

Tekniska högskolan vid LiU
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling
Produktionsekonomi
Helene Lidestam

TENTAMEN I

TPPE13 PRODUKTIONSEKONOMI för I,II

ONSDAGEN DEN 3 JANUARI 2018, KL 8-12

Provkod: TEN1

Antal uppgifter: 8
Antal sidor: 9 (inkl 2 bilagor)

Ansvarig lärare: Helene Lidestam, tfn 282433
Salarna besöks ca kl 9.30 av Erik Paulin Rosell

Kursadministratör: Emma Weinesson, 4417, emma.weinesson@liu.se

Anvisningar

1. Du måste lämna in skrivningsomslaget innan du går (även om det inte innehåller några lösningsförslag).
2. Ange på skrivningsomslaget hur många sidor du lämnar in.

Om skrivningen

1. Tillåtna hjälpmedel: -Valfri räknedosa med tömda minnen.
2. Inga andra hjälpmedel är tillåtna.
3. Vid varje uppgift finns angivet hur många poäng en korrekt lösning ger. För godkänt betyg krävs normalt 25 p, för betyg 4 krävs 33 p och för betyg 5 krävs 43 p.
4. Det är viktigt att lösningsmetod och bakomliggande resonemang fullständigt redovisas. Enbart slutsvar godtas ej.
5. Endast en uppgift skall lösas på varje blad.

SKRIV KLART OCH TYDLIGT!

LYCKA TILL!

Uppgift 1 (max 5p)

Uppgiften går ut på att förklara några centrala begrepp inom kursen. Ange formler där det är berättigat.

- a) Balanseringsförlust (1p)
 - b) Erfarenhetskurva (1p)
 - c) Johnsons algoritm (1p)
 - d) Flödesgrupp (1p)
 - e) Kritisk aktivitet i projektnätverk (1p)
-

Uppgift 2 (max 5p)

Redogör för hur ett kanbansystem fungerar genom att relatera till kanbanformeln och förklara hur olika värden på parametrarna och variablerna påverkar systemet.

Uppgift 3 (max 5p)

EOQ är ett centralt begrepp vid beräkning av orderkvantiteter.

- a) Härled formeln för standard EOQ. Inför nödvändiga parametrar. (2p)
 - b) Ge formeln för optimala orderkvantiteten Q givet EOQ med successiva inleveranser (EOQ-variant 1). (1p)
 - c) Beskriv i ord och/eller bild skillnaderna mellan de två ovanstående EOQ varianterna. (2p)
-

Uppgift 4 (max 5p)

- a) Ett prognosfel definieras som skillnaden mellan faktisk efterfrågan och prognosticerad efterfrågan. I kursen har det tagits upp tre olika metoder för att mäta prognosprecision. Redogör för dessa! (3p)
 - b) För att automatiskt kontrollera prognosen mot efterfrågedata används så kallade ”*Trackningssystem*”. Redogör för hur ett sådant fungerar! (2p)
-

Uppgift 5 (max 8p)

Ett företag tillverkar ett antal slutprodukter för försäljning direkt från lager till slutkund. En av dessa produkter, kallad A, består i sin tur av ett antal delkomponenter, både egentillverkade och inköpta. I tabellen nedan finns data och parametrar för samtliga artiklar.

Typ	Ingår i	Partiformning	Säkerhetslager [st]	Ledtid [v]	Ingående lager
A Slutprodukt	-	LFL	50	1	200
B Delkomponent	3 st i A 1 st i C	FOQ = 200	350	2	890
C Delkomponent	2 st i A	EOQ = 220	115	2	200
D Inköpt komponent	1 st i C	LFL	75	1	550

- a) Rita produktstrukturen. (1p)
- b) Beräkna planerade utsläpp av order för komponenterna B, C och D. Det förväntade bruttobehovet enligt prognos för slutprodukt A under de kommande 8 veckorna är:
 $D = (50, 48, 70, 63, 25, 25, 100, 103)$ st/vecka. (5p)
- Ledning 1: Använd de bifogade tabläerna för denna uppgift (riv bort bilaga II och lämna in den med din lösning)!
- c) Företaget märker i slutet av period 3 att maskinen som används vid tillverkning av komponent D börjar bli gammal och vissa av produkterna når inte upp till företagets kvalitetsmål så vissa komponenter måste kasseras. De har beställt en ny maskin, men den anländer inte förrän i period 6. Den gamla maskinen kommer alltså verka under period 4-5. Hur många enheter kan kasseras utan att företaget får brist på komponent D? (1p)
- d) Redogör för hur ”möjlighet att låna” hanteras i MRP-tablån! (1p)
-

Uppgift 6 (max 7p)

Gordon Ramsay har ett nytt restaurangkoncept som tillverkar Biff Wellingtons automatiserat på löpande band, det vill säga, med stationer på lina mot kundorder. Dessa säljs sedan i frysdisker hos de stora matkedjorna. Eftersom produktionen är automatiserad, pågår slutmonteringen dygnet runt. Alla kundorder monteras samlade och i följd. Mellan klockan 8.00 och klockan 17.00 är restaurangens godsmottagning öppen och endast mellan dessa klockslag kan råvaror levereras till restaurangen.

Följande tider gäller för de fyra monteringsstationerna vid slutmonteringen:

Station	Ställtid	Operationstid
1: Bearbetning av råvaror	1 h	15 min
2: Montering	2 h	15 min
3: Tillagning	3 h	35 min
4: Paketering	2 h	10 min

Mellan station 1 och 2 är transporttiden 5 minuter.

Mellan station 2 och 3 är transporttiden 10 minuter.

Mellan station 3 och 4 är transporttiden 5 minuter.

När alla Biff Wellingtons i en order är färdigpaketerade i station 4 kan de direkt skickas till godsavlämningen där de är färdiga för leverans till kund.

- a) Företaget får en tillverkningsförfrågan (dag 1 kl 0:00) på 64 Biff Wellingtons som ska vara färdiga för leverans efter exakt 4 dagar. Kan de acceptera ordern enligt förutsättningarna i texten ovan? Antag att råvaror finns i lager och att tillverkning kan påbörjas direkt. (2p)

Gordon inser att deras premiumnötkött måste beställas från en underleverantör innan de kan påbörja tillagningen av kundordern. Detta kan komma till företaget kl 12.00 dag 2. Företaget kan påbörja produktionen direkt då nötköttet ankommer till godsmottagningen.

- b) Kan företaget acceptera ordern enligt förutsättningarna i texten ovan? (1p)
- c) Gordons sous-chef hittar ett smart sätt att synkronisera alla ställ på, vilket gör att företaget kan tillämpa överlappning. Hur lång tid tar det för företaget att tillverka ordern enligt de givna förutsättningarna? Kan de acceptera ordern? Premiumnötköttet måste fortfarande levereras från underleverantören innan monteringen kan starta. (4p)
-

Uppgift 7 (max 10p)

Michael Scott driver ett framgångsrikt företag som säljer kontorspapper. Hela avdelningen har precis haft ett möte för kommande halvårets sälj- och verksamhetsplanering. Den prognostiserade efterfrågan för företagets premiumpapper uppskattas till 260, 200, 320, 330, 580, 530 enheter för de kommande 6 månaderna.

Prognosen bedöms vara säker eftersom Michaels högra hand Dwight gjort ett grundligt arbete. Det ingående lagret vid månad 1 är 300 enheter och företaget har satt säkerhetslagernivån till 150 enheter. Efterfrågan och produktion antas vara jämnt fördelat över varje månad.

- a) Beräkna den lägsta konstanta produktionstakt P , som tillgodoser efterfrågan av kontorspapperet utan att säkerhetslagernivån underskrids. (2p)
 - b) På grund av produktionstekniska faktorer kan produktionstakten inte väljas godtyckligt. Företaget har två tänkbara alternativ, antingen väljer de en produktionstakt på 400 enheter per månad eller 300 enheter per månad. Om det krävs har företaget möjligheten att använda sig av utlego till en kostnad av 400 kr/enhet. Lagerhållningskostnaden beräknas till 150 kr/enhet och månad. Vilken produktionstakt föreslår du att företaget bör välja givet att de vill minimera kostnaderna för lagerhållning och utlego? (3p)
 - c) Hur mycket skulle kostnaden för utlego behöva ändras (öka eller minska) för att du ska ändra dig i ditt beslut från uppgift b)? (2p)
 - d) Beräkna istället den högsta tillåtna konstanta produktionstakt P med hänsyn till att lageruppbyggnad ej är tillåten. Utgå ifrån en ingående orderstock på 300 och ett ingående tomt lager och därmed inget säkerhetslager. Beräkna även den förväntade utgående orderstocken. (3p)
-

Uppgift 8 (max 5p)

Howard har startat eget företag för att tillverka en viss komponent till rymdtoaletter och till sin hjälp har han sina vänner Leonard och Sheldon. I fabriken tillverkar vännerna tre olika typer av komponenter till toaletterna; 0001, 0010 och 0011 i en och samma maskin. Varje gång företaget ändrar produktionen från en typ av komponent till en annan måste de se till att kalibrera maskinen grundligt. För att tillgodose det kravet, krävs det olika många operatörer beroende på komponenttyp. Detta i kombination med lönekostnader ger upphov till olika timkostnader för omställning för respektive komponent, vilket framgår i tabellen nedan. Howard och vännerna har tillverkning igång 5 dagar i veckan 10 timmar om dygnet. De tillämpar en lagerränta på 25 % per enhet och år och produktionen är igång 50 veckor/år. Resterande data framgår i tabellen nedan.

Komponent	Efterfrågan	Produktvärde	Ställkostnad	Ställtid	Processtid
	[st/vecka]	kr/st	[kr/h]	[minuter/ställ]	timmar/st
0001	40 000	40	600	45	0,0002
0010	15 000	80	800	150	0,001
0011	10 000	120	1000	180	0,00125

- a) Vilka tre förutsättningar bör vara uppfyllda för att gemensam cykeltid (cyklisk planering) för ett antal produkter skall vara användbart? (1p)
- b) Bestäm den optimala cykeltiden och de tre produkternas partistorlekar. (4p)
-

Bilaga I: Prognosformler

$$F_{t+1} = M_t = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t D_i,$$

$$F_{t+1} = F_t + \frac{1}{N}(D_t - D_{t-N}).$$

$$F_{t+1} = U_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) U_{t-1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t$$

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t).$$

$$U_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(U_{t-1} + T_{t-1}),$$

$$T_t = \beta(U_t - U_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1},$$

$$T_t = T_{t-1} + \beta[(U_t - U_{t-1}) - T_{t-1}].$$

$$F_{t+1} = U_t + T_t,$$

$$D_t^s = \frac{D_t}{S_t},$$

$$F_{t+1} = S_{t+1} \cdot F_{t+1}^s,$$

$$S_{t+1} = S_{t-N+1},$$

$$U_t = \alpha \frac{D_t}{S_{t-N}} + (1 - \alpha)(U_{t-1} + T_{t-1}),$$

$$T_t = \beta(U_t - U_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1},$$

$$S_t = \gamma \frac{D_t}{U_t} + (1 - \gamma) S_{t-N},$$

$$S_t = S_{t-N} + \gamma \left[\frac{D_t}{U_t} - S_{t-N} \right].$$

$$F_{t,t+\tau} = (U_t + \tau T_t) S_{t-N+\tau}, \quad 1 \leq \tau \leq N.$$

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e_t = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |D_t - F_t|.$$

$$MAD_t = \alpha |e_t| + (1 - \alpha) MAD_{t-1}.$$

$$TSD_t = \frac{|D_t - F_t|}{MAD_{t-1}}, \quad TSF_t = \frac{|ME_t|}{MAD_{t-1}},$$



AID-nummer:	Datum:
AID-number:	Date:
Kurskod:	Provkod:
Course code:	Exam code:

Blad nr:
Page no:

Bilaga II: MRP-tabeller

Artikelnr:	Beskrivning:	Huvudplan							
Ledtid:	Säkerhetslager:								
Orderkvantitet:									
Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	
Prognos									
Kundorder									
Planerad lagerutveckling									
Möjligt att lova									
Huvudplan (Färdig)									
Huvudplan (Start)									

Artikelnr:	Beskrivning:	MRP							
Ledtid:	Säkerhetslager:								
Orderkvantitet:									
Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	
Bruttobehov									
Förv. inlev. av släppta order									
Lager mht förv. inleveranser									
Nettobehov									
Partiformning									
Planerade order färdiga									
Planerad lagerutveckling									
Planerade orderutsläpp									

Artikelnr:	Beskrivning:	MRP							
Ledtid:	Säkerhetslager:								
Orderkvantitet:									
Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	
Bruttobehov									
Förv. inlev. av släppta order									
Lager mht förv. inleveranser									
Nettobehov									
Partiformning									
Planerade order färdiga									
Planerad lagerutveckling									
Planerade orderutsläpp									

Artikelnr:	Beskrivning:	MRP							
Ledtid:	Säkerhetslager:								
Orderkvantitet:									
Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	
Bruttobehov									
Förv. inlev. av släppta order									
Lager mht förv. inleveranser									
Nettobehov									
Partiformning									
Planerade order färdiga									
Planerad lagerutveckling									
Planerade orderutsläpp									

Lösningar

Uppgift 1

- Balanseringsförlusten mäter linans effektivitet och beskrivs på sidan 183 i kursboken.
- Erfarenhetskurvan visar hur mycket snabbare det går vid manuella operationer när man blir mer erfaren. Detta beskrivs på sidorna 151-154 i kursboken.
- Johnsons algoritmen används när man vill bestämma sekvensering vid två resurser. Algoritmen beskrivs på sidorna 350-352 i kursboken.
- Flödesgrupp är ett sätt att producera där produktionen är produktorienterad istället för resursorienterad. Detta beskrivs på sidorna 175-177 i kursboken.
- En kritisk aktivitet ligger på den kritiska linjen i ett projektnätverk och det innebär att aktiviteten inte har något slack och om aktiviteten försenas innebär det att hela projektet försenas. Detta beskrivs på sidorna 167-171 i kursboken.

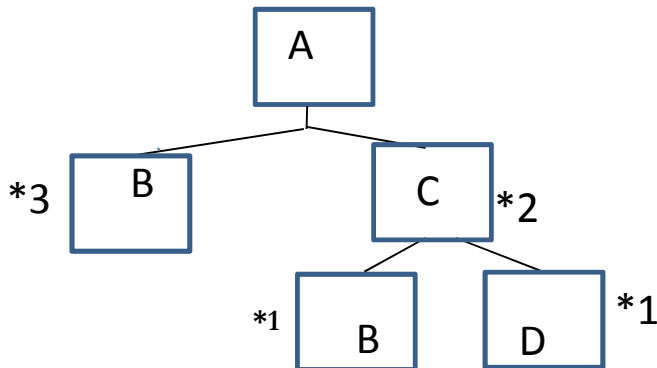
Uppgift 2 Kanbansystem finns beskrivet i kursboken på sidorna 306-310.

Uppgift 3 a-c EOQ finns beskrivet på sidorna 286-290 och EOQ med successiva inleveranser finns beskrivet på sidorna 290-291 i kursboken.

Uppgift 4 MAD, MSE och ME finns beskrivet på sidorna 124-125 i kursboken. Trackingsignal finns beskrivet på sidan 126 i kursboken.

Uppgift 5

a)



Artikelnr: A		Beskrivning:						Huvudplan	
Ledtid: 1 vecka		Säkerhetslager: 50							
Orderkvantitet: LFL									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Prognos		50	48	70	63	25	25	100	103
Kundorder									
Planerad lagerutveckling	200	150	102	50	50	50	50	50	50
Möjligt att lova									
Huvudplan (Färdig)				18	63	25	25	100	103
Huvudplan (Start)			18	63	25	25	100	103	

Artikelnr: C		Beskrivning: 2xA						MRP	
Ledtid: 2 veckor		Säkerhetslager: 115							
Orderkvantitet: EOQ =220st									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Bruttobehov			36	126	50	50	200	206	
Förv. Inlev. av släppta order									
Lager mht förv. Inleveranser	200	200	164	38	-12	-62	-262	-468	-468
Nettobehov				77	50	50	200	206	
Partiformning				220			220	220	
Planerade order färdiga				220			220	220	
Planerad lagerutveckling	200	200	164	258	208	158	178	192	192
Planerade orderutsläpp		220			220	220			
Artikelnr: B		Beskrivning: 3xA+1xC						MRP	
Ledtid: 2 veckor		Säkerhetslager: 350							
Orderkvantitet: FOQ= 200st									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Bruttobehov		220	54	189	295	295	300	309	
Förv. Inlev. av släppta order									
Lager mht förv. Inleveranser	890	670	616	427	132	-163	-463	-792	-792
Nettobehov					218	295	300	309	

Partiformning					400	200	400	200	
Planerade order färdiga					400	200	400	200	
Planerad lagerutveckling	890	670	616	427	532	437	537	428	428
Planerade orderutsläpp			400	200	400	200			

Artikelnr: D	Beskrivning: MRP							
Ledtid: 1 vecka	1xC							
Orderkvantitet: LFL	Säkerhetslager: 75							
Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8
Bruttobehov	220			220	220			
Förv. Inlev. av släppta order								
Lager mht förv. Inleveranser	550	330	330	330	110	-110	-110	-110
Nettobehov					185			
Partiformning					185			
Planerade order färdiga					185			
Planerad lagerutveckling	550	330	330	330	110	75	75	75
Planerade orderutsläpp					185			

- c) 110 av 185 enheter kan kasseras
d) Se kursboken

Uppgift 6

- a) 4 hela tillverkningsdagar = $24 \cdot 4 = 96$ timmar för att göra färdig kundordern.
 $GLT = s_1 + p_1 \cdot Q + t_{12} + s_2 + p_2 \cdot Q + t_{23} + s_3 + p_3 \cdot Q + t_{34} + s_4 + p_4 \cdot Q$
 $GLT = 60 + 15 \cdot 64 + 5 + 120 + 15 \cdot 64 + 10 + 180 + 35 \cdot 64 + 5 + 120 + 10 \cdot 64 = 5300$
min = 88.33 timmar.

Svar: Ja, de kan acceptera ordern.

- b) Inleverans tidigast dag 2 kl 12:00 = $1 \cdot 24 + 12$ (mellan 0:00 och 12:00) = 36 timmar har gått.
 $36 + 83.33 = 119.33$ timmar > 96 timmar.

Svar: Nej, de kan inte acceptera ordern.

- c) Maximal GLT i slutmonteringen = $96 - 36 = 60$ timmar = 3600 minuter.
Station 1 = $60 + 15 \cdot 64 = 1020$
Station 2 = $120 + 15 \cdot 64 = 1080$
Station 3 = $180 + 35 \cdot 64 = 2420 \rightarrow$ Styrande operation.
Station 4 = $120 + 10 \cdot 64 = 760$

$$GLT = s_1 + p_1 \cdot q + t_{12} + p_2 \cdot q + t_{23} + p_3 \cdot Q + t_{34} + p_4 \cdot q$$

$$GLT = 60 + 15 \cdot q + 5 + 15 \cdot q + 10 + 35 \cdot 64 + 5 + 10 \cdot q \leq 3600$$

$$q \leq 32 \rightarrow q \text{ måste vara multipel av } Q=64, \text{ alltså blir } q = 32.$$

$$GLT = 60 + 15 \cdot 32 + 5 + 15 \cdot 32 + 10 + 35 \cdot 64 + 5 + 10 \cdot 32 = 3600 \text{ minuter.}$$

$$\text{Med hänsyn till inleverans av specialmaterial: } GLT = 36 \cdot 60 + 3600 = 5760 \text{ minuter} = 96 \text{ timmar} = 4 \text{ dagar.}$$

Svar: 96 timmar = 4 dagar. Ja, de kan acceptera ordern.

Uppgift 7

a) Vi vill minimera produktionstakten givet följande villkor:

$$I_0 + t * P \geq \sum_{i=1}^t D_i + SS_t \text{ där } t \in 1, \dots, N$$

$$P \geq 0$$

t=1: $300 + 1P \geq 260 + 150$	→	P \geq 110
t=2: $300 + 2P \geq 260 + 200 + 150$	→	P \geq 155
t=3: $300 + 3P \geq 260 + 200 + 320 + 150$	→	P \geq 210
t=4: $300 + 4P \geq 260 + 200 + 320 + 330 + 150$	→	P \geq 240
t=5: $300 + 5P \geq 260 + 200 + 320 + 330 + 580 + 150$	→	P \geq 308
t=6: $300 + 6P \geq 260 + 200 + 320 + 330 + 580 + 530 + 150$	→	P \geq 345

Vilket leder till: **Produktionstakt 345 st** ty här väljs den som är högst!

b) **Produktionstakt: 400st**

	<u>Medellager</u>
t=1: $300 + 400 - 260 = 440$	$(300+440)/2 = 370$
t=2: $440 + 400 - 200 = 640$	$(440+640)/2 = 540$
t=3: $640 + 400 - 320 = 720$	$(640+720)/2 = 680$
t=4: $720 + 400 - 330 = 790$	$(720+790)/2 = 755$
t=5: $790 + 400 - 580 = 610$	$(790+610)/2 = 700$
t=6: $610 + 400 - 530 = 480$	$(610+480)/2 = \underline{545}$
	$\Sigma = 3590$

Lagerkostnad: $3590 * 150 = 538\ 500$ kr

Produktionstakt 300st

	<u>Medellager Utlego</u>
t=1: $300 + 300 - 260 = 340$	320
t=2: $340 + 300 - 200 = 440$	390
t=3: $440 + 300 - 320 = 420$	430
t=4: $420 + 300 - 330 = 390$	405
t=5: $390 + 300 - 580 = 110$	250
t=6: $110 + 300 - 530 = -120$	<u>100</u> <u>270</u> ty SS=150
	1895 270

Lagerkostnad: $1895 * 150 = 284\ 250$ kr

Utlego: $270 * 400 = 108\ 000$ kr

Totalt: 392 250kr

Produktionstakt: 400st → **Kostnad** = 538 500 kr

Produktionstakt: 300st → **Kostnad** = 392 250 kr

Således bör produktionstakt 300st väljas ty lägre totalkostnad, sparar alltså att lägga på utlego.

c) Lagerkostnad för 400 st och 300 st är enligt ovan 538 500 kr respektive 392 250 kr och antalet som görs på utlego är 270 st.

$$538\,500 = 284\,250 + 270 * X \quad \rightarrow X = 941,67 \text{ kr}$$

Då utlego kostar 941,67kr är man indifferent mellan valen.

Skillnad i utlegokostnad: $941,67 - 400 = 541,67 \text{ kr}$

Om utlegokostnaden ökar mer än 541,67 kr kommer det löna sig att ha en produktionstakt på 400 enheter istället.

d) Vi vill maximera produktionstakten givet följande villkor:

$$t * P \leq O_0 + \sum_{i=1}^t D_i \text{ där } t \in 1, \dots, N$$

$$P \geq 0$$

t=1: $1P \leq 300 + 260$	→	P ≤ 560
t=2: $2P \leq 300 + 260 + 200$	→	P ≤ 380
t=3: $3P \leq 300 + 260 + 200 + 320$	→	P ≤ 360
t=4: $4P \leq 300 + 260 + 200 + 320 + 330$	→	P ≤ 352.5
t=5: $5P \leq 300 + 260 + 200 + 320 + 330 + 580$	→	P ≤ 398
t=6: $6P \leq 300 + 260 + 200 + 320 + 330 + 580 + 530$	→	P ≤ 420

Vilket leder till: **Produktionstakt 352.5 (~353) st** ty här väljs den som är lägst!

Förväntad orderstock vid periodens slut:

$$O_N = O_0 + \sum_{i=1}^N D_i - N * P$$

$$O_N = 300 + (260 + 200 + 320 + 330 + 580 + 530) - 6 * 352,5 = 405 \text{ st}$$

Uppgift 8

a) Begränsad kapacitet, stabil efterfrågan och given produktmix (1p)

b) (4p)

Minimera kostnadsfunktionen ger T^*

$$C_{tot} = \sum_{i=1}^3 \left(K_i \frac{1}{T} + H_i \frac{D_i T}{2} (1 - t_i D_i) \right) \rightarrow$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^3 K_i}{\sum_{i=1}^3 H_i D_i (1 - t_i D_i)}}$$

$$H_i = \frac{\text{produktvärde} \times r}{\text{Antal timmar per år}} \rightarrow$$

$$H_1 = \frac{40 \times 0,25}{10 \times 5 \times 50} = 0,004$$

$$H_2 = \frac{80 \times 0,25}{10 \times 5 \times 50} = 0,008$$

$$H_3 = \frac{120 \times 0,25}{10 \times 5 \times 50} = 0,012$$

Efterfrågan är angiven per vecka. Gör om $D(i)$ till timmar enligt ekvation: $D_i = \frac{D(\text{vecka})_i}{10 \times 5}$

→

$$D_1 = \frac{40000}{10 \times 5} = 800 \quad D_2 = \frac{15000}{10 \times 5} = 300 \quad D_3 = \frac{10000}{10 \times 5} = 200$$

Ställtiden $K(i)$ beräknas enligt: $K_i = Ky \times \frac{S_i}{60}$

$$K_1 = 600 \times \frac{45}{60} = 450 \quad K_2 = 800 \times \frac{150}{60} = 2000 \quad K_3 = 1000 \times \frac{180}{60} = 3000$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^3 K_i}{\sum_{i=1}^3 H_i D_i (1 - t_i D_i)}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(450 + 2000 + 3000)}{0,004 * 800 * (1 - 0,0002 * 800) + 0,008 * 300(1 - 0,001 * 300) + 0,15 * 200(1 - 0,00125 * 200)}}$$

$$= 20,142h$$

Undersök minsta cykeltid:

$$T_{min} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{1 - \sum_{i=1}^3 t D_i} = \frac{0,75 + 2,5 + 3}{1 - (0,0002 * 1000 + 0,001 * 400 + 0,00125 * 300)} = 250h$$

$$T_{opt} = \max\{T_{min}, T^*\} = 250h$$

Partistorlekar beräknas enligt: $Q_i = D_i T_{opt}$

$$Q_1 = 800 * 250 = 200\ 000$$

$$Q_2 = 300 * 250 = 75\ 000$$

$$Q_3 = 200 * 250 = 50\ 000$$