setup ($a = 30.000$ €/setup), il valore del bene α ($p = 2.800$ €/unità, valore dato dalla somma dei costi di manodopera, di materie prime e di energia) ed il costo percentuale di mantenimento a scorta ($Cm = 20\%$ /anno), occorre unicamente ricavare il valore della domanda annua (D). Disponendo dei dati di domanda relativi a sole 10 settimane è necessario stimare D moltiplicando il valore medio della domanda nelle 10 settimane a disposizione per 50 (numero di settimane di vendita per il prodotto α in un anno).

$$D = 50 * (\sum_{i(1,10)} d_i) / 10 = 2.325 \text{ pezzi.}$$

A questo punto è possibile ricavare il lotto economico per il prodotto α , lotto economico che sarà dato da:

$$EOQ_\alpha = \sqrt{\frac{2 \cdot 30.000 \cdot 2.325}{2.800 \cdot 0,2}} \approx 500 \text{ pezzi.}$$

Si noti che, in assenza di informazioni in merito, il costo di manodopera è stato supposto variabile.

Per poter calcolare, invece, il livello di riordino (*Re-Order Point*, ROP), essendo noti la domanda annua ($D = 2.325$ pezzi/anno, in virtù della stima fatta in precedenza), il numero di periodi di vendita presenti in un anno ($H=50$ settimane/anno) ed il lead time di fornitura ($TR = 1$ mese, ossia 4 settimane: occorre infatti che LT sia espresso in unità di misura coerenti rispetto a quelle di H), è necessario ricavare unicamente le scorte di sicurezza (SS). A partire dai dati del testo si ricava:

- $k = 1,65$ (questo è il valore che tale parametro assume in corrispondenza di un livello di servizio

desiderato pari al 95%)

- $\sigma_D = 16,3$ pezzi/settimana
- $TR = 1$ mese = 4 settimane
- $\mu = 0,5$ (le domande di settimane diverse sono tra loro non correlate).

Si avrà pertanto una scorta di sicurezza pari a:

$$SS = 1,65 \cdot 16,3 \cdot 4^{\frac{1}{2}} \approx 54 \text{ pezzi}$$

In ragione di ciò il livello di riordino del prodotto α risulterà:

$$ROP_{\alpha} = \frac{2.325}{50} \cdot 4 + 54 = 240 \text{ pezzi} .$$

ESERCIZIO 4.10: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

In un'azienda si vuole calcolare il lotto economico e il livello di riordino per il prodotto LINE, noti i seguenti dati:

Tabella 4.11: dati relativi al prodotto LINE.

Domanda:	10.000 Pezzi/anno (domanda uniforme e nota deterministicamente)
Prezzo di vendita:	5 €/pezzo
Ammortamento del magazzino:	25.000 €/anno
Costo del capitale:	15 %/anno
Materie prime:	3 €/pezzo
Energia:	0,1 €/pezzo
Manodopera (5 operatori dipendenti):	75.000 €/anno (un pezzo richiede un operatore per 0,5 minuti)

L'emissione dell'ordine di produzione è affidata alla Sig.ra Bianchi, che si occupa anche dell'emissione degli ordini per altri prodotti ma ha molto tempo libero. La Sig.ra Bianchi costa all'azienda 20.000 €/anno e si è stimato che dedichi un decimo del suo tempo per l'emissione degli ordini di produzione del prodotto LINE.

Si consideri anche che per ogni ordine di produzione di LINE si devono pagare 25 € per il trasporto dallo stabilimento al magazzino prodotti finiti, mentre il setup di produzione costa 5 €/setup.

Il tempo necessario dal momento dell'emissione dell'ordine di produzione per LINE al momento del suo arrivo a magazzino è di 10 giorni (la domanda si manifesta solo nei 220 giorni lavorativi annui).

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.10 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Per quanto concerne il calcolo del lotto economico esso viene effettuato mediante la formula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}}$$

In questo caso la domanda annua è nota deterministicamente ed è pari a 10.000 pezzi/anno, il valore unitario del prodotto in questione è ricavabile dalla somma dei costi variabili (ovvero costi delle materie prime e dell'energia, la manodopera viene esplicitamente sottolineato essere fissa) ed è noto il costo annuo percentuale di mantenimento a scorta ($C_m = 15\%/anno$). Per ottenere il lotto economico occorre determinare il costo connesso con un ordine; esso non sarà affatto influenzato dall'operato della Sig.ra Bianchi (è una dipendente fissa dell'azienda) bensì sarà dato dalla somma del costo di trasporto e del costo di setup, cioè:

$$a = \text{Costo di trasporto} + \text{Costo di setup} = 25 \text{ €/trasporto} * 1 \text{ trasporto/setup} + 5 \text{ €/setup} = 30 \text{ €/setup}.$$

Da qui si ottiene che il lotto economico del prodotto LINE è pari a:

$$EOQ_{LINE} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10.000}{3,1 \cdot 0,15}} \approx 1.136 \text{ pezzi}$$

Per quanto concerne il livello di riordino (*Re-order Point*, ROP) esso risulta:

$$ROP_{LINE} = D \cdot LT = \frac{10.000}{220} \cdot 10 \approx 455 \text{ pezzi}.$$

In questo caso, infatti, essendo la domanda nota deterministicamente (non affetta da variabilità) non ha senso parlare di scorte di sicurezza e, quindi, nell'equazione del re-order point viene a mancare del tutto il termine ad esse connesso. È utile notare, infine, come, a differenza dell'esercizio precedente, H e LT sono espressi in giorni anziché in settimane; sebbene le loro unità di misura possono variare di caso in caso, attenzione deve essere rivolta al fatto le due unità scelte per la loro misura siano omogenee (discorso analogo, ovviamente, può essere replicato con riferimento ai σ_D e LT che compaiono nell'espressione delle scorte di sicurezza: se ad esempio σ_D è espressa in pezzi/giorno anche LT dovrà essere espresso in giorni).

ESERCIZIO 4.11: APPLICAZIONE DI POLITICHE ALTERNATIVE

La Fratelli Bucci s.r.l., di Bucci Luca, è un'azienda che realizza oggettistica per l'arredobagno. Tra i prodotti dell'azienda vi è un porta spazzolino da denti (codice PS599) che viene gestito a scorta. Per esso sono note le seguenti informazioni:

- Domanda mensile per le prossime dieci settimane espressa in pezzi (1 anno = 50 settimane):

Tabella 4.12: domanda di PS599 [pezzi/settimana].

Settimana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda	80	40	30	40	60	80	40	70	50	60

- Prezzo di vendita: 10 €/pezzo
- Costo variabile: 2,5 €/pezzo
- Quota di ammortamenti: 3,5 €/pezzo
- Costi fissi: 4,5 €/pezzo
- Livello di servizio: 97.7%

Sapendo che:

- il setup di produzione costa 5 €/setup in solventi e materiali di consumo ed è svolto da una

persona della manutenzione (questa funzione non ha infatti un carico di lavoro elevato) che impiega mezz'ora a riattrezzare l'impianto

- lo stipendio annuo degli operatori alla manutenzione è di 17.500 € a testa
- per ogni ordine di produzione del codice PS599 si devono pagare 25 € per il trasporto dallo stabilimento al magazzino prodotti finiti
- l'intervallo di tempo compreso tra l'istante di emissione dell'ordine di produzione per PS599 e l'istante di arrivo al magazzino è mediamente di 2 settimane e ha una deviazione standard di una settimana
- il costo annuo del denaro è pari al 20%
- si ipotizza perfetta indipendenza tra le domande di periodi successivi.

Calcolare:

- il lotto economico, il livello di riordino e la giacenza media del codice PS599, nel caso in cui si gestisca il codice a quantità fissa.
- la scorta di sicurezza, il livello obiettivo e la giacenza media del codice PS599, nel caso in cui si gestisca il codice a intervallo di riordino fisso, pari a 8 settimane (nel rispondere a questa domanda, si assuma che il tempo di approvvigionamento sia deterministico e pari a 2 settimane).

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.11 (APPLICAZIONE DI POLITICHE ALTERNATIVE)

(i) Determinazione del lotto economico, del livello di riordino e della giacenza media.

Le equazioni caratteristiche del modello del lotto economico in condizioni di domanda e lead time di fornitura affetti da incertezza sono:

- $EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}}$
- $ROP = D \cdot TR + SS$ con: $SS = k \cdot \sqrt{\sigma_D^2 \cdot TR + \sigma_{TR}^2 \cdot D^2}$

Con riferimento all'espressione del lotto economico si ha:

- $a = \text{Costo di trasporto} + \text{Costo di setup} = 25 \text{ €/trasporto} \cdot 1 \text{ trasporto/setup} + 5 \text{ €/setup} = 30 \text{ €/setup}$
- $D = 50 \cdot (\sum_{i(1,10)} d_i) / 10 = 2.750 \text{ pezzi/anno}$
- $P = 2,5 \text{ €/pezzo}$
- $Cm = 20 \text{ \%/anno}$.

A questo punto è possibile ricavare l'EOQ per il prodotto PS599 che risulta:

$$EOQ_{PS599} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 2.750}{2,5 \cdot 0,2}} \approx 575 \text{ pezzi.}$$

Per quanto riguarda il livello di riordino, invece, essendo:

- $TR = 2 \text{ settimane}$
- $k = 2$ (questo è il valore che tale parametro assume in corrispondenza di un livello di servizio desiderato pari al 97,7%)

- $\sigma_D = 17,79$ pezzi/settimana
- $\sigma_{TR} = 1$ settimana
- $H = 50$ settimane/anno
- $D = 2.750$ pezzi/anno = 55 pezzi/settimana

si avrà:

$$ROP_{PS599} = \frac{2.750}{50} \cdot 2 + 2 \cdot \sqrt{316 \cdot 2 + 1 \cdot 3.025} \approx 110 + 121 = 231 \text{ pezzi}.$$

Si noti la coerenza tra le unità di misura dei due fattori moltiplicativi σ_{TR} e D : poiché il primo è espresso in settimane, anche la domanda viene espressa in pezzi a settimana ($D = 55$ pezzi/settimana). Discorso analogo vale per i due fattori σ_D e TR .

Ora si è finalmente in grado di ricavare il valore della giacenza media del prodotto PS599 la quale, essendo data nel caso del modello del lotto economico dall'espressione:

$$GM = SS + \frac{EOQ}{2},$$

risulta:

$$GM_{PS599} = 121 + \frac{575}{2} \approx 409 \text{ pezzi}.$$

(ii) Determinazione della scorta di sicurezza, del livello obiettivo e della giacenza media.

Le equazioni che determinano scorte di sicurezza e livello obiettivo nel modello di gestione delle scorte ad intervallo di riordino fisso sono, nel caso di lead time di approvvigionamento deterministico, rispettivamente le seguenti:

- $SS = k \cdot \sigma_D \cdot (IE + TR)^{\mu}$
- $LO = D \cdot (IE + TR) + SS$

Essendo l'intervallo di riordino (IE) pari a 8 settimane e valendo per gli altri dati i valori indicati al punto 1, si avrà che scorte di sicurezza e livello obiettivo del prodotto PS599 risulteranno:

- $SS_{PS599} = 2 \cdot 17,79 \cdot (8 + 2)^{\frac{1}{2}} \approx 113 \text{ pezzi}$
- $LO_{PS599} = \frac{2.750}{50} \cdot (8 + 2) + 113 = 663 \text{ pezzi}$

Si hanno, quindi, tutti i dati necessari per il calcolo della giacenza media che, essendo data nel modello ad intervallo di riordino dalla relazione:

$$GM = SS + D \cdot \frac{IE}{2},$$

risulta, per il prodotto PS599, pari a:

$$GM_{PS599} = 113 + \frac{2.750}{50} \cdot \frac{8}{2} = 333 \text{ pezzi}.$$

ESERCIZIO 4.11: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

La Morbidon Spa è un'azienda che si approvvigiona periodicamente di sacchi di materie plastiche da

Papel Srl. Papel Srl sta proponendo all'ing. Forti, responsabile acquisti della Morbidon Spa, due opzioni di approvvigionamento per il 2007:

1. continuare secondo le modalità usate storicamente (lotto economico).
2. condizioni di fornitura diverse se si accetta di ordinare lotti di dimensioni fisse di 2.500 sacchi/ordine tramite la intranet aziendale di Papel Srl (lotto fisso).

I dati a disposizione dell'ing. Forti per valutare le due alternative sono quindi i seguenti

Tabella 4.13: dati per il calcolo dell'EOQ.

	Lotto economico	Lotto fisso
Prezzo di acquisto [Euro/sacco]	2,00	1,80
Costo variabile di emissione dell'ordine [Euro/ordine]	25,00	22,00
Quota del personale amministrativo (dipendenti insaturi) per l'emissione dell'ordine [Euro/ordine]	45,00	30,00
Tasso di mantenimento a scorta [%/anno]	16,0%	
Lead Time di fornitura [giorni]	5	
Deviazione standard del Lead Time di fornitura [giorni]	0	

Il livello di servizio richiesto dalla Morbidon Spa è del 95% ($k=1,65$). La domanda annua è pari a 36.000 sacchi/anno con deviazione standard mensile pari a 500 sacchi/mese. Si considerino inoltre valide le seguenti relazioni: 1 anno = 12 mesi; 1 mese = 4 settimane; 1 settimana = 5 giorni.

I dipendenti di Morbidon Spa usano già un sistema uguale a quello della Papel Srl per emettere gli ordini, quindi non si richiederebbe alcuna formazione.

Usando i dati a disposizione calcolare:

- (i) Il lotto economico usato storicamente:
- (ii) Il livello di scorte di sicurezza in entrambi i casi:
- (iii) La giacenza media in entrambi i casi
- (iv) Il livello di riordino in entrambi i casi
- (v) Il costo totale annuo di approvvigionamento sostenuto in entrambi i casi; qual è la migliore opzione ?

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.11 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

- (i) Con i dati a disposizione è possibile calcolare il lotto economico usato storicamente con la formula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}} = \sqrt{\frac{2 * 25 * 36000}{2 * 16\%}} \approx 2372$$

- (ii) Poiché il lead time di fornitura è lo stesso, il livello delle scorte di sicurezza è uguale in entrambi i casi, ed è pari a:

$$SS = k * \sqrt{\sigma_d^2 * LT + \sigma_{LT}^2 * D^2} =$$

Poiché i termini della formula devono essere riferiti alla stessa unità temporale, e tenendo conto che valgono le relazioni 1 anno = 12 mesi; 1 mese = 4 settimane; 1 settimana = 5 giorni:

Tabella 4.14: i valori dei termini a seconda dell'orizzonte temporale considerato.

	gg	mese	anno
σD	$500/\sqrt{20}$	500	$500*\sqrt{12}=1732$
LT (tempo)	5	$5/20=0,25$	$5/(20*12)=0,020$
σLT	0	0	0
D	$3000/20=15$	$36000/12=3000$	36000
(pz/tempo)	0		

Indipendentemente dall'unità temporale scelta, il valore delle scorte di sicurezza risulta:

$$SS = 1,65 * \sqrt{500^2 * 5 / 20} = 412,5 \approx 413 \text{ pz}$$

(iii) La giacenza media nei due casi si calcola applicando la formula:

$$GM = SS + \frac{EOQ}{2}$$

Nel caso del lotto economico vale:

$$GM=1599$$

Nel caso del lotto fisso vale:

$$GM=1663$$

(iv) Il livello di riordino si calcola applicando la formula:

$$ROP = D \cdot TR + SS$$

Il valore è lo stesso in entrambi i casi, poiché le scorte di sicurezza sono le stesse e il lead time del fornitore è il medesimo.

$$ROP=1163$$

(v) Il costo totale di approvvigionamento si calcola come:

$$C_{tot} = C_{acquisto} + C_{ms} + C_{setup} = pv * D + D/Q * a + GM * pv * i =$$

Sostituendo i valori nei due casi:

$$C_{tot} \text{ (lotto economico)} = 2*36000 + 36000/2372*25 + 1599*2*16\% = 72891 \text{ €/anno}$$

$$C_{tot} \text{ (lotto fisso)} = 1,8*36000 + 36000/2500*25 + 1663*1,8*16\% = 65596 \text{ €/anno}$$

La scelta che minimizza i costi è quella del lotto fisso.

ESERCIZIO 4.12: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

L'azienda XYZ commercializza l'articolo X che è un ricambio. L'articolo è mantenuto a magazzino in modo tale da garantire una consegna il più possibile immediata al cliente. Il responsabile della gestione ricambi richiede che gli approvvigionamenti del codice dal fornitore siano gestiti mediante il metodo EOQ ed impone un fattore K (per il calcolo della scorta di sicurezza) pari a 1,5. La domanda dell'articolo nelle ultime 10 settimane di vendita è riportata nella tabella seguente. Tale domanda può ritenersi significativa in quanto non esistono fenomeni accentuati di trend o stagionalità.

Si supponga 1 anno composto da 50 settimane.

Tabella 4.15: dati di domanda settimanale per la XYZ.

Sett.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda	4	5	6	3,5	5	4,5	5,5	6	6,5	4

Dati i costi di ordinazione, di mantenimento a scorta, i tempi di approvvigionamento ed i costi di acquisto dal fornitore, determinare i parametri del sistema di gestione a lotto economico (dimensione del lotto, scorta di sicurezza e livello di riordino). Si trascuri la variabilità del lead time del fornitore.

Tabella 4.16: dati per il calcolo dell'EOQ

Prezzo di vendita ai clienti =	4000 Euro/pezzo
Prezzo di acquisto dal fornitore =	1000 Euro/pezzo
Costo dell'ordine al fornitore (trasporti, dogane, ecc.)	200 Euro/ordine
LT = tempo di approvvigionamento del fornitore	2 settimane

Per il calcolo del tasso di mantenimento si tenga conto che l'incidenza annua dei costi vivi di magazzino è pari al 3,8%, che esistono investimenti alternativi che presentano una redditività annua del 22%, che l'impresa è in condizioni di normale indebitamento con istituzioni finanziarie che richiedono un tasso del 10% annuo sui prestiti concessi a XYZ

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.12 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Calcoliamo i parametri necessari al calcolo del lotto economico.

Il tasso i da considerare in questo caso, visto che l'azienda si trova in una situazione di normale indebitamento,

$$i = 3,8\% + 10\% = 13,8\%$$

La domanda annua è pari a:

$$D = \text{Media della domanda settimanale} \cdot \text{numero settimane} = 5 \cdot 50 = 250 \text{ pz/anno}$$

Quindi possiamo calcolare EOQ:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 250}{1000 \cdot 13,8\%}} = 26,9 \approx 27 \text{ pz}$$

Per calcolare le Scorte di Sicurezza dobbiamo calcolare la σ della domanda:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum (\text{domanda settimanale} - \text{domanda media})^2}{(n - 1)}} = 1$$

Poiché il lead time del fornitore è espresso in settimane, è possibile sostituire nella formula:

$$SS = 1,5 \cdot \sqrt{1} \cdot 2 = 2,12 \approx 3 \text{ pz}$$

Infine possiamo calcolare il livello di riordino:

$$ROP = D \cdot TR + SS = 2 \cdot 5 + 3 = 13 \text{ pz}$$

ESERCIZIO 4.13: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

Si consideri il prodotto Beta la cui domanda annua è di 10.000 pezzi. Il costo variabile di produzione è di 30 euro/pz, i costi fissi ammontano a ulteriori 10 euro/pz e il costo di setup è di 20 euro. Per ragioni tecnologiche, inoltre, tutti i codici di produzione come Beta devono viaggiare in contenitori standard da 50 pezzi. Il tasso bancario sulle giacenze è del 3% annuo, mentre quello praticato dalla Banca sulle esposizioni è del 12%.

In situazione di assenza di liquidità, si calcoli il lotto economico di Beta riportando dettagliatamente i calcoli.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.13 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Per calcolare il lotto economico si deve applicare la formula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm}} = \sqrt{\frac{2*20*10000}{30*12\%}} = 333pz$$

Il tasso che deve essere considerato è il tasso sulle esposizioni bancarie in quanto l'azienda è in assenza di liquidità e quindi indebitata.

Tuttavia, visti i vincoli tecnologici, non è possibile emettere degli ordini di produzione per 333 pz, ma il lotto deve essere un multiplo di 50 pz, ovvero o 300 pz o 350 pz.

Per scegliere la dimensione del lotto è necessario valutare quale delle due possibilità comporta un costo inferiore.

Poiché la domanda annua è la stessa, i costi differenziali tra le due alternative sono il costo di setup e il costo di mantenimento a scorta.

-Caso lotto = 300:

$$Cms + Csetup = D/Q * a + GM * pv * i = 10000/300 * 20 + 300/2 * 30 * 12\% = 1206,7\text{€}/\text{anno}$$

-Caso lotto = 350

$$Cms + Csetup = D/Q * a + GM * pv * i = 10000/350 * 20 + 350/2 * 30 * 12\% = 1201,4\text{€}/\text{anno}$$

La dimensione del lotto da ordinare è 350 pz.

ESERCIZIO 4.14: MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO

Un rivenditore grossista di pneumatici ha una richiesta di 20.000 coperture per anno. La quantità approvvigionata per ciascun riordino è di 1200 coperture. Il tempo di approvvigionamento è di 2 settimane. La domanda media settimanale è di 400 unità e la deviazione standard della domanda durante le due settimane è di 60 unità. Si vuole mantenere un livello di servizio obiettivo pari al 95 % ($k = 1,65$).

- (i) A quale livello di scorta si deve riordinare ?
- (ii) A quanto ammonta la giacenza media ?

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.14 (MODELLO DEL LOTTO ECONOMICO)

Per calcolare il livello di riordino bisogna applicare la formula:

$$ROP = D \cdot TR + SS$$

E' necessario quindi prima calcolare le scorte di sicurezza.

$SS = k * \sqrt{\sigma_d^2 * LT + \sigma_{LT}^2 * D^2} =$ Dove è importante ricordare che il termine $\sigma_d^2 * LT$ rappresenta la deviazione standard della domanda nel lead time. In questo caso il dato che viene fornito () è già la deviazione standard della domanda nel lead time di 2 settimane, per cui si può calcolare la scorta di sicurezza come:

$$SS = 1,65 * \sqrt{60^2} = 99 \text{ pz}$$

Quindi in

$$ROP = 400 * 2 + 99 = 899 \text{ pz}$$

Mentre

$$GM = 1200 / 2 + 99 = 699 \text{ pz}$$

ESERCIZIO 4.15: CASO FRATELLI ASTA S.A.S. – LA GESTIONE DEI MATERIALI

(Nota: lo svolgimento del presente esercizio presuppone che venga preliminarmente risolto l'esercizio 5.6).

A partire dal prossimo anno, la Fratelli Asta S.a.s. di Asta Antonino ha deciso di diversificare la sua offerta di forniture entrando nel mercato dei liquidi di refrigerazione per frigoriferi. In particolare, ha già stretto accordi con un'importante azienda produttrice di elettrodomestici, impegnandosi a rifornirle 80.000t di liquido FRIGOGEL tra ottobre e dicembre del prossimo anno. La fornitura sarà consegnata con regolarità nell'arco dei tre mesi.

Il liquido FRIGOGEL verrebbe prodotto nei tre mesi di richiesta adottando una politica di lotto economico; la produzione verrebbe realizzata su un impianto che la Fratelli Asta prenderebbe in affitto per tre mesi al costo vantaggioso di 1.500 €/mese. L'impianto sarebbe in grado di produrre 60 t di prodotto buono all'ora. La resa dell'impianto sarebbe del 90% mentre la sua incidenza di guasti trascurabile.

Nei tre mesi di domanda l'impianto in affitto lavorerebbe su tre turni da otto ore ciascuno per 25 giorni al mese. La sua capacità produttiva sarebbe dunque più che sufficiente a soddisfare la commessa. Il costo orario dell'energia sarebbe di 4 € mentre la quota di costi indiretti attribuita all'impianto sarebbe pari a 2,5 €/h (si assuma che l'introduzione della nuova produzione non faccia modificare sensibilmente le quote di ribaltamento degli impianti già presenti nella Fratelli Asta). Si stima che per un corretto funzionamento dell'impianto sarebbe necessaria la presenza continua di un operatore che monitori il flusso del liquido.

Ad ogni riavvio l'impianto verrebbe soggetto ad una ritaratura, effettuata da un operatore e della durata di un intero turno; nel corso della ritaratura verrebbe prodotto liquido non conforme agli standard di qualità concordati per la fornitura. Le materie prime di questa produzione di scarto non potrebbero essere recuperate.

Le materie prime necessarie a realizzare il liquido costano 1,5 €/t mentre il prodotto finito verrebbe venduto a un prezzo di 3,75 €/t.

Assumendo che anche per il funzionamento dell'impianto in affitto si ricorra a operatori flessibili, si risponda ai seguenti quesiti:

- (i) si calcoli il lotto economico del liquido FRIGOGEL realizzato sull'impianto in noleggio;
- (ii) osservando che la fornitura di FRIGOGEL cade nei tre mesi di maggiore insaturazione dell'impianto dedicato al LIQUIGEL, si ritiene opportuno valutare la fattibilità e la convenienza economica per la Fratelli Asta di realizzare il FRIGOGEL sull'impianto dedicato alla produzione del LIQUIGEL e non sull'impianto in affitto. Si dispone delle seguenti informazioni:

- la produzione verrebbe effettuata nei mesi in cui l'impianto non è utilizzato per LIQUIGEL, lavorando al massimo ritmo possibile
- ogni setup di produzione (per passare dalla produzione di LIQUIGEL a quella di FRIGOGEL e viceversa) comporta un riavvio dell'impianto che impegna un operatore per un intero turno, nel corso del quale si produce scarto non recuperabile
- si assume che la capacità produttiva e la resa dell'impianto sia identica per i due prodotti (1500t/g, 80%)
- non è possibile rivolgersi a fornitori esterni per realizzare la produzione del liquido frigorifero
- le unità di FRIGOGEL in esubero prodotte nell'impianto di LIQUIGEL verrebbero assorbite ad una consociata al prezzo di costo
- mentre, come si è visto, nel caso dell'impianto in affitto la produzione avverrebbe a lotti, nel caso di utilizzo dell'impianto di LIQUIGEL la produzione sarebbe continua, data la rigidità dell'impianto (una volta acceso l'impianto, esso deve rimanere in funzione per tutto il mese, cfr. Esercizio 5.6)

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.15 (CASO FRATELLI ASTA S.A.S. – LA GESTIONE DEI MATERIALI)

(i) Determinazione del lotto economico di FRIGOGEL sull'impianto a noleggio.

Per prima cosa ricaviamo il lotto economico del liquido FRIGOGEL nel caso in cui quest'ultimo sia realizzato nell'impianto a noleggio. Per poter far questo occorre determinare innanzitutto il costo connesso con l'emissione di un ordine di produzione di FRIGOGEL (a), costo che è dato dalla valorizzazione del riavvio, durante il quale per un intero turno si realizza prodotto non conforme con gli standard a fronte di un consumo di materie prime ed energia e all'impiego di manodopera variabile; poiché la capacità produttiva dell'impianto nei tre mesi è più che sufficiente a realizzare la commessa i costi di mancata produzione sono nulli. Si osservi infine che, poiché l'impianto è in grado di realizzare 60 t/h di produzione buona a fronte di una resa del 90%, il suo ritmo produttivo è di 60/0,9 tonnellate lavorate in un'ora. In ragione di ciò il costo del riavvio sarà:

$$a = 1 \text{ turno/riavvio} * (70 \text{ €/turno} + 4 \text{ €/ora} * 8 \text{ ore/turno} + 1,5 \text{ €/t} * 60/0,9 \text{ t/ora} * 8 \text{ ore/turno}) \\ = 902 \text{ €/riavvio.}$$

Per poter ricavare il lotto economico occorre determinare anche il valore unitario del liquido FRIGOGEL che è dato dalla somma dei costi variabili che è necessario sostenere per produrre una tonnellata di FRIGOGEL, costi variabili rappresentati da: costo delle materie prime, dell'energia e della manodopera (gli operatori che devono monitorare continuamente il funzionamento del macchinario a noleggio sono infatti flessibili; dall'esercizio 5.6 si sa che un operatore costa all'azienda 70 €/turno). In particolare il valore unitario di FRIGOGEL sarà:

$$p = (4 \text{ €/ora}) / (60 \text{ t/ora}) + 1,5 \text{ €/t} * 1/0,9 + (70 \text{ €/turno}) / (8 \text{ ore/turno} * 60 \text{ t/ora}) = \\ = 1,88 \text{ €/t.}$$

Considerando che il consumo giornaliero del codice:

$$D/H = 80.000 / (24 * 75) \approx 44 \text{ t/ora}$$

è confrontabile con il ritmo produttivo dell'impianto (60t/ora), si applica la formula del lotto economico relativa ai casi di ritmo non infinito:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm \left(1 - \frac{D}{Hr}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 902 \cdot 80.000}{1,88 \cdot \frac{0,2}{4} \cdot \left(1 - \frac{80.000}{75 \cdot 24 \cdot 60}\right)}} \approx 77.000 \text{ t}$$

Si osservi che, poiché le scorte verrebbero mantenute a scorta per tre mesi, il tasso di mantenimento a scorta è pari a un quarto del tasso annuo.

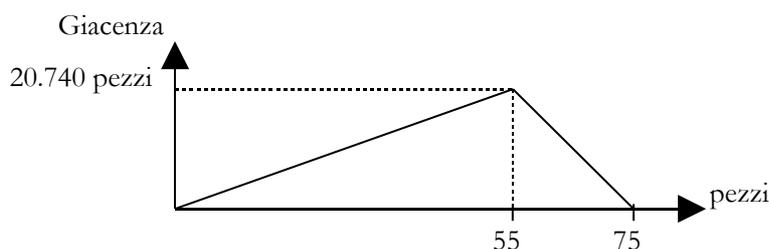
Il valore del lotto economico ci consente di concludere la convenienza a produrre tutte le tonnellate della commessa in un unico lotto. La produzione delle 80.000 t si concluderà in:

$$N^{\circ} \text{ giorni di produzione} = 80.000 / (60 \cdot 24) \text{ giorni} \approx 55 \text{ giorni},$$

pertanto sarà necessario prendere in affitto l'impianto per tutti i tre mesi. Come indicato in figura, la giacenza massima accumulata nei 55 giorni sarà pari a:

$$G_{\max} = 80.000 \cdot (1 - D / (HR)) \text{ pezzi} = 80.000 \cdot (1 - 80.000 / (75 \cdot 24 \cdot 60)) \approx 20.740 \text{ pezzi}.$$

Figura 4.3: andamento della giacenza media di FRIGOGEL nell'ipotesi di prendere in affitto l'impianto.



(ii) Confronto fra alternative.

Si valutino, ora, fattibilità e convenienza economica del realizzare le 80.000 t di FRIGOGEL sull'impianto dedicato alla produzione di LIQUIGEL. La capacità produttiva giornaliera dell'impianto originariamente dedicato al LIQUIGEL è, con riferimento anche al liquido di refrigerazione per frigoriferi, di 1.500 t/giorno al lordo degli scarti (pari al 20%) ed i giorni lavorativi al mese sono 25 (cfr. Esercizio 5.6); nei tre mesi a disposizione per la produrre (Ottobre, Novembre e Dicembre), due turni dovranno essere destinati rispettivamente al setup per avviare la produzione di FRIGOGEL e a quello per avviare la produzione di LIQUIGEL (quest'ultimo accadrà alla fine di Dicembre) pertanto i turni a disposizione per produrre FRIGOGEL saranno:

$$3 \text{ turni/giorno} \cdot 25 \text{ giorni/mese} \cdot 3 \text{ mesi} - 2 \text{ turni} = 223 \text{ turni}.$$

La capacità produttiva totale nei mesi di aprile, maggio e giugno risulterà pertanto:

$$\begin{aligned} \text{Capacità produttiva (Ottobre, Novembre, Dicembre)} &= \\ &= (1.500 \text{ t/giorno}) / (3 \text{ turni/giorno}) \cdot 223 \text{ turni} \cdot 0,8 = 89.200 \text{ t}. \end{aligned}$$

Per soddisfare la richiesta di 80.000 t di FRIGOGEL occorre utilizzare l'impianto di LIQUIGEL per tutti e tre i mesi. Inoltre, poiché una volta attivato ad inizio mese l'impianto deve produrre per tutto il mese al ritmo standard di 1.500 t/giorno, si viene a produrre un eccesso di 9.200 t rispetto alla richiesta del cliente; tale eccesso viene assorbito dalla consociata. Si assume che la consociata sia in grado di assorbire il liquido man mano che esso viene prodotto; in questa ipotesi, non c'è accumulo di materiale in magazzino in quanto:

$$\text{tasso di produzione} = \text{tasso di consumo cliente industriale} + \text{tasso di consumo di consociata}.$$

Si passa ora a verificare se l'alternativa, oltre ad essere tecnicamente possibile, è anche economicamente conveniente. Per far ciò è necessario fare un'ipotesi sulle modalità con cui può essere sfruttata la capacità produttiva dell'impianto a noleggio (sarà così possibile valorizzare correttamente i costi differenziali).

Si procede calcolando il costo variabile di produzione per unità di prodotto finito nelle due alternative:

1. Produzione su impianto a noleggio:

$$C_{\text{var}} = 1,88 \text{ €/t (cfr. punto precedente dell'esercizio)}$$

2. Produzione su impianto per LIQUIGEL:

$$Cvar = (5 \text{ €/ora}) * 1/0,8 / (1500/24 \text{ t/ora}) + 1,5 \text{ €/t} * 1/0,8 + (70 \text{ €/turno}) / (8 \text{ ore/turno} * 1500/24 \text{ t/ora} * 0,8) = 2,15 \text{ €/t.}$$

La seguente tabella elenca e valorizza i costi differenziali tra le due alternative (la tabella non contempla i ricavi dalla vendita di FRIGOGEL al cliente industriale in quanto non differenziali).

Tabella 4.17: sintesi del confronto fra alternative.

	1. Produzione su impianto a noleggio	2. Produzione su impianto per LIQUIGEL
<i>Affitto</i>	1.500 €/mese * 3 mesi = 4.500 €	
<i>Costo variabile</i>	1,88 €/t * 80.000 t = 150.400 €	2,15 €/t * 89.200 t = 191.780 €
<i>Costo setup o riavvio</i>	1 riavvio * 902 €/riavvio = 902 €	1 riavvio * 1 turno/riavvio * [70 €/turno + 5 €/ora * 8 ore/turno + 1,5 €/t * 1.500/24 t/ora * 8 ore/turno] = 860 €
<i>Costo mantenimento a scorta</i>	20.740/2 t * 1,88 €/t * 0,2/4 % = 975 €	
<i>Ricavi da consociata</i>		2,15 €/t * 9.200 t = 19.780 €
Totale	155.802 €	172.860 €

Dai risultati in Tabella 4.11, si deduce che, nonostante il recupero della extra-produzione da parte della consociata, i maggiori costi variabili di produzione non rendono conveniente l'utilizzo dell'impianto di LIQUIGEL.

ESERCIZIO 4.16: CALCOLO DEL LOTTO ECONOMICO

La Condema S.r.l. di Bragante Lucio, azienda operante nel settore della minuteria metallica, realizza due tipi di viti (A e B) caratterizzate dai seguenti dati:

Tabella 4.18: dati relativi ai prodotti A e B dell'azienda Condema S.r.l..

	A	B
Domanda annua [pezzi/anno]	6.000	3.000
Prezzo [€/pezzo]	2,5	2
Costo variabile [€/pezzo]	0,5	0,6
Lotto di produzione [pezzi]	3.000	1.500

Si osservi che nell'arco di un anno si realizzano complessivamente due lotti per A e due per B. Si dispone inoltre delle seguenti informazioni:

- giorni di apertura: 200 giorni/anno (la domanda si manifesta solo in questi 200 giorni);
- ritmo di produzione: 50 pezzi/giorno (sia per A che per B);
- costo del denaro: 25%/anno.

La società è solita alternare i lotti di produzione di A e B. Ad ogni cambio di produzione, è necessario effettuare un riavvio dell'impianto, che ha la durata di un giorno e comporta un costo vivo complessivo di 6 €. In particolare, la capacità produttiva dei 200 giorni di apertura viene impiegata

secondo la sequenza illustrata in Tabella 4.13 (si osservi che la domanda non satura l'impianto: sono previste infatti alcune giornate in cui l'impianto rimane spento):

Tabella 4.19: impiego della capacità produttiva nei 200 giorni di apertura dell'impianto.

Giorni	Attività
1	Riavvio
2- 61	Produzione 1° lotto A
62-65	<i>Impianto spento</i>
66	Riavvio
67-96	Produzione 1° lotto B
97-100	<i>Impianto spento</i>
101	Riavvio
102-161	Produzione 2° lotto A
162-165	<i>Impianto spento</i>
166	Riavvio
167-196	Produzione 2° lotto B
197-200	<i>Impianto spento</i>

Con le informazioni a disposizione:

- (i) calcolare il costo annuo del piano (considerando solo i costi di mantenimento a scorta e i costi di setup);
- (ii) il sig. Bragante sospetta che lotti così elevati comportino un costo eccessivo di mantenimento a scorta per cui sta valutando di gestire il prodotto A rispettando il suo lotto economico. Lo si aiuti a calcolare il lotto economico di A e il numero di lotti economici di A da realizzare in un anno.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.16 (CALCOLO DEL LOTTO ECONOMICO)

(i) Determinazione del costo annuo del piano.

Per calcolare il costo annuo del piano occorre ricavare sostanzialmente i costi di setup e di mantenimento a scorta connessi con il piano medesimo. Per quanto riguarda il primo, poiché l'impianto non è saturo, esso dovrà essere calcolato esclusivamente sulla base dei costi vivi:

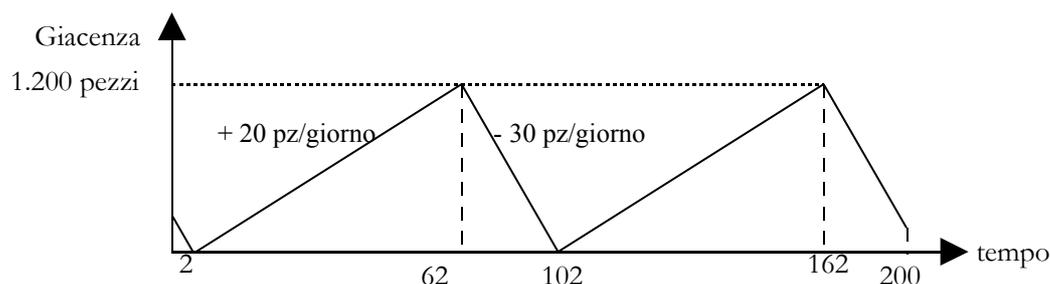
$$\text{Costo di setup} = \text{Numero di riavvii} * \text{Costo di un riavvio} = 4 \text{ riavvii/anno} * 6 \text{ €/riavvio} = 24 \text{ €/anno.}$$

Per quanto concerne, invece, il costo di mantenimento a scorta, esso risulta dato dalla relazione:

$$\begin{aligned} \text{Costo di mantenimento a scorta} = & \text{Giacenza media di A} * \text{Costo variabile di A} * \text{Costo del denaro} + \\ & + \text{Giacenza media di B} * \text{Costo variabile di B} * \text{Costo del denaro} \end{aligned}$$

è dunque necessario ricavare la giacenza media dei prodotti A e B (i costi variabili dei due prodotti ed il costo del denaro sono infatti forniti dal testo). Per quanto concerne le scorte di prodotto A, esse cresceranno nei primi 60 giorni di produzione di 20 unità al giorno (la produzione e la domanda giornaliera sono rispettivamente pari a 50 e a 30 pezzi), nei successivi 40 giorni diminuiranno ad un tasso di 30 pezzi/giorno (in tale periodo, infatti, non viene prodotto A ma esso continua ad essere richiesto dal mercato), nei restanti 100 giorni di apertura dell'impianto la situazione descritta precedentemente viene esattamente replicata. Ecco, quindi, che l'andamento della giacenza di A nell'arco di un anno lavorativo risulta:

Figura 4.3: profilo della giacenza del prodotto A.



Si sottolinea che, perché il piano sia fattibile, la giacenza di A ad inizio anno deve essere sufficiente a far fronte alla domanda del primo giorno.

La giacenza media del prodotto A lungo l'intero anno sarà uguale alla giacenza media dei due sottoperiodi medesimi, e cioè:

$$\text{Giacenza media di A} = \text{Giacenza massima di A} / 2 = 1.200 \text{ pezzi} / 2 = 600 \text{ pezzi.}$$

Analogamente, per il prodotto B, la giacenza media sarà pari alla metà del massimo livello raggiunto dalla scorta di B. Per determinare tale valore consideriamo ciò che succede allo stock di B a partire dal 67° giorno lavorativo allorché ha inizio la produzione del 1° lotto di B (il giorno precedente la giacenza del prodotto in questione si è annullata). Per trenta giorni (fino al 96° giorno) la scorta di B aumenta di 35 unità al giorno (produzione e domanda giornaliera sono rispettivamente pari a 50 e 15 pezzi) e, proprio al 96° giorno raggiunge il valore massimo di 1050 pezzi; per i successivi 70 giorni la giacenza diminuisce ad un tasso di 15 pezzi al giorno (la produzione di B s'interrompe, non così la sua domanda). Alla luce di quanto detto si è ora in grado di ricavare la giacenza media per il prodotto in questione, che sarà:

$$\text{Giacenza media di B} = \text{Giacenza massima di B} / 2 = 1.050 \text{ pezzi} / 2 = 525 \text{ pezzi.}$$

Il costo di mantenimento a scorta connesso con il piano in questione risulta:

$$\text{Costo di mantenimento a scorta} = 600 \text{ pezzi} * 0,5 \text{ €/pezzo} * 0,25 \text{ \%/anno} + 525 \text{ pezzi} * 0,6 \text{ €/pezzo} * 0,25 \text{ \%/anno} = 153,75 \text{ €/anno.}$$

Il costo totale connesso con il piano è dato dunque da:

$$\begin{aligned} \text{Costo del piano di produzione} &= \text{Costo di setup} + \text{Costo di mantenimento a scorta} = \\ &= 24 \text{ €/anno} + 153,75 \text{ €/anno} = 177,75 \text{ €/anno.} \end{aligned}$$

(ii) Determinazione del lotto economico di A e del numero di lotti da produrre in un anno.

Applicando la formula del lotto economico che tiene conto di un ritmo produttivo (r) finito si ottiene:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2aD}{pCm \left(1 - \frac{D}{Hr}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \cdot 6.000}{0,5 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{6.000}{200 \cdot 50}\right)}} \approx 1.200 \text{ t}$$

Da qui si deduce come il numero di lotti del prodotto A da realizzare in un anno saranno:

$$\begin{aligned} \text{Numero di lotti di A all'anno} &= \text{Domanda annua di A} / \text{Dimensione lotto di A} = \\ &= (6.000 \text{ pezzi/anno}) / (1.200 \text{ pezzi/lotto}) = 5 \text{ lotti/anno.} \end{aligned}$$

ESERCIZIO 4.17: ESERCIZIO MAGEE BOODMAN (SUPERCOLOR)

L'azienda Supercolor dispone di una linea di produzione di vernici specializzata nella realizzazione di smalti metallizzati per lamiera d'acciaio. I prodotti realizzati sono relativamente pochi ed i clienti (grandi case automobilistiche e motociclistiche) assorbono il prodotto in modo piuttosto regolare nel corso dell'anno.

Supposto di mettere in produzione tutti i prodotti ad ogni campagna produttiva, si calcoli il numero ottimo annuo di campagne produttive da realizzare, compatibilmente con la capacità disponibile. Utilizzare, ove necessario, i dati sotto riportati, tenendo però conto che il rendimento del processo è del 90 %, per cui, ad esempio, immettendo nell'impianto 100 q di materie prime per vernice nera (al costo di 10.000 Euro/q) alla fine della produzione (80 q/giorno) 90 quintali vengono inviati al magazzino prodotti finiti, e 10 vengono buttati via.

Tabella 4.20: dati estratti dal sistema gestionale della Supercolor

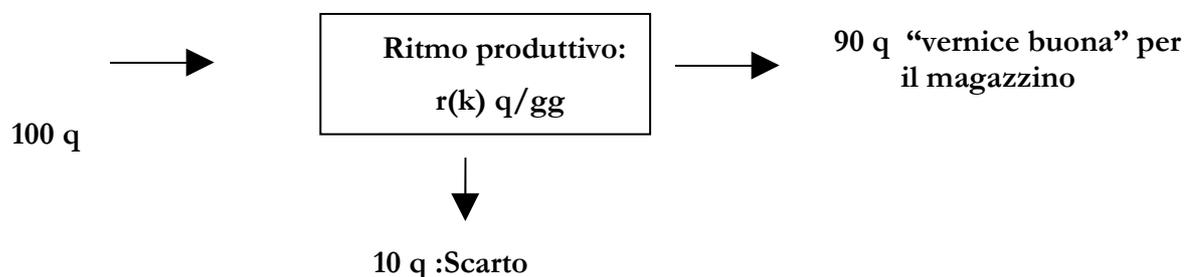
	colori			
	nero	grigio	blu	bordeaux
domanda (q/anno)	2.500	2.100	3.400	2.700
costo materia prime (Euro/q)	10.000	8000	13.000	14.500
costo energia (Euro/q)	2000	2000	2000	2000
costo set-up (Euro/set-up)	70.000	80.000	150.000	200.000
cadenza produttiva (q/giorno)	80	70	60	50
tempo di set-up (giorni)	1	2	3	4
affitto edificio mag. (Euro/anno)	200.000			
giorni lavorativi all'anno	220			

Il costo del denaro che la Supercolor ha chiesto in prestito alle banche è mediamente del 10%.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 4.17 (ESERCIZIO MAGEE BOODMAN)

Il processo di produzione della Supercolor presenta un rendimento del 90%. Questo può essere rappresentato come in figura 4.4

Figura 4.4: il processo produttivo della Supercolor presenta un rendimento del 90%



Applichiamo la formula di Megee Boodman:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K P(k) \cdot I \cdot D(k) \cdot \left(1 - \frac{D(k)}{H \cdot r(k)}\right)}{2 \cdot \sum_{k=1}^K a(k)}}$$

Dove:

- (i) D(k): domanda di “vernice buona”
- (ii) p(k): costi variabili per produrre un quintale di “vernice buona”= (Materie Prime + Energia) / rendimento del processo
- (iii) r(k): ritmo di produzione di prodotto “buono” = r(k) * rendimento del processo

Quindi:

Tabella 4.21: dati per il calcolo di n_0 con la formula

Dati	nero	grigio	blu	bordeaux
D(k) (q buona/anno)	2.500	2.100	3.400	2.700
p(k) (€/q buona)	13.333	11.111	16.667	18.333
Cm	10%	10%	10%	10%
H (gg/anno)	220	220	220	220
r(k) ((q buona/gg)	72	63	54	45
a(k) (€/setup)	70.000	80.000	150.000	200.000

Sostituendo nella formula si ottiene: $n_0 = 3,5$. Poiché non si possono fare 3 campagne e mezzo, è necessario valutare entrambe alternative con 3 campagne e 4 campagne per verificare se è rispettato il vincolo di capacità produttiva. Ovvero bisogna verificare se la capacità produttiva disponibile è sufficiente a far fronte alla capacità necessaria in entrambi i casi.

La capacità disponibile è pari a 220 gg, ovvero ai giorni lavorativi annui.

Per calcolare la capacità necessaria bisogna:

1. Quantità di prodotto finito che devo produrre in un anno per soddisfare la mia domanda $D_{tot}(k) = D(k)$ “buona”/rendimento del processo
2. Quantità di prodotto finito da produrre in ogni campagna $Q(k) = (D_{tot}(k))/n_0$
3. Durata totale di ciascuna campagna = $(Q/r) + \text{setup}$
4. Capacità produttiva necessaria = $((Q/r) + \text{setup}) * n_0$

Caso $n_0=4$.

Se si sceglie di fare 4 campagne, la capacità produttiva necessaria è di 231 gg, quindi non soddisfa il vincolo di capacità produttiva. I calcoli sono riportati in tabella 4.22.

Tabella 4.22: calcolo della capacità produttiva necessaria nel caso $n_0 = 4$

	nero	grigio	blu	bordeaux
Dtot(k) q/anno	2777,8	2333,3	3777,8	3000,0
no	4,0	4,0	4,0	4,0
Quantità da produrre in ciascuna campagna Q(k)	694,4	583,3	944,4	750,0
Durata produzione campagna (Q(k)/r(k))	8,7	8,3	15,7	15,0
Produzione + setup singola campagna	9,7	10,3	18,7	19,0
Capacità produttiva necessaria	231 gg			

Se si sceglie di fare 3 campagne, la capacità produttiva necessaria è di 221 gg, quindi non soddisfa il vincolo di capacità produttiva. I calcoli sono riportati in tabella 4.23.

Tabella 4.23: calcolo della capacità produttiva necessaria nel caso $n_0 = 3$

	nero	grigio	blu	bordeaux
Dtot(k) q/anno	2777,8	2333,3	3777,8	3000,0
no	3,0	3,0	3,0	3,0
Quantità da produrre in ciascuna campagna Q(k)	925,9	777,8	1259,3	1000,0
Durata produzione campagna (Q(k)/r(k))	11,6	11,1	21,0	20,0
Produzione + setup singola campagna	12,6	13,1	24,0	24,0
Capacità produttiva necessaria	221			

La capacità produttiva è sufficiente se si fanno 2 campagne, infatti i giorni necessari sono 211. Come dai dati riportati in tabella 4.24.

Tabella 4.24: calcolo della capacità produttiva necessaria nel caso $n_0 = 3$

	nero	grigio	blu	bordeaux
Dtot(k) q/anno	2777,8	2333,3	3777,8	3000,0
no	2,0	2,0	2,0	2,0
Quantità da produrre in ciascuna campagna Q(k)	1388,9	1166,7	1888,9	1500,0
Durata produzione campagna (Q(k)/r(k))	17,4	16,7	31,5	30,0

Produzione + setup singola campagna	18,4	18,7	34,5	34,0
Capacità produttiva necessaria	211			

Tuttavia si osserva che nel caso di un numero di campagne pari a 3, il numero di giorni necessari è superiore di un solo giorno al numero di gironi disponibili. Si confrontino i costi totali (mantenimento a scorta e setup) nei due casi. Per calcolare il costo di mantenimento a scorta si utilizza la formula:

$$CMS = \frac{\sum_{k=1}^K P(k) \cdot I \cdot D(k)}{2 * n_0} * \left(1 - \frac{D(k)}{H \cdot r(k)} \right)$$

$$Csetup = n_0 * \sum_{k=1}^K a(k)$$

si ottengono i seguenti risultati:

$$C_{tot}(3 \text{ campagne}) = 3.571.988 \text{ €}$$

$$C_{tot}(2 \text{ campagne}) = 4.107.983 \text{ €}$$

La differenza ammonta a 535.994 €. Visto che la differenza tra i due costi è molto elevata, non vale la pena fare due campagne. Il costo del giorno di straordinario che sarebbe necessario nel caso di 3 campagne è più che compensato dal risparmio che se ne ottiene. Inoltre la scelta di fare tre campagne garantirebbe maggiore flessibilità.