

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

TENTAMEN I

**TPPE13 PRODUKTIONSEKONOMI för I,II**

MÅNDAGEN DEN 11 JANUARI 2016, KL 8-12

Provkod: TEN1

Antal uppgifter: 8  
Antal sidor: 10 (inkl 4 bilagor)

Ansvarig lärare: Helene Lidestam, tfn 282433  
Salarna besöks ca kl 9

Kursadministratör: Kristina Karlsson, tfn 1523, kristina.karlsson@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 25p.
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) Kritisk kvot (1p)
  - b) Orderklyvning (1p)
  - c) ABC-analys (1p)
  - d) EOQ med successiva inleveranser, diskutera även vad som händer om produktionstakten närmar sig noll samt om produktionstakten närmar sig oändligheten. (2p)
- 

## Uppgift 2 (max 5p)

Redogör för hur beställningspunktsystem och periodbeställningssystem fungerar. Ange tillhörande formler! I vilka sammanhang passar respektive system bäst?

---

## Uppgift 3 (max 5p)

Redogör för hur ett Kanbansystem fungerar genom att relatera till tillhörande formel samt utvärdera hur ändringar i dess parametrar påverkar Kanbansystemet!

---

## Uppgift 4 (max 5p)

Redogör för olika produktionssystem samt ge ett exempel på företag som använder respektive system!

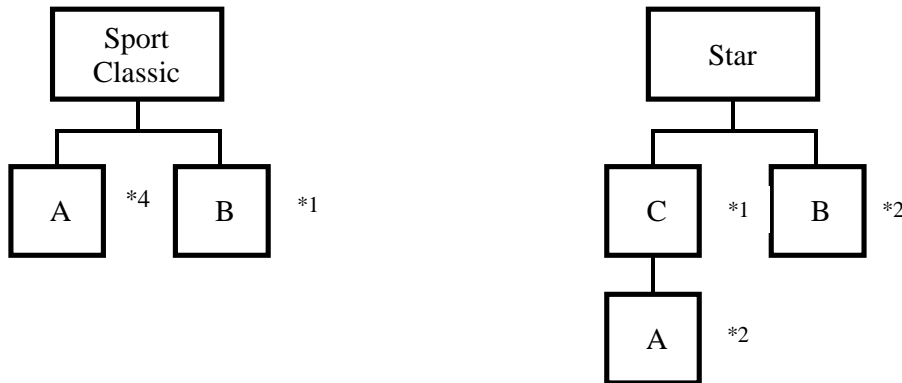
---

## Uppgift 5 (max 6p)

Saga Norén är ute på ett rutinuppdrag och kör på bron från Malmö till Köpenhamn när det plötsligt smäller till under hennes bil. Bilens högra framsida åker in i broräcket och Saga konstaterar att bilen har fått punktering och att höger strålkastare är sönder då hon kliver ur bilen. Saga ringer verkstaden Specialbil AB för att få bilen reparerad. På Specialbil AB konstaterar man att Sagas bil har hjulet Sport Classic och strålkastaren Star. Verkstaden uppskattar att efterfrågan för dessa båda produkter är enligt nedanstående tabell:

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8
Sport Classic	40	44	44	48	40	52	56	60
Star	10	10	10	10	10	10	10	10

Sport Classic och Star består av halvfabrikat enligt nedanstående produktstrukturer.



Artikel	Ledtid [veckor]	Säkerhetslager [st]	Inneliggande lager [st]	Partiformning
Sport Classic	2	8	98	LFL
Star	2	2	32	LFL
A	1	40	300	FOQ = 200 st
B	1	20	102	FOQ = 80 st
C	2	4	20	POQ=2 v.

Beräkna nettobehovet och planerade order för **artikel A** med hjälp av materialbehovsplanering (ingen hänsyn till kundorder behöver tas). Använd bifogade tablåer (bilaga III och IV), riv ut och bifoga dessa som svar på uppgiften! (6p)

## Uppgift 6 (max 7p)

Hattfabriken i Westeros AB tillverkar vinterhattar åt kungafamiljen i King's Landing. Vintern är på väg och Hattfabriken har upplevt ett rejält uppsving i försäljningen. Efterfrågan på en ny sorts päls hatt har ökat. Hattfabriken har hittills producerat enbart 300 stycken vilka ligger i lager. Produkten har en beräknad efterfrågan de närmaste månaderna på (500, 600, 700, 935, 720, 700). Säkerhetslagernivån varierar och uppskattas till (200, 100, 150, 270, 200, 150) stycken för respektive månad. Säkerhetslagret får inte underskridas.

- a) Beräkna den lägsta konstanta produktionstakten som tillgodoser efterfrågan. (3p)

Innan hattarna levereras till kungafamiljen läggs de i en speciell förpackning, med släkten Lannister's vapensköld på. Dessa förpackningar köps in från en speciell leverantör i Davos. Förpackningen används även till andra produkter som företaget tillverkar åt kungafamiljen.

Ordersärkostnaden vid inköp av förpackningarna består bl.a. av administrativa kostnader (1 600 gulddrakar) samt kostnader för transport av fodralen från leverantören till Hattfabriken i Westeros AB centrallager (1 200 gulddrakar). Efterfrågan för de kommande veckorna har av Verktygsmakaren prognostiserats till (175, 395, 250, 220, 160, 275). Lagerkostnaden för fodralen uppgår till 4 gulddrakar/enhet och vecka. Säkerhetslager behöver ej beaktas.

- b) Då efterfrågan fluktuerar över tiden är det svårt att använda en pariformningsmetod med fasta partistorlekar. Inköparna på Hattfabriken har hört talas om en optimerande metod för partiformning. Din uppgift blir därför att ta fram en inköpsplan med hjälp av en optimerande metod, samt att ta fram den totala kostnaden. (4p)
-

## Uppgift 7 (max 7p)

Den numera frilansande managementkonsulten MacGyver har fått ett nytt uppdrag av sin f.d. arbetsgivare the Phoenix Foundation. Uppdraget går ut på att prognostisera deras efterfrågan av en speciell sorts valutakontrakt som organisationens europeiska verksamhet använder sig av som "hedge" (skydd) gentemot valutafluktuationer mellan USD och EUR. Behovet av kontrakten omsätts i slutet av respektive kvartal.

De senaste (tre) åren har efterfrågan ( $D_i$  = antalet kontrakt i slutet av respektive kvartal  $i$ ) varit:

År	Kvartal	Efterfrågan
2013	1	371
2013	2	263
2013	3	347
2013	4	397
2014	1	409
2014	2	295
2014	3	389
2014	4	446
2015	1	451
2015	2	339
2015	3	427
2015	4	481

Ansätt följande blandade efterfrågemodell;  $D = N \cdot S + T + e$ , där  $D$  = efterfrågan,  $N$  = nivå,  $S$  = säsong,  $T$  = trend samt  $e$  = slump, och uppräta en prognos för de kommande fyra kvartalen 2016. (7p)

---

## Uppgift 8 (max 10p)

För ett antal år sedan startade Fredde företaget Solis som under de senaste åren dubblat sin omsättning år efter år. Solis, som tillverkar högkvalitativa golfbollar, har tyvärr inte tillgång till sin produktionschef Mickan då hon åkt iväg på en lång semester. Fredde kan och vågar inte ta beslut utan Mickan och har därför anlitat dig som tillfällig produktionschef. Då Mickan sitter på stranden utan tillgång till nät kan hon tyvärr inte skicka all data, utan det enda som finns tillgängligt är tabellen nedan med en rad olika operationer i en monteringslina. Företaget har gjort en pålitlig prognos för kommande året på 1 080 000 golfbollar. Monteringslinan är verksam i 300 dagar och är bemannad 15 timmar per dag! Fredde ber nu i smyg om din hjälp och är redo att betala ofantligt mycket pengar till dig i hopp om att imponera på Mickan.

Operation	Omedelbar föregångare	Förväntad operationstid (sek)
A	-	4
B	-	2
C	-	6
D	B, C	7
E	D	3
F	B	5
G	D	3
H	F, E	5
I	A, B	8

- Rita upp ett nätverk enligt AoA. (1p)
  - Beräkna minsta möjliga genomloppstid samt bestäm tidigast start, tidigast färdig, senast start, senast färdig och slack för samtliga aktiviteter. Redovisa resultatet i en tabell! (4p)
  - Balansera linan genom att använda ”LOF” (Längsta operationstid först). Bestäm hur många stationer som behövs, vilka operationer som ska utföras vid respektive station och beräkna balanseringsförlusten. (3p)
  - Fredde vill förbättra linan och funderar om operation H kan göras snabbare. Tiden 5 sekunder gäller som bekant den första gången operationen utförs. Hur hög måste inlärningskurvan vara (procentuellt) för att man efter ett år ska kunna minska tiden med 1 sekund? Hur kommer detta påverka linan och balanseringsförlusten? (2p)
-

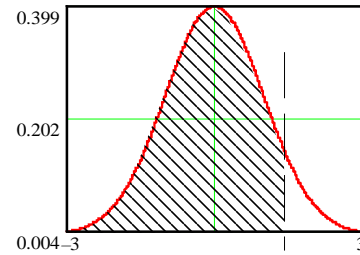
# Bilaga I: Normalfördelningen

Fördelningsfunktion

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Sannolikhets-täthet

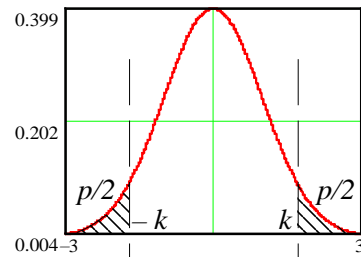
$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$



x	$\Phi(x)$	$\varphi(x)$	x	$\Phi(x)$	$\varphi(x)$	x	$\Phi(x)$	$\varphi(x)$
0,0	0,500000	0,398942	1,0	0,841345	0,241971	2,0	0,977250	0,053991
0,1	0,539828	0,396953	1,1	0,864334	0,217852	2,1	0,982136	0,043984
0,2	0,579260	0,391043	1,2	0,884930	0,194186	2,2	0,986097	0,035475
0,3	0,617911	0,381388	1,3	0,903200	0,171369	2,3	0,989276	0,028327
0,4	0,655422	0,368270	1,4	0,919243	0,149727	2,4	0,991802	0,022395
0,5	0,691462	0,352065	1,5	0,933193	0,129518	2,5	0,993790	0,017528
0,6	0,725747	0,333225	1,6	0,945201	0,110921	2,6	0,995339	0,013583
0,7	0,758037	0,312254	1,7	0,955435	0,094049	2,7	0,996533	0,010421
0,8	0,788145	0,289692	1,8	0,964070	0,078950	2,8	0,997445	0,007915
0,9	0,815940	0,266085	1,9	0,971283	0,065616	2,9	0,998134	0,005953

Funktionen  $k(p)$

$$k(p) = -\Phi^{-1}(-p/2)$$



p	0,010	0,025	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,500	1,000
$k(p)$	2,5758	2,2414	1,9600	1,6449	1,4395	1,2816	1,1503	0,6745	0,0000

## ***Bilaga II: 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 III: MRP-tabeller**

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

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



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

Blad nr:
Page no:

**Bilaga IV: MRP-tabeller**

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

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

## Lösningar 160111

---

**Uppgift 1** Se kurslitteraturen och föreläsningsmaterial

---

**Uppgift 2** Se kurslitteraturen och föreläsningsmaterial

---

**Uppgift 3** Se kurslitteraturen och föreläsningsmaterial

---

**Uppgift 4** Se kurslitteraturen och föreläsningsmaterial

---

### Uppgift 5

Artikelnr: Sport Classic		Beskrivning: -							Huvudplan
Ledtid: 2 v.		Säkerhetslager: 8							
Orderkvantitet: LFL									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Prognos		40	44	44	48	40	52	56	60
Kundorder									
Planerad lagerutveckling	98	58	14	8	8	8	8	8	8
Möjligt att lova									
Huvudplan (Färdig)				38	48	40	52	56	60
Huvudplan (Start)		38	48	40	52	56	60		

Artikelnr: Star		Beskrivning: -							Huvudplan
Ledtid: 2 v		Säkerhetslager: 2							
Orderkvantitet: LFL									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Prognos		10	10	10	10	10	10	10	10
Kundorder									
Planerad lagerutveckling	32	22	12	2	2	2	2	2	2
Möjligt att lova									
Huvudplan (Färdig)					10	10	10	10	10
Huvudplan (Start)			10	10	10	10	10		

Artikelnr: C		Beskrivning: 1xStar							MRP
Ledtid: 2 v		Säkerhetslager:4							
Orderkvantitet: POQ=2 v									
Vecka		1	2	3	4	5	6	7	8
Bruttobehov			10	10	10	10	10		
Förv. Inlev. av släppta order									
Lager mht förv. Inleveranser	20	20	10	0	-10	-20	-30	-30	-30
Nettobehov				4	10	10	10		
Partiforming				14		20			
Planerade order färdiga				14		20			
Planerad lagerutveckling	20	20	10	14	4	14	4	4	4
Planerade orderutsläpp		14		20					

Artikelnr: A		Beskrivning: 2xC + 4xSport Classic						MRP	
Ledtid: 1 v.		Säkerhetslager: 40							
Orderkvantitet: FOQ=200									
<b>Vecka</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Bruttobehov		180	192	200	208	224	240		
Förv. Inlev. av släppta order									
Lager mht förv. Inleveranser	300	120	-72	-272	-480	-704	-944	-944	-944
Nettobehov			112	200	208	224	240		
Partiformning			200	200	200	200	200		
Planerade order färdiga			200	200	200	200	200		
Planerad lagerutveckling	300	120	128	128	120	96	56	56	56
Planerade orderutsläpp		200	200	200	200	200			

### Uppgift 6

a) Lägsta konstanta produktionstakt blir 677 st/månad.

<i>t</i>	<i>I0</i>	<i>St</i>	<i>Dt</i>	<i>Dtot</i>	<i>P</i>
1	300	200	500	500	400
2	300	100	600	1100	450
3	300	150	700	1800	550
4	300	270	935	2735	<b>677</b>
5	300	200	720	3455	671
6	300	150	700	4155	668

b) Optimal tablå med  $h = 4$  och  $K = 2\ 800$ , enligt Wagner&Whitin

T	1	2	3	4	5	6
D	175	395	250	220	160	275
1	2800	<b>4380</b>	6380	9020	11580	-
2		5600	6600	8360	10280	-
3			7180	<b>8060</b>	9340	-
4				9180	9820	12020
5					10860	<b>11960</b>
6						12140

Tablåen ovan ger  $Q^* = [570\ 0\ 470\ 0\ 435\ 0]$ ,  $C^* = 11\ 960$  gulddrakar

**Uppgift 7** (svaren kan variera något beroende på avrundning)

*Prognos:  $D=N*S+T+e$*

<i>Tid</i>	<i>Kvartal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>2013</i>		371	263	347	397
<i>2014</i>		409	295	389	446
<i>2015</i>		451	339	427	481
<i>Trend</i>					
<i>Medel 2013:</i>		344,5			
<i>Medel 2014:</i>		384,75			
<i>Medel 2015:</i>		424,5			

<i>Tförsta</i>	10,06
<i>Tandra</i>	9,94
<i>Tmedel</i>	10

**RENSA FÖR TREND!**

**TRENDRENSAT**

<i>Tid</i>	<i>Kvartal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>2013</i>		371	253	327	367
<i>2014</i>		369	245	329	376
<i>2015</i>		371	249	327	371
<i>Totalt</i>		1111	747	983	1114

*Nivå, a (medelvärde trendrensat)* 329,58

*Säsongpåverkan (värde/medel)*

<i>Kvartal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>2013</i>	1,126	0,77	0,99	1,11
<i>2014</i>	1,1196	0,74	1	1,14
<i>2015</i>	1,126	0,76	0,99	1,13

*Valt säsongindex*

<i>(medel säsongpåverkan)</i>	1,12	0,76	0,99	1,13
-------------------------------	------	------	------	------

**Gulmarkerat behöver ej göras!**

**Rensa för säsong**

<i>Tid</i>	<i>Kvartal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>2013</i>		328,32	332,89	330,3	324,78
<i>2014</i>		326,55	322,37	332,32	332,74
<i>2015</i>		331,25	327,63	330,3	328,32

**Räkna fram fel**

<i>Tid</i>	<i>Kvartal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>2013</i>		-1,26	3,31	0,72	-4,8
<i>2014</i>		-3,03	-7,21	2,74	3,16
<i>2015</i>		-1,26	-1,95	0,72	-1,26

Medelvärde felet

-0,84

Prognos med

trend:

$$D=N*S+T+e$$

Tid

Kvartal

1

2

3

4

2016

492,42

380,48

466,28

522,43

Svar: Prognos för efterfrågan 2016

Kvartal 1: 492 st

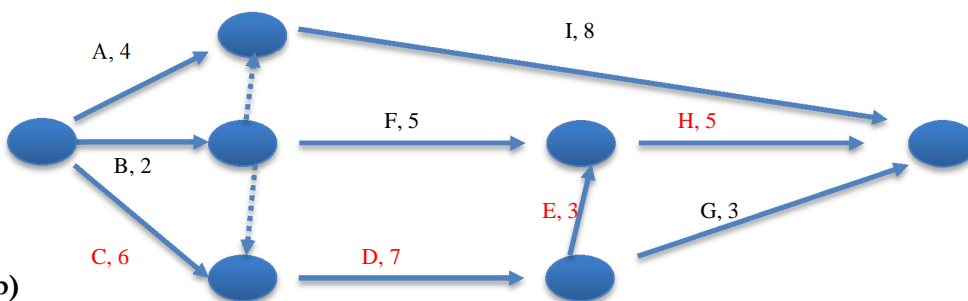
Kvartal 2: 380 st

Kvartal 3: 466 st

Kvartal 4: 522 st

## Uppgift 8

a) Aktivitetsnätverk:



b)

Aktivitet	Tid	Föregångare	TS	TF	SS	SF	Slack
A	4	-	0	4	9	13	9
B	2	-	0	2	4	6	4
C	6	-	0	6	0	6	-
D	7	B, C	6	13	6	13	-
E	3	D	13	16	13	16	-
F	5	B	2	7	11	16	9
G	3	D	13	16	18	21	5
H	5	F, E	16	21	16	21	-
I	8	A, B	4	12	13	21	9

d)

Önskad cykeltid erhålls ur efterfrågan.

$$D = 1\,080\,000 \text{ st} / \text{år} = \frac{1\,080\,000}{300 \cdot 15} = 240 \frac{\text{st}}{\text{h}} \Rightarrow c = \frac{1}{P} = 15 \text{ sek}$$

Station	Möjliga operationer	Vald operation	Operationstid	Ack. Operationstid	Kvarvarande stationstid
1	A, B, C	C	6	6	9
	A, B	A	4	10	5
	B	B	2	12	3
2	D, F, I	I	8	8	7
	D, F	D	7	15	
3	E, G, F	F	5	5	10
	E, G	E	3	8	7
	G, H	H	5	13	2
4	G	G	3	3	12

$$d = \frac{n \cdot c - \sum t_i}{n \cdot c} = \frac{4 \cdot 15 - 43}{4 \cdot 15} \approx 28,33\%$$

e)

$$T_n = T_1 \cdot n^b, b = \frac{\ln r}{\ln 2}$$

$T_{n=1080001} = 5 \cdot 1\,080\,001^{\frac{\ln r}{\ln 2}} \Rightarrow$  Lös ut  $r \approx 0,99$ , dvs en 99%-ig inlärningskurva Detta gör att vi kan få in G-aktiviteten i station 3 efter ett år. Vi får 3 stationer i stället för 4. Balanseringsförlusten blir då istället: **d = 6,67%**.