

Capitolo 5: Programmazione Aggregata

ESERCIZIO 5.1: PIANO DI PRODUZIONE APPLICANDO WAGNER E WHITIN

La Maspero & Co., di Maspero Riccardo, è una piccola azienda del torinese operante nel settore dell'abbigliamento sportivo. Il prodotto di punta di questa impresa a conduzione familiare è rappresentato da confezioni di tacchetti di plastica per scarpe da calcio. Per quanto concerne tali confezioni è nota la seguente domanda (considerabile perfettamente prevedibile):

Tabella 5.1: domanda [confezioni/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Domanda [confezioni]	150	350	200	250	300	350

Inoltre si sa che:

- il costo di setup (avvio produzione) dipende dal mese in cui è effettuato e, in ogni caso, l'impianto viene spento alla fine di ogni mese:

Tabella 5.2: costo di setup [migliaia di €/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Costo setup	5	3	4	5	3	4

- il costo variabile è pari a 1 €/confezione
- il prezzo di vendita risulta 3 €/confezione
- il costo del capitale è il 12%/anno.

Con le informazioni a disposizione:

- si determini il piano di produzione ottimo applicando il modello di Wagner e Whitin;
- si calcoli il costo del piano.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.1 (PIANO DI PRODUZIONE APPLICANDO WAGNER E WHITIN)

Per determinare il piano di produzione ottimo applicando il modello di Wagner e Whitin può essere utile impiegare una matrice di questo tipo:

Tabella 5.3: matrice per la determinazione del piano ottimo con il modello di Wagner e Whitin.

$t \backslash j$	1	...	j	$j+1$	...	T	F(t)
1	$F(1, 1)$						$F(1)$
2	$F(2, 1)$	...					$F(2)$
...
T	$F(t, 1)$	...	$F(t, j)$	$F(t, j+1)$			$F(t)$
...
T	$F(T, 1)$	...	$F(T, j)$	$F(T, j+1)$	...	$F(T, T)$	$F(T)$

Ove:

- T è l'orizzonte di programmazione;
- t rappresenta il periodo al quale arriva l'orizzonte di pianificazione considerato, con $t = 1, \dots, T$;
- j è il periodo in cui, all'interno dell'orizzonte di riferimento, è stato realizzato l'ultimo setup, con $j = 1, \dots, T$;
- $F(t, j)$ è il costo del piano fino al periodo t nel caso in cui l'ultimo setup sia stato realizzato in j . Seguono le espressioni per il calcolo di tale costo:

$$F(j, j) = F(j - 1) + a(j)$$

$$F(t, j) = F(j - 1) + a(j) + \sum_{b=j}^{t-1} \sum_{k=b+1}^t i(b) * D(k).$$

Con: $a(j)$ costo di setup relativamente al generico periodo j ;

$i(b)$ = costo variabile * tasso percentuale di mantenimento a scorta per ogni periodo dell'orizzonte;

$D(k)$ = domanda del generico periodo k ;

- $F(t) = \min_j F(t, j)$.

Le caselle grigie della matrice sono caselle non ammissibili. Per il generico orizzonte t -simo (corrispondente alla riga t -sima) è infatti evidente come non sia possibile aver effettuato l'ultimo setup in un periodo $j > t$. Le caselle ammissibili sono pertanto quelle sottostanti la diagonale principale della matrice. Esse possono essere ulteriormente ridotte applicando il teorema del *Planning Horizon*, che verrà introdotto nel seguito della risoluzione del problema.

A valle di questa descrizione della matrice e dei suoi elementi è finalmente possibile determinare il piano ottimo secondo il modello di Wagner e Whitin con riferimento alla Maspero & Co.. Si cominci con il considerare l'orizzonte temporale costituito dal solo primo periodo. È evidente come l'unica possibilità per soddisfare la domanda di 150 confezioni di tacchetti di plastica sia quella di produrre nel mese I sostenendo, così, il costo di setup ad esso afferente:

- $F(1,1) = a(1) = 5 \text{ €}$.

Naturalmente per il primo periodo dell'orizzonte vale:

- $F(1) = F(1,1) = 5 \text{ €}$.

Passando all'orizzonte temporale corrispondente a $t = 2$ (comprendente il primo e il secondo mese dell'orizzonte) dovremo confrontare due alternative decisionali poiché j può assumere i valori 1 e 2:

- $F(2,1) = a(1) + i(1)*D(2) = 5 \text{ €} + 0,01 \text{ €/ confezione} * 350 \text{ confezioni} = 8,5 \text{ €}$
- $F(2,2) = F(1) + a(2) = 5 \text{ €} + 3 \text{ €} = 8 \text{ €}$.

In questo caso dunque:

- $F(2) = \min_{1,2} \{F(2, 1), F(2,2)\} = F(2,2) = 8 \text{ €}$.

Applicando il teorema dell'orizzonte di pianificazione è possibile escludere, dalla procedura di determinazione dei programmi per i mesi successivi al secondo, le caselle della colonna $j=1^1$ (il *Planning Horizon Theorem*, infatti, afferma che: “se al periodo t' $F(t')$ è ottenuto in corrispondenza di $j = t'$ con $t'' \neq t'$, allora al periodo t , con $t > t'$ è sufficiente considerare solo $t'' \leq j \leq t$. In particolare se $t' = t''$ è sufficiente considerare solo i programmi che prevedono di produrre in t').

Si consideri ora l'orizzonte corrispondente a $t = 3$; si avrà:

- $F(3,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) = 5 \text{ €} + 3 \text{ €} + 0,01 \text{ €/ confezione} * 200 \text{ confezioni} = 10 \text{ €}$
- $F(3,3) = F(2) + a(3) = 8 \text{ €} + 4 \text{ €} = 12 \text{ €}$
- $F(3) = \min_{1,2} \{F(3,2), F(3,3)\} = F(3,2) = 10 \text{ €}$.

Per l'orizzonte corrispondente a $t = 4$:

- $F(4,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) + i(2)*D(4) + i(3)*D(4) = 5 \text{ €} + 3 \text{ €} + 2 \text{ €} + 2,5 \text{ €} + 2,5 \text{ €} = 15 \text{ €}$
- $F(4,3) = F(2) + a(3) + i(3)*D(4) = 8 \text{ €} + 4 \text{ €} + 2,5 \text{ €} = 14,5 \text{ €}$
- $F(4,4) = F(3) + a(4) = 10 \text{ €} + 5 \text{ €} = 15 \text{ €}$
- $F(4) = \min_{2,3,4} \{F(4,2), F(4,3), F(4,4)\} = F(4,3) = 14,5 \text{ €}$.

Ancora una volta, il teorema dell'orizzonte di pianificazione consente di escludere dalle successive esplorazioni le caselle della colonna corrispondente al mese 2.

Per l'orizzonte corrispondente a $t = 5$:

- $F(5,3) = F(2) + a(3) + i(3)*D(4) + i(3)*D(5) + i(4)*D(5) = 8 \text{ €} + 4 \text{ €} + 2,5 \text{ €} + 3 \text{ €} + 3 \text{ €} = 20,5 \text{ €}$
- $F(5,4) = F(3) + a(4) + i(4)*D(5) = 10 \text{ €} + 5 \text{ €} + 3 \text{ €} = 18 \text{ €}$
- $F(5,5) = F(4) + a(5) = 14,5 \text{ €} + 3 \text{ €} = 17,5 \text{ €}$
- $F(5) = \min_{3,4,5} \{F(5,3), F(5,4), F(5,5)\} = F(5,5) = 17,5 \text{ €}$.

In virtù del *planning horizon theorem* possono essere escluse dall'analisi le caselle delle colonne corrispondenti ai mesi 3 e 4.

Per l'orizzonte corrispondente a $t = 6$:

- $F(6,5) = F(5) + i(5)*D(6) = 14,5 \text{ €} + 3 \text{ €} + 3,5 \text{ €} = 21 \text{ €}$
- $F(6,6) = F(5) + a(6) = 17,5 \text{ €} + 4 \text{ €} = 21,5 \text{ €}$
- $F(6) = \min_{5,6} [F(6,5), F(6,6)] = F(6,5) = 21 \text{ €}$.

Quanto sopra riportato si traduce nella seguente matrice:

¹ Nella matrice, le caselle delle colonne escluse verranno indicate in nero.

Tabella 5.4: matrice per la determinazione del piano ottimo con il modello di Wagner e Whitin.

j	1	2	3	4	5	6	F(t)
t							
1	5						5
2	8,5	8					8
3		10	12				10
4		15	14,5	15			14,5
5			20,5	18	17,5		17,5
6					21	21,5	21

Il costo del piano è pari al valore $F(T)$ e, nel caso in esame, risulta pari a $F(6) = 21$ €.

La ricostruzione del piano viene effettuata *back-ward*, ossia partendo dall'ultimo periodo dell'orizzonte T risalendo fino al primo, scegliendo di volta in volta la soluzione ottima per il periodo considerato. Nel caso specifico:

$F(6) = F(6,5) \rightarrow$ la politica ottima fino al periodo 6 è produrre nel periodo 5 + scegliere la politica ottima fino al periodo 5

$F(4) = F(4,3) \rightarrow$ la politica ottima fino al periodo 4 è produrre nel periodo 3 + scegliere la politica ottima fino al periodo 2

$F(2) = F(2,1) \rightarrow$ la politica ottima fino al periodo 2 è produrre nel periodo 2 + scegliere la politica ottima fino al periodo 1

$F(1) = F(1,1) \rightarrow$ la politica ottima fino al periodo 1 è produrre nel periodo 1.

Pertanto, il piano ottimo prevede che si produca nei periodi: 1, 2, 3, 5. I quantitativi prodotti in un periodo sono pari alla somma della domanda fino al periodo di produzione successivo. La seguente tabella illustra il piano ottenuto.

Tabella 5.5: piano ottimo [confezioni/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Piano ottimo	150	350	450	-	650	-

ESERCIZIO 5.2: PIANO DI PRODUZIONE FATTIBILE APPLICANDO WAGNER E WHITIN

Un'azienda deve stendere un piano di produzione per il suo unico prodotto di cui è nota deterministicamente la domanda per i prossimi sei mesi:

Tabella 5.6: domanda [pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Domanda	100	120	100	110	150	100

Sono inoltre note le seguenti informazioni:

- ogni volta che viene emesso un ordine di produzione, si sopporta un costo vivo di setup pari a 110 €
- il costo variabile di prodotto è di 80 €/pezzo
- il costo opportunità per immobilizzo del denaro è pari all'15%/anno.

Con le informazioni a disposizione:

- (i) si applichi il modello di Wagner e Whitin per determinare il piano ottimo di produzione
- (ii) calcolare il costo del piano così determinato
- (iii) sapendo che la capacità mensile è limitata a 240 pezzi, si determini un piano fattibile a partire da quello calcolato al punto precedente e se ne calcoli il costo.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.2 (PIANO DI PRODUZIONE FATTIBILE APPLICANDO WAGNER E WHITIN)

(i) Piano ottimo di produzione con Wagner e Whitin.

Preliminarmente all'applicazione del modello, si calcola il costo di mantenimento a scorta da un mese al successivo:

$$- \quad i(t) = i = (0,15/12) * 80 \text{ €/pezzo} = 1\text{€/pezzo}.$$

Si comincia ora ad applicare il modello di Wagner e Whitin (per quanto riguarda la parte teorica si rimanda all'Esercizio 2 di questo stesso capitolo). Nel caso dell'orizzonte temporale corrispondente a $t = 1$ si avrà:

- $F(1,1) = a(1) = 110 \text{ €}$
- $F(1) = F(1,1) = 110 \text{ €}.$

Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 2$ si ha:

- $F(2,1) = a(1) + i(1)*D(2) = 110 \text{ €} + 1 \text{ €/pezzo} * 120 \text{ pezzi} = 230 \text{ €}$
- $F(2,2) = F(1) + a(2) = 110 \text{ €} + 110 \text{ €} = 220 \text{ €}$
- $F(2) = \min_{1,2} \{F(2, 1), F(2,2)\} = F(2,2) = 220 \text{ €}.$

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle della colonna $j = 1$ (cfr. Esercizio 5.1). Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 3$ si ha:

- $F(3,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) = 110 \text{ €} + 110 \text{ €} + 1 \text{ €/pezzo} * 100 \text{ pezzi} = 320 \text{ €}$
- $F(3,3) = F(2) + a(3) = 220 \text{ €} + 110 \text{ €} = 330 \text{ €}$
- $F(3) = \min_{1,2} \{F(3,2), F(3,3)\} = F(3,2) = 320 \text{ €}.$

Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 4$ si ha:

- $F(4,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) + i(2)*D(4) + i(3)*D(4) = 110 \text{ €} + 110 \text{ €} + 100 \text{ €} + 110 \text{ €} + 110 \text{ €} = 540 \text{ €}$
- $F(4,3) = F(2) + a(3) + i(3)*D(4) = 220 \text{ €} + 110 \text{ €} + 110 \text{ €} = 440 \text{ €}$
- $F(4,4) = F(3) + a(4) = 320 \text{ €} + 110 \text{ €} = 430 \text{ €}$
- $F(4) = \min_{2,3,4} \{F(4,2), F(4,3), F(4,4)\} = F(4,4) = 430 \text{ €}.$

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle delle colonne $j = 2, 3$. Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 5$ si ha:

- $F(5,4) = F(3) + a(4) + i(4)*D(5) = 320 \text{ €} + 110 \text{ €} + 150 \text{ €} = 580 \text{ €}$
- $F(5,5) = F(4) + a(5) = 430 \text{ €} + 110 \text{ €} = 540 \text{ €}$
- $F(5) = \min_{4,5} \{F(5,4), F(5,5)\} = F(5,5) = 540 \text{ €}$.

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle della colonna $j = 4$. Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 6$ si ha:

- $F(6,5) = F(4) + a(5) + i(5)*D(6) = 430 \text{ €} + 110 \text{ €} + 100 \text{ €} = 640 \text{ €}$
- $F(6,6) = F(5) + a(6) = 540 \text{ €} + 110 \text{ €} = 650 \text{ €}$
- $F(6) = \min_{5,6} \{F(6,5), F(6,6)\} = F(6,5) = 640 \text{ €}$.

Quanto sopra riportato si traduce nella seguente matrice:

Tabella 5.7: matrice per la determinazione del piano ottimo con il modello di Wagner e Whitin.

j	1	2	3	4	5	6	F(t)
t							
1	110						110
2	230	220					220
3		320	330				320
4		540	440	430			430
5				580	540		540
6					640	650	640

Il piano viene ricostruito con procedura *back-ward* (cfr. Esercizio 5.1):

Tabella 5.8: piano ottimo [pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Piano ottimo	100	220		110	250	

(ii) Costo del piano.

Il costo del piano ottimo di produzione ottenuto mediante Wagner e Whitin risulta pari a:

$$\text{Costo del piano ottimo} = F(6) = 640 \text{ €}$$

(iii) Piano fattibile e suo costo.

Poiché la capacità produttiva mensile è pari a soli 240 pezzi è evidente che il piano ottimo ottenuto mediante il modello di Wagner e Whitin non è fattibile. Per renderlo tale al mese 5 è necessario produrre solo ed esclusivamente il quantitativo che soddisfa la domanda del periodo in corso mentre i pezzi restanti devono essere realizzati nel mese 6. Ecco, quindi, che il piano fattibile risulta:

Tabella 5.9: piano fattibile [pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Domanda	100	120	100	110	150	100
Piano fattibile	100	220		110	150	100

Il costo connesso con il nuovo piano di produzione proposto sarà dato da:

$$\begin{aligned} \text{Costo del piano fattibile} &= \text{Costo di setup} + \text{Costo di mantenimento a scorta} = \\ &= 5 \text{ setup} * 110 \text{ €/setup} + 1 \text{ €/pezzo} * 100 \text{ pezzi} = 650 \text{ €}. \end{aligned}$$

ESERCIZIO 5.3: PIANO DI PRODUZIONE APPLICANDO WAGNER E WHITIN

La D&G S.r.l., di Della Marina Diego e Galante Giuseppe, è un'azienda commerciale che acquista e rivende prodotti per l'illuminotecnica; tra questi spicca il codice X11, un faretto alogeno di nuova generazione. Si vuole applicare il modello di Wagner-Whitin per calcolare il piano di approvvigionamento del prodotto X11 per il prossimo anno ed il costo ad esso associato. La domanda di X11 è nota deterministicamente per i prossimi sei bimestri:

Tabella 5.10: domanda di X11 [pezzi/bimestre].

Bimestre	1	2	3	4	5	6
Domanda	200	150	90	80	100	120

Sono inoltre note le seguenti informazioni:

- il fornitore di X11 effettua una consegna franco fabbrica; la D&G, quindi, deve provvedere al trasporto dei prodotti fino al proprio stabilimento, trasporto affidato ad una società terza la quale, per ogni uscita, richiede una commissione di 100 € (la commissione è fissa e non dipende dal numero di mezzi necessari al trasporto);
- l'emissione degli ordini di X11 viene realizzata dalla sig.ra Prestipino che è una dipendente della D&G e che si occupa anche di curare i rapporti con gli altri fornitori della ditta; è stato stimato che l'attività di emissione degli ordini per il codice X11 assorbe il 15% del suo tempo, inoltre essa costa all'azienda 30.000 €/anno;
- una volta che un lotto di X11 arriva in D&G ne viene prelevato un campione; i farette campionati vengono sottoposti ad un rigido controllo qualità che impiega, tra gli altri, anche un tecnico di una società esterna che costa alla D&G 25 €/ora; il controllo qualità dura 4 ore;
- il costo di acquisto di X11 è di 100 €/pezzo
- il costo opportunità per immobilizzi finanziari è pari al 12%/anno.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.3 (PIANO DI PRODUZIONE APPLICANDO WAGNER E WHITIN)

Per prima cosa è necessario ricavare il costo connesso con l'emissione di un ordine. Esso comprenderà ovviamente sia il costo di trasporto (fisso e pari sempre a 100 €) sia il costo del controllo qualità dovuto al tecnico di una società esterna; non deve comparire, invece, nel costo di emissione dell'ordine la quota parte del costo che la sig.ra Vergassola rappresenta per la D&G in quanto essa è una dipendente di quest'ultima. Ecco, quindi, che il costo di emissione dell'ordine sarà:

- $Costo\ emissione\ ordine = Costo\ trasporto + Costo\ controllo\ qualità = 100€ + 25€/ora * 4\ ore = 200€.$

Si calcola, poi, $i(t)$ ossia il costo di mantenimento a scorta da un bimestre al successivo:

- $i(t) = costo\ variabile * tasso\ percentuale\ di\ mantenimento\ a\ scorta\ per\ ogni\ periodo\ dell'orizzonte = 100\ €/pezzo * 0,12/6 = 2\ €/pezzo.$

A questo punto si è finalmente in grado di determinare il piano ottimo di approvvigionamento mediante il modello di Wagner e Whitin. In particolare, per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 1$ si ha:

- $F(1,1) = a(1) = 200\ €$
- $F(1) = F(1,1) = 200\ €$

Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 2$ si ha:

- $F(2,1) = a(1) + i(1)*D(2) = 200\ € + 300\ € = 500\ €$
- $F(2,2) = F(1) + a(2) = 200\ € + 200\ € = 400\ €$
- $F(2) = \min_{1,2} \{F(2,1), F(2,2)\} = F(2,2) = 400\ €.$

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle della colonna $j = 1$ (cfr. Esercizio 5.1). Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 3$ si ha:

- $F(3,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) = 200\ € + 200\ € + 180\ € = 580\ €$
- $F(3,3) = F(2) + a(3) = 400\ € + 200\ € = 600\ €$
- $F(3) = \min_{2,3} \{F(3,2), F(3,3)\} = F(3,2) = 580\ €.$

Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 4$ si ha:

- $F(4,2) = F(1) + a(2) + i(2)*D(3) + i(2)*D(4) + i(3)*D(4) = 200\ € + 200\ € + 180\ € + 160\ € + 160\ € = 900\ €$
- $F(4,3) = F(2) + a(3) + i(3)*D(4) = 400\ € + 200\ € + 160\ € = 760\ €$
- $F(4,4) = F(3) + a(4) = 580\ € + 200\ € = 780\ €$
- $F(4) = \min_{2,3,4} \{F(4,2), F(4,3), F(4,4)\} = F(4,3) = 760\ €.$

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle della colonna $j = 2$. Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 5$ si ha:

- $F(5,3) = F(2) + a(3) + i(3)*D(4) + i(3)*D(5) + i(4)*D(5) = 400\ € + 200\ € + 160\ € + 200\ € + 200\ € = 1.160\ €$
- $F(5,4) = F(3) + a(4) + i(4)*D(5) = 580\ € + 200\ € + 200\ € = 980\ €$
- $F(5,5) = F(4) + a(5) = 760\ € + 200\ € = 960\ €.$
- $F(5) = \min_{3,4,5} \{F(5,3), F(5,4), F(5,5)\} = F(5,5) = 960\ €.$

Per il teorema del *Planning Horizon* è possibile escludere dai passi successivi le caselle delle colonna $j = 3, 4$. Per l'orizzonte temporale corrispondente a $t = 6$ si ha:

- $F(6,5) = F(4) + a(5) + i(5)*D(6) = 760 \text{ €} + 200 \text{ €} + 240 \text{ €} = 1.200 \text{ €}$
- $F(6,6) = F(5) + a(6) = 960 \text{ €} + 200 \text{ €} = 1.160 \text{ €}$
- $F(6) = \min_{5,6} \{F(6,5), F(6,6)\} = F(6,6) = 1.160 \text{ €}$.

Quanto sopra riportato si traduce nella seguente matrice:

Tabella 5.11: matrice per la determinazione del piano ottimo con il modello di Wagner e Whitin.

j	1	2	3	4	5	6	F(t)
t							
1	200						200
2	500	400					400
3		580	600				580
4		900	760	780			760
5			1160	980	960		960
6					1.200	1.160	1.160

e nel piano sotto indicato:

Tabella 5.12: piano ottimo [pezzi/bimestre].

Bimestre	1	2	3	4	5	6
Piano ottimo	200	150	170		100	120

Il costo del piano ottimo di approvvigionamento ottenuto mediante Wagner e Whitin risulta:

$$\text{Costo del piano ottimo} = F(6) = 1.160 \text{ €}.$$

ESERCIZIO 5.4: PIANO DI PRODUZIONE “CHASE”

La Lucarelli e figli S.a.s., di Lucarelli Cristiano, è un'azienda manifatturiera del comasco che realizza diversi prodotti tra i quali quello di punta è rappresentato dal codice A. La domanda annua di A (in numero di pezzi) è quella riportata nella tabella seguente:

Tabella 5.13: domanda [pezzi/mese].

	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
Domanda	2.625	7.875	7.875	21.000	21.000	21.000	7.875	7.875	2.625	2.625	2.625

nota: l'azienda è chiusa ad Agosto.

La capacità produttiva mensile dell'impianto dedicato al prodotto A è, al lordo degli scarti (essi non sono recuperabili e sono pari al 20%), di 12.500 unità e l'impianto medesimo può essere fatto funzionare a ritmo ridotto. Nel caso in cui la capacità produttiva mensile sia completamente saturata è possibile ricorrere a lavoro straordinario che può essere sfruttato solo in modalità *on-off* e che aumenta la capacità produttiva mensile (al lordo degli scarti) di 2.500 unità.

Ogni unità di A si ottiene per trasformazione di un'unità di materia prima. Il costo di un'unità di materia prima è di 10 €; il costo dell'energia, invece, è di 2 € per ogni pezzo lavorato.

L'extra-costo per ogni unità lavorata in orario straordinario è di 3 €.

Il costo annuo di mantenimento a scorta è pari al 20%.

Ad ogni variazione del ritmo mensile è necessario effettuare un setup il cui costo complessivo è pari a 1.200 €.

Alla luce di queste informazioni si stenda un piano *chase* con limitati anticipi di produzione solo dove è necessario e si precisi il livello di giacenza di cui la Lucarelli e figli necessita all'inizio di gennaio; si calcoli quindi il costo annuo del piano.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.4 (PIANO DI PRODUZIONE "CHASE")

Per prima cosa è utile ricavare la capacità produttiva in orario ordinario ed in orario straordinario al netto degli scarti. Esse saranno rispettivamente date da:

- $Capacità\ produttiva\ netta\ mensile\ in\ ordinario = Capacità\ produttiva\ mensile\ in\ orario\ ordinario * (1 - \%scarti) = 12.500\ pezzi/mese * (1 - 0,2) = 10.000\ pezzi$
- $Capacità\ produttiva\ netta\ mensile\ in\ straordinario = Capacità\ produttiva\ mensile\ in\ straordinario * (1 - \%scarti) = 2.500\ pezzi/mese * (1 - 0,2) = 2.000\ pezzi.$

E' noto che l'impianto può funzionare a ritmo ridotto e che si può accedere al lavoro straordinario solo nel caso in cui la capacità produttiva mensile sia completamente saturata (inoltre l'utilizzo di straordinario deve avvenire in modalità *on-off*) e ciò, alla luce di quanto sopra ricavato, equivale a dire che l'impianto può produrre nel generico mese i una quantità $q(i)$ di prodotto buono con:

$$q(i) \leq 10.000\ pezzi/mese\ o\ q(i) = 12.000\ pezzi/mese.$$

A questo punto siamo in grado di verificare se, per soddisfare la domanda di A nell'anno corrente, sia sufficiente la produzione in lavoro ordinario o se si renda necessario ricorrere a quella in straordinario o, ancora, se si debbano accumulare scorte durante l'anno precedente e, eventualmente, in quale ammontare.

In primo luogo si procede con un'analisi di capacità aggregata. La domanda annua di A è pari a 10.500 pezzi (somma delle domande mensili) pertanto la capacità produttiva in orario regolare è più che sufficiente a soddisfarla senza incorrere in stock-out. Osservando la domanda dei singoli mesi, si osserva che gli unici periodi a destare problemi sono Aprile, Maggio e Giugno, in ciascuno dei quali si concentra una domanda superiore alla massima capacità produttiva mensile del sistema. Occorre dunque studiare il periodo di picco di domanda (mesi di Aprile, Maggio, Giugno): si osserva infatti che la domanda cumulata nel periodo di punta è pari a 63.000 pezzi; poiché la capacità produttiva in orario straordinario non è in grado di soddisfare tale picco, occorre programmare una scorta di inizio Aprile.

Poiché il testo chiede di formulare un piano *chase* "con limitati anticipi di produzione", la scorta di inizio Aprile viene dimensionata ipotizzando che nei tre mesi di picco si produca con straordinario:

$$Scorta\ iniziale\ di\ Aprile = domanda\ di\ picco - capacità\ produttiva\ nei\ mesi\ di\ picco = 63.000\ pezzi - 3\ pezzi/mese * 12.000\ mesi = 27.000\ pezzi.$$

Tale scorta dovrà essere accumulata il più tardi possibile in modo tale da limitare gli anticipi di

produzione. Pertanto, anche nei mesi immediatamente precedenti ad Aprile si utilizzerà lo straordinario, fino a cumulare la scorta necessaria. La quantità Q accumulabile nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo è pari a $Q = 12.000 \text{ pezzi/mese} * 3 \text{ mesi} - (2.625 \text{ pezzi/mese} + 7.875 \text{ pezzi/mese} * 2 \text{ mesi}) = 17.625$ pezzi, visibilmente non sufficiente a coprire il fabbisogno di unità di A. Occorrerà allora prevedere anche una scorta di inizio Gennaio, che dovrà essere pari a:

$$\text{Scorta iniziale di Gennaio} = 27.000 \text{ pezzi} - 17.625 \text{ pezzi} = 9.375 \text{ pezzi.}$$

Tale quantitativo può essere cumulato adottando lo straordinario anche a Dicembre, poiché in tal caso l'eccesso di produzione sarebbe esattamente pari a:

$$\text{Scorta finale di Dicembre} = 12.000 \text{ pezzi} - 2625 \text{ pezzi} = 9.375 \text{ pezzi.}$$

Riassumendo, quindi, si ottiene il piano *chase* "con limitati anticipi di produzione" riportato nella seguente tabella.

Tabella 5.14: piano chase [pezzi/mese].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sc.In.	9.375	18.750	22.875	27.000	18.000	9.000	0	0	0	0	0	0
Dom.A	2.625	7.875	7.875	21.000	21.000	21.000	7.875	0	7.875	2.625	2.625	2.625
Prod.	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	7.875	0	7.875	2.625	2.625	2.625
Sc.Fin.	18.750	22.875	27.000	18.000	9.000	0	0	0	0	0	0	0

La giacenza media è pari a 8.750 pezzi. Per quanto concerne il costo connesso con il piano in questione esso sarà dato da:

$$\text{Costo totale del piano} = \text{Costo di mantenimento a scorta} + \text{Costo di setup} + \text{Extra-costi di straordinario.}$$

Al fine di valorizzare il costo di mantenimento a scorta, alle scorte accumulate nei periodi in cui si è fatto straordinario si associa il costo variabile comprensivo degli extra-costi dovuti allo straordinario (materie prime + energia + straordinario), viceversa, per i mesi rimanenti, il costo variabile viene calcolato solo sulla base del costo della materia prima e del consumo di energia. Tale calcolo, di per sé approssimativo, fornisce una *proxy* accettabile del costo di mantenimento a scorta. Un calcolo più preciso dovrebbe basarsi sulla conoscenza della modalità di consumo dei materiali a scorta (LIFO, FIFO, ecc.).

Ipotizzando che oltre ai setup per cambio ritmo debbano essere effettuati anche un setup ad inizio anno ed uno alla fine di agosto (mese in cui l'impianto è rimasto spento), si ottiene:

- $\text{Costo di mantenimento a scorta} = (\text{Valore giacenza media valorizzata con straordinario} + \text{Valore della giacenza media non valorizzata con straordinario}) / 12 * \text{Costo \% mantenimento} = (105.000 \text{ pezzi} * (10+2+3) \text{ €/pezzo} + 0 \text{ pezzi} * (10+2) \text{ €/pezzo}) / 12 * 0,2 \% / \text{anno} = 26.250 \text{ €/anno}$
- $\text{Costo di setup} = \text{Costo unitario di setup} * \text{Numero di setup} = 1.200 \text{ €/setup} * 4 \text{ setup/anno} = 4.800 \text{ €/anno}$
- $\text{Extra-costi di straordinario} = \text{Extra-costi unitario} * \text{Pezzi prodotti in straordinario} = 3 \text{ €/pezzo} * 2.500 \text{ pezzi/mese} * 6 \text{ mesi/anno} = 45.000 \text{ €/anno.}$

Ecco, quindi, che il costo complessivo connesso con il piano di produzione considerato risulta:

$$\text{Costo totale del piano} = \text{Costo di mantenimento a scorta} + \text{Costo di setup} + \text{Extra-costi di straordinario} = 26.250 \text{ €} + 4.800 \text{ €} + 45.000 \text{ €} = 76.050 \text{ €/anno.}$$

ESERCIZIO 5.5: PIANI DI PRODUZIONE “LEVEL” E “CHASE”

È noto il profilo di domanda di un'azienda che realizza un unico prodotto:

Tabella 5.15: domanda [migliaia di pezzi/mese]

Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domanda	16	16	40	40	40	16	16	0 (*)	10	8	8	10

(*) In Agosto l'azienda è chiusa; all'inizio di settembre, è sempre necessario effettuare un riavvio.

Sono note le seguenti informazioni:

- Il processo produttivo ha uno scarto medio del 20%.
 - La capacità produttiva massima dell'impianto – al lordo degli scarti – è di 40.000 pezzi/mese (equivalente a 1.000 pezzi al turno).
 - Ogni volta che viene modificato il ritmo produttivo mensile, si rende necessario un riavvio dell'impianto.
 - Durante il riavvio, che ha una durata media di un turno, i due addetti al controllo dell'impianto intervengono per regolarlo (costo aziendale: 30.000 €/anno per addetto).
 - Durante il riavvio, l'impianto viene portato al suo ritmo produttivo massimo e produce esclusivamente scarti.
 - Esiste un impianto di recupero scarti, che consente di recuperare il 40% della materia prima scartata, la sua conduzione impiega un operaio dipendente (costo aziendale: 25.000 €/anno).
 - Il prodotto finito si ottiene per lavorazione di un semilavorato che l'azienda acquista al costo di 2,50 €/pezzo; il costo dell'energia per lavorare ciascun pezzo è di 0,50 €.
 - Il costo di immobilizzo del denaro è pari al 20%/anno.
 - In ogni caso l'impianto deve essere riavviato all'inizio di gennaio.
- (i) Si stendano i seguenti due piani di produzione:
- piano *chase* (ovvero piano che “insegue” la domanda) caratterizzato da anticipi di produzione limitati a quanto strettamente necessario per far fronte al picco di stagionalità;
 - piano *level* (ovvero piano livellato) caratterizzato dall'aver un ritmo produttivo medio mensile costante, pari alla domanda mensile media;
- indicando per ognuno dei due piani:
- la produzione e la giacenza finale di ogni mese;
 - il livello di scorte necessarie a inizio anno perché ciascun piano sia fattibile.
- (ii) Si calcoli il costo di ciascun piano (solo le voci differenziali tra i due piani).
- (iii) Supponendo che il piano effettivamente praticato dall'azienda sia come di seguito descritto:
- le scorte di inizio anno sono nulle,
 - la produzione è di 20.000 pezzi buoni al mese e l'impianto rimane chiuso in Ottobre, Novembre, Dicembre (oltre che ad Agosto);

- ci si avvale di subfornitura nei mesi di Marzo, Aprile e Maggio, in quantità pari alla differenza tra la domanda del mese e la produzione mensile
 si determini quale costo di subfornitura [€/pezzo] rende indifferente il piano effettivamente praticato e il piano *chase* precedentemente calcolato.

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.5 (PIANI DI PRODUZIONE "LEVEL" E "CHASE")

(o) Calcoli preliminari.

- Capacità produttiva mensile al netto degli scarti = $(40.000 \cdot 0,8) = 32.000$ pezzi.
- Costo di riavvio (include l'energia per i 1.000 pezzi prodotti e gli scarti non recuperabili) = $1.000 \text{ pezzi/riavvio} \cdot (0,5 + 0,6 \cdot 2,5) \text{ €/pezzo} = 2.000 \text{ €riavvio}$.
- Costo variabile di produzione = $(2,5 \cdot 0,92/0,8 + 0,5/0,8) = 3,5 \text{ €/pezzo buono}$.

(i) Piano level.

Tabella 5.16: piano levele [migliaia di pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domanda	16	16	40	40	40	16	16	0	10	8	8	10
Produz. (*)	20	20	20	20	20	20	20		20	20	20	20
Giac	4	8	-12	-32	-52	-48	-44	-44	-34	-22	-10	0
Correzione Giacenza	52											
Giac _{corretta}	56	60	40	20	0	4	8	8	18	30	42	52

(*) Produzione espressa in numero di pezzi buoni.

(ii) Costo del piano level.

- Costo totale del piano = costo di mantenimento a scorta.
- Giacenza media = 28.167 unità.
- Costo totale del piano = $(3,5 \cdot 28.167 \cdot 0,2) = 19.717 \text{ €anno}$.

(i) Piano chase.

Tabella 5.17: piano level [migliaia di pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domanda	16	16	40	40	40	16	16	0	10	8	8	10
Produz. (*)	24	32	32	32	32	16	16	0	10	8	8	10
Giacenza	8	24	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Correzione Giacenza	0											

(*) Produzione espressa in numero di pezzi buoni.

(ii) Costo del piano chase.

- Costo totale del piano = costo di mantenimento a scorta + costo dei riavvii differenziali.
- Costo riavvii differenziali = $(4 * 2.000) = 8.000$ €/anno
- Giacenza media = 4.667 pezzi.
- Costo totale del piano = $(4 * 2.000 + 3,5 * 4.667 * 0,2) = 11.267$ €/anno.

(iii) Costo di break-even tra nuovo piano level e piano chase precedentemente ricavato.

Tabella 5.18: nuovo piano level [migliaia di pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domanda	16	16	40	40	40	16	16	0	10	8	8	10
Prod. (*)	20	20	20	20	20	20	20		20	0	0	0
Subfornit.			20	20	20							
Giac	4	8	8	8	8	12	16	16	26	18	10	0

(*) Produzione espressa in numero di pezzi buoni.

- Costo totale del piano *level* = costo di mantenimento a scorta + extra-costo di subfornitura (X).
- Giacenza media = 11.167 unità.
- Costo totale del piano = $(3,5 * 11.167 * 0,2 + 60.000 * X) = (7.817 + 60.000X)$ €/anno
- Condizione di *break-even*: $7.817 + 60.000X = 11.267$
- $X = (11.267 - 7.817) / 60.000 = 0,0575$ €/pezzo.
- Costo di subfornitura = $(3,5 + 0,0575) = 3,5575$ €/pezzo.

Se il costo di subfornitura è pari al più a 3,55 €/pezzo risulta conveniente il piano livellato; per costo di fornitura uguali o maggiori a 3,56€/pezzo, risulta più conveniente il piano *chase*.

ESERCIZIO 5.6: CASO FRATELLI ASTA S.A.S. - CONFRONTO FRA PIANI ALTERNATIVI

La Fratelli Asta S.a.s. di Asta Antonino è una piccola azienda che rifornisce i produttori di frigoriferi e quelli di condizionatori per uso domestico e per il settore automobilistico. Il prodotto di punta della Fratelli Asta è il liquido di refrigerazione Liquigel. La produzione di Liquigel dell'azienda è assorbita interamente da una casa produttrice di condizionatori che richiede un livello di servizio molto elevato (nel seguito, si assuma pari al 100%). La domanda di Liquigel è nota deterministicamente e si presenta fortemente stagionale (si assuma la domanda costante nel corso di ogni mese):

- nei mesi di Aprile, Maggio e Giugno si ripartisce equamente il 60% della domanda complessiva;
- il 30% si ripartisce equamente tra i due bimestri Febbraio-Marzo e Agosto-Settembre (poiché la produzione della Fratelli Asta è anticipata di un mese rispetto a quella del cliente che acquista il prodotto di punta Liquigel e poiché quest'ultimo chiude per la pausa estiva in agosto, in Luglio lo stabilimento della Fratelli Asta è chiuso per ferie)
- il restante 10% si ripartisce equamente tra i mesi di gennaio, ottobre, novembre e dicembre.

Tabella 5.19: andamento della domanda.

Periodo	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
% Dom.	2,5%	7,5%	7,5%	20%	20%	20%	7,5%	7,5%	2,5%	2,5%	2,5%

(*) In Luglio l'azienda è chiusa.

La domanda annua complessiva è pari a 210.000 t. Il prezzo di vendita del prodotto è 5 €/t.

Il processo produttivo del liquido è monostadio. L'impianto utilizzato per la produzione è completamente dedicato; la sua capacità produttiva giornaliera (al lordo degli scarti) è di 1.500 t ed esso non può essere fatto funzionare a ritmi ridotti; gli scarti (non recuperabili) sono pari al 20%. L'incidenza dei guasti del macchinario è trascurabile.

Lo stabilimento produce mediamente per 25 giorni al mese su tre turni giornalieri di 8 ore. L'impianto per funzionare richiede un solo operaio, che è pagato ad ore (complessivamente 70 € per un turno di 8 ore per operaio). I mesi di apertura dell'impianto sono undici.

Come regola, per problemi di gestione della manodopera, l'impianto una volta attivato ad inizio mese deve produrre per tutto il mese al ritmo standard di 1.500t/giorno. Se l'azienda decide di lasciare spento l'impianto per un mese, è costretta ad effettuare un riavvio prima di riprendere la produzione nel mese successivo. Il riavvio è effettuato da un manutentore dipendente dell'azienda.

Ad ogni riavvio l'impianto è soggetto ad una ritaratura che ha la durata di un intero turno, nel corso del quale viene prodotto liquido non conforme agli standard di qualità concordati per la fornitura. Le materie prime di questa produzione di scarto non possono essere recuperate.

Il prezzo di acquisto della materia prima è pari a 1 €/t mentre quello dell'energia è di 5 €/h.

Sul prodotto gravano inoltre costi indiretti di produzione e ammortamenti; per questo motivo, la Fratelli Asta ha valutato una quota di ribaltamento di 75 € per ogni ora di produzione.

La pianificazione della produzione di Liquigel viene effettuata in genere all'inizio dell'estate, prima della chiusura di Luglio, quando l'azienda cliente di Fratelli Asta comunica con certezza i suoi fabbisogni per l'anno successivo. Il piano ricopre un orizzonte temporale di un anno e il suo primo periodo di pianificazione è Agosto, in quanto primo periodo successivo alla punta di domanda.

La Fratelli Asta, che sta pianificando la produzione per il prossimo anno, sa però che, nel caso fosse necessario, può sfruttare la leva della fornitura esterna. In particolare, sulla base di un'analisi di mercato svolta di recente, Fratelli Asta sa che un fornitore è disposto a fornirle il liquido Liquigel al prezzo di 3 €/t, compresa la materia prima, garantendo un livello di servizio del 100%. In ogni caso, non si intende modificare il calendario di apertura dell'impianto.

Nel valutare la bontà di piani di produzione alternativi di assuma un costo opportunità del denaro pari al 20%/anno. Con i dati a disposizione:

- (i) determinare il piano di produzione del liquido Liquigel economicamente più conveniente per il prossimo anno nell'ipotesi di voler garantire un livello di servizio del 100%.
- (ii) disegnare il profilo cumulato della domanda e della produzione che si ottiene applicando il piano formulato

SOLUZIONE DELL'ESERCIZIO 5.6 (CASO FRATELLI ASTA S.A.S. – CONFRONTO TRA PIANI ALTERNATIVI)

(i) Confronto fra i piani alternativi.

Per prima cosa è necessario ricavare la domanda di Liquigel che, mese per mese, insiste sulla Fratelli

Asta:

- *Domanda (Aprile, Maggio, Giugno)* = Domanda annua * 0,6 = 210.000 t * 0,6 = 126.000 t
- *Domanda (Aprile) = Domanda (Maggio) = Domanda (Giugno)* =
= Domanda (Aprile, Maggio, Giugno)/3 = 126.000 t/ 3 = 42.000 t
- *Domanda (Febbraio, Marzo, Agosto, Settembre)* = Domanda annua * 0,3 = 210.000 t * 0,3 = 63.000 t
- *Domanda (Febbraio) = ... = Domanda (Settembre)* =
= Domanda (Febbraio, Marzo, Agosto, Settembre)/4 = 63.000 t/ 4 = 15.750 t
- *Domanda (Gennaio, Ottobre, Novembre, Dicembre)* =
= Domanda annua * 0,1 = 210.000 t * 0,1 = 21.000 t
- *Domanda (Gennaio) = ... = Domanda (Dicembre)* =
= Domanda (Gennaio, Ottobre, Novembre, Dicembre) /4 = 21.000 t/ 4 = 5.250 t

Dato che l'impianto viene fermato a Luglio, ritenendo l'andamento della domanda costante nell'anno seguente, sembra ragionevole iniziare la pianificazione dal mese di Agosto, che è in effetti quello in cui viene avviata la produzione.

Tabella 5.20: domanda di Liquigel suddivisa per mesi [t].

Periodo	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Domanda	15.750	15.750	5.250	5.250	5.250	5.250	15.750	15.750	42.000	42.000	42.000

Una volta nota la domanda mensile di Liquigel è opportuno calcolare il quantitativo del prodotto in esame che la Fratelli Asta è in grado di realizzare in un mese; questo passaggio è importante perché, consentendoci di capire se l'impianto per la produzione di Liquigel è saturo o meno, ci permette, da un lato, di valorizzare correttamente il costo di setup e, dall'altro, di individuare le tipologie di piani che è necessario esplorare.

Dal testo si deduce che, in un determinato mese, o l'impianto produce 24 ore su 24, per 25 giorni, 1.500 t/giorno di Liquigel (al lordo degli scarti, che sono pari al 20% della capacità produttiva giornaliera) oppure non produce nulla. Ecco, quindi, che la produzione mensile di Liquigel sarà alternativamente:

- *Produzione mensile di Liquigel* = 0 (impianto spento)
- *Produzione mensile di Liquigel* = 1.500 t/giorno * 25 giorni/mese * 0,8 = 30.000 t/mese (impianto funzionante).

In sostanza, dunque, la capacità produttiva mensile dell'impianto in esame risulta:

- *Capacità produttiva mensile dell'impianto per il Liquigel* = 30.000 t/mese

Ebbene, confrontando gli andamenti cumulati della domanda e della capacità produttiva massima (vedasi la tabella successiva), è possibile notare che l'impianto per la produzione del Liquigel è insaturo e che, in ogni mese, la capacità cumulata è superiore alla domanda cumulata. Ciò comporta la possibilità di ipotizzare tre diversi piani: un piano livellato; un piano *chase* "puro", che cerca di seguire in maniera estrema la domanda ricorrendo alla subfornitura; un piano *chase* "con limitati anticipi di produzione" che, pur seguendo la domanda, anticipa la produzione al fine di non dover ricorrere alla subfornitura.

Tabella 5.21: domanda e capacità produttiva di Liquigel cumulate [migliaia di tonnellate].

Periodo	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Domanda cumulata	15,75	31,5	36,75	42	47,25	52,5	68,25	84	126	168	210
Cap. prod. massima cumulata	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330

Con le informazioni a disposizione si calcolino, ora, i costi che possono risultare utili al fine di effettuare il confronto tra le tipologie di piano sopra individuate. Tali costi sono ovviamente il costo di mantenimento a scorta, il costo unitario di setup e l'extra-costo unitario di subfornitura.

- *Costo di mantenimento a scorta* = Costo variabile * Costo % annuo del denaro * Giacenza media =
 $= [1 \text{ €/t} + 5 \text{ €/ora} * 8 \text{ ore/turno} * 3 \text{ turni/giorno} * 1 / (1.500 \text{ t/giorno}) + 70 \text{ €/turno} * 3 \text{ turni/giorno} * 1 / (1.500 \text{ t/giorno})] * 1/0,8 * 0,2 * \text{Giacenza media}^2 =$
 $= 1,22/0,8 * 0,2 * \text{Giacenza media} = 0,305 * \text{Giacenza media} =$
 $= 0,305 * \text{Giacenza cumulata}/12 = 0,025 \text{ €/}(t*\text{anno}) * \text{Giacenza cumulata}$
- *Costo unitario di setup* = Costo variabile * Quantità non conforme e non recuperabile =
 $= 1,22 \text{ €/t} * 1.500 \text{ t/giorno} * 1/(24 \text{ ore/giorno}) * 8 \text{ ore/setup} = 610 \text{ €/setup}$
- *Extra-costo unitario di subfornitura* = Prezzo di acquisto dal subfornitore – Costo variabile =
 $= 2,9 \text{ €/t} - 1,22/0,8 \text{ €/t} = 1,375 \text{ €/t}$

Alla luce dei risultati numerici sopra ottenuti, cominciamo con il fare qualche considerazione sulle due alternative di piano. Poiché l'extra-costo unitario di subfornitura è circa 50 volte superiore al costo di mantenimento a scorta per unità di tonnellata mediamente in magazzino, appare evidente come convenga nettamente il piano *chase* “con limitati anticipi di produzione” piuttosto che un piano *chase* “puro”.

Si passa ora a confrontare tra loro il piano *chase* “con limitati anticipi di produzione” e il piano livellato. Per prima cosa si procede a dettagliare i due piani:

Tabella 5.22: domanda e capacità produttiva di Liquigel cumulate – piano Chase [migliaia di tonnellate]

Periodo	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Domanda	15,75	15,75	5,25	5,25	5,25	5,25	15,75	15,75	42	42	42	0
Scorta in.	0	14,25	28,5	23,25	18	12,75	7,5	21,75	36	24	12	0
Piano Ch.	30	30					30	30	30	30	30	0
Scorta fin.	14,25	28,5	23,25	18	12,75	7,5	21,75	36	24	12	0	0
Riavvio	Sì						Sì					

La giacenza cumulata del piano Chase è quindi pari a 198 migliaia di tonnellate.

² Il termine tra parentesi quadrate è il costo per tonnellata di prodotto; dividendolo per 0,8, ossia per il rendimento che caratterizza la produzione di Liquigel, si ottiene il costo per tonnellata di prodotto “buona”, al netto, cioè, degli scarti.

Tabella 5.23: domanda e capacità produttiva di Liquigel cumulate – piano livellato [migliaia di tonnellate]

Periodo	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Domanda	15,75	15,75	5,25	5,25	5,25	5,25	15,75	15,75	42	42	42	0
Scorta in.	0	14,25	28,5	53,25	78	102,75	127,5	141,75	126	84	42	0
Piano Liv.	30	30	30	30	30	30	30					0
Scorta fin.	14,25	28,5	53,25	78	102,75	127,5	141,75	126	84	42	0	
Riavvio	Sì											

La giacenza cumulata del piano livellato è quindi pari a 798 migliaia di tonnellate

In virtù delle giacenze cumulate dei piani da confrontare e del numero di riavvii connessi a ciascuno di essi, i costi relativi al piano *chase* senza subfornitura risultano:

- *Costi totali piano chase “con limitati anticipi di produzione”* = Costo mantenimento a scorta + Costo totale di setup = $0,025 \text{ €/}(t \cdot \text{anno}) \cdot 198.000 \text{ t} + 610 \text{ €/setup} \cdot 2 \text{ setup/anno} = 6.170 \text{ €/anno}$.

Viceversa i costi connessi con il piano livellato sono pari a:

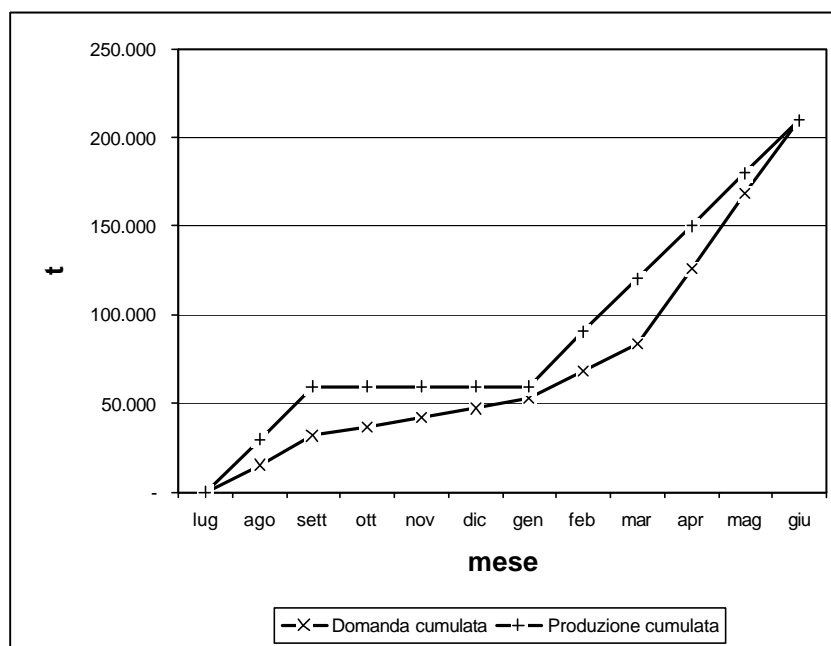
- *Costi totali piano livellato* = Costo mantenimento a scorta + Costo totale di setup = $0,025 \text{ €/}(t \cdot \text{anno}) \cdot 798.000 \text{ t} + 610 \text{ €/setup} \cdot 1 \text{ setup/anno} = 20.560 \text{ €/anno}$.

È evidente, dunque, come il piano di produzione più conveniente risulti essere il piano *chase* “con limitati anticipi di produzione”.

(ii) Profilo cumulato di domanda e produzione.

In Figura 5.1, si rappresenta l'andamento di domanda e produzione cumulate per il piano scelto.

Figura 5.1: andamento della domanda e della produzione cumulate.



ESERCIZIO 5.7: STESURA E VALUTAZIONE ECONOMICA DI UN PIANO DI PRODUZIONE (NON RISOLTO)

La Nalin e figli S.r.l. è un'azienda ligure che realizza piastrelle. Tra le diverse tipologie prodotte, quella che rappresenta senz'altro il codice di punta è una piastrella in gres porcellanato (PGP) la cui domanda annua è pari a 420.400 pezzi; la seguente tabella mostra la ripartizione della domanda nei diversi mesi:

Tabella 5.24: domanda di piastrelle in gres porcellanato [pezzi/mese].

Mese	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Domanda	10.600	31.500	31.500	84.000	84.000	84.000	31.500	31.500	10.600	10.600	10.600

n.b.: l'azienda è chiusa ad Agosto.

La massima capacità produttiva mensile dell'impianto dedicato al prodotto A è, al lordo degli scarti (essi non sono recuperabili e sono pari al 20%), di 50.000 unità e l'impianto medesimo può essere fatto funzionare a ritmo ridotto. Nel caso in cui la capacità produttiva mensile sia completamente saturata è possibile ricorrere a lavoro straordinario che può essere sfruttato solo in modalità *on-off* e che aumenta la capacità produttiva mensile (al lordo degli scarti) di 10.000 unità.

Il costo variabile di un'unità "buona" di PGP (ovvero già comprensivo degli scarti) è pari a 25 €. L'extra-costo per ogni unità "buona" lavorata in orario straordinario è di 5 €.

Per quanto concerne il costo annuo di mantenimento a scorta, è noto che l'azienda è in una situazione di liquidità, che per essa non si prospettano investimenti alternativi, che il tasso d'interesse a cui le banche prestano denaro è pari al 10%/anno e che quello a cui le banche ripagano i prestiti ricevuti è pari al 5%/anno.

Ad ogni cambio ritmo è necessario effettuare un setup il cui costo complessivo è pari a 600 € (la durata del cambio ritmo è trascurabile).

Alla luce di queste informazioni:

- (i) si stenda un piano chase con limitati anticipi di produzione solo dove è necessario e si precisi il livello di giacenza di cui l'azienda abbisogna all'inizio di gennaio;
- (ii) si calcoli, poi, il costo annuo del piano.

ESERCIZIO 5.8: APPLICAZIONE DELL'ALGORITMO DI WAGNER-WHITIN (NON RISOLTO)

Un'azienda deve stendere un piano di produzione per il suo unico prodotto di cui è nota deterministicamente la domanda per i prossimi sei mesi:

Tabella 5.25: domanda [pezzi/mese].

Mese	1	2	3	4	5	6
Domanda	80	140	120	100	130	110

Sono inoltre note le seguenti informazioni:

- ogni volta che viene emesso un ordine di produzione, si sopporta un costo vivo di setup di 55 €
- il costo variabile di prodotto è di 40 €/pezzo

- il costo opportunità per immobilizzo del denaro è pari all'12%/anno.

Con le informazioni a disposizione:

- si applichi il modello di Wagner e Whitin per determinare il piano ottimo di produzione
- calcolare il costo del piano così determinato (costo di setup + costo di mantenimento a scorta)
- sapendo che la capacità mensile è limitata a 250 pezzi, si determini un piano fattibile a partire da quello calcolato al punto precedente e se ne calcoli il costo annuo.

ESERCIZIO 5.9: STESURA E VALUTAZIONE ECONOMICA DI UN PIANO DI PRODUZIONE (NON RISOLTO)

La Filipponi S.n.c., di Filipponi Sauro, è una piccola azienda in grande espansione, operante da molti anni nel mercato delle lavorazioni di nicchia del legno. Il momento è felice da quando il titolare (nonché unico operatore dell'azienda) ha deciso di produrre scacchiere con pedine tornite e rifinite a mano in ebano e abete. La domanda di scacchiere, fornita nella seguente tabella, è considerata perfettamente prevedibile:

Tabella 5.26: domanda [scacchiere/bimestre].

Mese	Gen-Feb	Mar-Apr	Mag-Giu	Lug-Ago	Set-Ott	Nov-Dic
Domanda	18	24	26	17	13	19

n.b.: dato il noto stakanovismo del titolare, l'azienda è aperta anche ad Agosto.

Inoltre si sa che:

- il titolare impiega 16 ore per realizzare una scacchiera;
- il titolare dedica 320 ore al mese all'attività lavorativa; egli può inoltre effettuare del lavoro straordinario, lavorando la sera, aumentando quindi il numero di ore lavorate del 20%;
- il costo variabile è pari a 15 €scacchiera;
- per via della minore concentrazione, conseguente al fatto di lavorare di sera, ogni unità lavorata in orario straordinario comporta un extra-costo variabile (legato ai maggiori scarti di materiale) di 7 €scacchiera;
- il costo annuo di mantenimento a scorta è pari al 20%;
- nei mesi in cui si utilizza la capacità straordinaria, è necessario sostenere un costo aggiuntivo di 200 €per pagare il custode del laboratorio nelle ore serali;
- il prezzo di vendita risulta pari a 120 €scacchiera.

Si stenda un piano chase con limitati anticipi di produzione solo dove è necessario e si precisi il livello di giacenza di cui l'azienda abbisogna all'inizio di gennaio. Si calcoli il costo annuo del piano così determinato.