

Løsning: Oppgavesett nr.6

“SCM200 Lager -og Produksjonsstyring”, vår 2019

Oppgave 1: (Wagner-Whitin, 25 %)

a) Omstillingskostnaden er:

$$\underline{S} = 15 \cdot 10\,000 \text{ NOK} = \underline{150\,000 \text{ NOK}} \quad (1)$$

Lagerkostnaden:

$$H = 200 \text{ NOK per anode per uke} \quad (2)$$

som oppgitt i oppgaveteksten.

Startlager:

$$I_0 = 150 \quad (3)$$

Sluttlager:

$$I_6 = 300 \quad (4)$$

anoder, som også er oppgitt i oppgaveteksten.

Periode 1: (subproblem med kun første periode)

Etterspørselen i uke 1 er $D_1 = 600$ anoder.

Det initielle lageret $I_0 = 150$ er ikke stort nok til å dekke etterspørselen så vi må ha produksjon i første periode:

$$\underline{C_1^*} = S = \underline{150\,000 \text{ NOK}} \quad (5)$$

Periode 2: (subproblem de 2 første periodene)

Dominante produksjonsplaner gir *to* mulige optimale løsninger: C_{10} og C_{11} .

Vi regner ut disse verdiene:

$$\underline{C_2^*} = \min \left[\textcolor{blue}{C_{10}}, \textcolor{red}{C_{x1}} \right] \quad (6)$$

$$= \min \left[(\textit{siste bestilling i } \textcolor{blue}{1.} \textit{ periode}), (\textit{siste bestilling i } \textcolor{red}{2.} \textit{ periode}) \right] \quad (7)$$

$$= \min \left[(\textcolor{blue}{C_1^*} + H \cdot D_2), (\textcolor{red}{C_1^*} + S) \right] \quad (8)$$

$$= \min \left[\textcolor{blue}{150\,000} + 200 \cdot 850, \textcolor{red}{150\,000} + 150\,000 \right] \quad (9)$$

$$= \min \left[320\,000, \underline{300\,000} \right] \quad (10)$$

$$= \underline{300\,000 \text{ NOK}} \quad (11)$$

Vi ser at optimal løsning for dette subproblemet er $\textcolor{blue}{C_{11}}$.

Vi vet da at Horisontteoremet kutter første periode.

Periode 3: (subproblem de 3 første periodene)

$$\underline{C}_3^* = \min \left[C_{x10}, C_{xx1} \right] \quad (12)$$

$$= \min \left[(\textit{ siste bestilling i 2. periode}), (\textit{ siste bestilling i 3. periode}) \right] \quad (13)$$

$$= \min \left[(C_{x1} + H \cdot D_3), (C_2^* + S) \right] \quad (14)$$

$$= \min \left[(300\,000 + 200 \cdot 800), (300\,000 + 150\,000) \right] \quad (15)$$

$$= \min \left[460\,000, \underline{450\,000} \right] \quad (16)$$

$$= \underline{450\,000} \text{ NOK} \quad (17)$$

Vi ser at optimal løsning for dette subproblemet er C_{xx1} .

Vi vet da at Horisontteoremet kutter kutter periode 1 og 2.

Periode 4: (subproblem de 4 første periodene)

$$\underline{C_4^*} = \min \left[C_{xx10}, C_{xxx1} \right] \quad (18)$$

$$= \min \left[(\textit{ siste bestilling i 3. periode}), (\textit{ siste bestilling i 4. periode}) \right] \quad (19)$$

$$= \min \left[(C_{xx1} + H \cdot D_4), (C_3^* + S) \right] \quad (20)$$

$$= \min \left[(450\,000 + 200 \cdot 850), (450\,000 + 150\,000) \right] \quad (21)$$

$$= \min \left[620\,000, \underline{600\,000} \right] \quad (22)$$

$$= \underline{600\,000 \text{ NOK}} \quad (23)$$

Vi ser at optimal løsning for dette subproblemet er C_{xxx1} .

Vi vet da at Horisontteoremet kutter periode 1, 2 og 3.

Periode 5: (subproblem de 5 første periodene)

Siden horisontteoremet kuttet periodene 1, 2 og 3 i forrige steg, kan vi nå starte fra periode 4:

$$\underline{C}_5^* = \min \left[C_{xxx10}, C_{xxxx1} \right] \quad (24)$$

$$= \min \left[(\text{siste bestilling i } 4. \text{ periode}), (\text{siste bestilling i } 5. \text{ periode}) \right] \quad (25)$$

$$= \min \left[C_{xxx1} + H \cdot D_5, C_4^* + S \right] \quad (26)$$

$$= \min \left[600\,000 + 200 \cdot 600, 600\,000 + 150\,000 \right] \quad (27)$$

$$= \min \left[\underline{720\,000}, 750\,000 \right] \quad (28)$$

$$= \underline{720\,000 \text{ NOK}} \quad (29)$$

Vi ser at optimal løsning for dette subproblemet er C_{xxx10} .

Vi vet da at Horisontteoremet kutter ingen nye perioder.

Periode 6: (det fulle problemet)

Siden vi har et krav om sluttlager på $I_6 = 300$ anoder så legger vi disse til i etterspørselen i periode 6, dvs.:

$$\underline{\tilde{D}_6} = D_6 + I_6 = 800 + 300 = \underline{1100} \quad (30)$$

Dermed:

$$\underline{C_6^*} = \min \left[C_{xxx100} , C_{xxxx10} , C_{xxxxx1} \right] \quad (31)$$

$$= \min \left[(siste bestilling i 4. periode) , (siste bestilling i 5. periode) , (siste bestilling i 6. periode) \right] \quad (32)$$

$$= \min \left[(C_{xxx10} + 2 \cdot H \cdot \tilde{D}_6) , (C_{xxxx1} + H \cdot \tilde{D}_6) , (C_5^* + S) \right] \quad (33)$$

$$= \min \left[(720\,000 + 2 \cdot 200 \cdot 1100) , (750\,000 + 200 \cdot 1100) , (720\,000 + 150\,000) \right] \quad (34)$$

$$= \min \left[1\,160\,000 , 970\,000 , \underline{870\,000} \right] \quad (35)$$

$$= \underline{870\,000 \text{ NOK}} \quad (36)$$

Vi ser at optimal løsning for dette subproblemet er C_{xxxxx1} .

Oppsummert:

- C_{xxxxx1} , siden siste bestilling skjer i uke 6. Vi hopper dermed til delproblem 5.
- C_{xxx101} , siden siste bestilling skjer i uke 4 for delproblem 5. Vi hopper til delproblem 3.
- C_{xx1101} , siden siste bestilling skjer i uke 3 for delproblem 3.
- C_{x11101} , siden siste bestilling skjer i uke 1 for delproblem 1.
- C_{111101} , siden siste bestilling skjer i uke 1 for delproblem 1.

Optimal løsning:

$$\underline{\underline{C^*}} = C_{111101} = \underline{\underline{870\,000 \text{ NOK}}} \quad (37)$$

Bestillingsplanen: (Y_t -variablene)

$$Y_1 = 1 \quad (38)$$

$$Y_2 = 1 \quad (39)$$

$$Y_3 = 1 \quad (40)$$

$$Y_4 = 1 \quad (41)$$

$$Y_5 = 0 \quad (42)$$

$$Y_6 = 1 \quad (43)$$

Produksjonsmengder:

Vi finner X_t -variablene ved å bruke teoremet om ”*Dominante produksjonsplaner*”, kun hele etterspørselsbehov.

$$\underline{\underline{X_1}} = D_1 - I_0 = 600 - 150 = \underline{\underline{450}} \quad (44)$$

$$X_2 = D_2 = \underline{\underline{850}} \quad (45)$$

$$X_3 = D_3 = \underline{\underline{800}} \quad (46)$$

$$\underline{\underline{X_4}} = D_4 + D_5 = 850 + 600 = \underline{\underline{1\,450}} \quad (47)$$

$$X_5 = 0 \quad (48)$$

$$\underline{\underline{X_6}} = D_6 + I_6 = 800 + 300 = \underline{\underline{1\,100}} \quad (49)$$

Lagermengder:

Fra X_t -variablene finner vi optimale lagermengder:

$$\underline{\underline{I_1}} = 0 \quad (50)$$

$$\underline{\underline{I_2}} = 0 \quad (51)$$

$$I_3 = 0 \quad (52)$$

$$\underline{\underline{I_4}} = D_5 = \underline{\underline{600}} \quad (53)$$

$$I_5 = 0 \quad (54)$$

- b) I oppgaven skal vi *fremskynde* etterspørsel fra periode 6 til periode 5 inntil lageret fra periode 4 til periode 5 blir så stort at det er billigere å produsere i periode 5.

Vi definerer den ukjente variabelen ved:

$$X = \text{antall anoder fremskyndet fra periode 6 til periode 5} \quad (55)$$

Vi må se på sluttresultatet for delproblem 5 hvor vi nå substituerer D_5 med $\tilde{D}_5 = D_5 + X = 600 + X$:

$$\underline{C}_5^* = \min \left[C_{xxx10}, C_{xxx1} \right] \quad (56)$$

$$= \min \left[(\text{siste bestilling i 4. periode}), (\text{siste bestilling i 5. periode}) \right] \quad (57)$$

$$= \min \left[C_{xxx1} + H \cdot \tilde{D}_5, C_4^* + S \right] \quad (58)$$

$$= \min \left[600\,000 + 200 \cdot (600 + X), 600\,000 + 150\,000 \right] \quad (59)$$

$$= \min \left[720\,000 + 200 \cdot X, 750\,000 \right] \quad (60)$$

Dersom siste bestilling i periode 5 skal bli optimalt krever vi at:

$$720\,000 + 200 \cdot X \geq 750\,000 \quad (61)$$

$$\Downarrow \quad (62)$$

$$X \geq \frac{720\,000 - 750\,000}{-200} = \frac{300\,000}{200} = 150 \quad (63)$$

Dersom vi fremskynder produksjonen av 150 anoder fra periode 6 til periode 5, så får vi at nye etterspørsler er gitt ved:

$$\tilde{D}_5 = D_5 + X = 600 + 150 = 750 \quad (64)$$

$$\tilde{D}_6 = D_6 - X + I_6 = 800 - 150 + 300 = 950 \quad (65)$$

Vi vet at delproblem 5 nå får optimal løsning $C_5^* = C_{xxxx1} = 750\,000$ NOK som påkrevd i oppgaven.

Det siste vi må sjekke er at delproblem 6 nå gir $= C_{xxxx1}$ som før:¹

$$\underline{C}_6^* = \min \left[C_{xxx100}, C_{xxxx10}, C_{xxxxx1} \right] \quad (66)$$

$$= \min \left[(\text{siste bestilling i 4. periode}), (\text{siste bestilling i 5. periode}), (\text{siste bestilling i 6. periode}) \right] \quad (67)$$

$$= \min \left[(C_{xxx10} + 2 \cdot H \cdot \tilde{D}_6), (C_{xxxx1} + H \cdot \tilde{D}_6), (C_5^* + S) \right] \quad (68)$$

$$= \min \left[(750\,000 + 2 \cdot 200 \cdot 950), (750\,000 + 200 \cdot 950), (750\,000 + 150\,000) \right] \quad (69)$$

$$= \min \left[1\,130\,000, 940\,000, \underline{900\,000} \right] \quad (70)$$

$$= \underline{900\,000 \text{ NOK}} \quad (71)$$

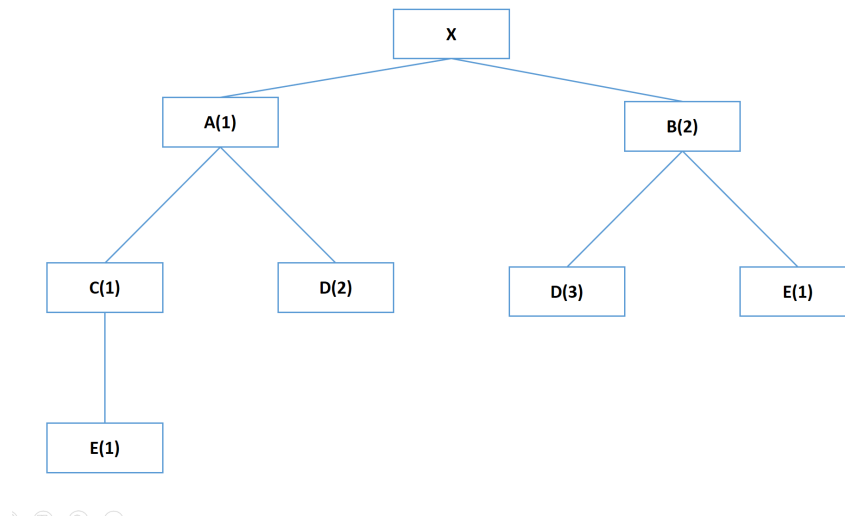
Vi konkluderer med at dersom vi fremskynder 150 anoder fra periode 6 til periode 5, så får vi ingen stans i produksjonen

■

¹Selve verdien på løsningen blir dermed 30 000 NOK dyrere, men det er likevel bra for Årdal siden produksjonen ikke får stans.

Oppgave 2: (“MRP”)

a) BOM-strukturen:



Figur 1: BOM-struktur for tunnell.

- X = tunnell
- A = Behandlet plate
- B = Sidegitter
- C = Kuttet plate
- D = Jernstang
- E = Hanke

b) Vi starter MRP-beregningene for tunneller:

Tunnel

Ledetid: 1 uke, seriestørrelse 50, sikkerhetslager: 0 , planlagt mottak 50 i uke 1:

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov		15	20	18	25	30	28	28	20	20	20
Planlagt mottak		50									
Lager	3	38	18		25	45	17	39	19	49	29
Nettobehov					25	5		11		1	
Planlagt ordre				50	50		50		50		

Behandlet plate

Vi fortsetter med behandlede plater. Husk at bruttobehovet for behandlede plater fås fra planlagte ordrer for tunneller.

Det går med en behandlet plate for hver tunnel

Ledetid: 2 uker, seriestørrelse: 100, Sikkerhetslager: 0, planlagt mottak 100 i uke 2.

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov				50	50		50		50		
Planlagt mottak			100								
Lager			100	50			50	50			
Nettobehov							50				
Planlagt ordre					100						

Sidegitter

Vi fortsetter med sidegitter. Husk at bruttobehovet for sidegitter fås fra planlagte ordrer for tunneller.

Det går med 2 sidegitter for hver tunnell

Ledetid: 1 uke, seriestørrelse: 150, sikkerhetslager: 30, ingen planlagte mottak.

Siden vi holder sikkerhetslager, splitter vi det initielle lageret i en sikkerhetsdel og en vanlig lagerdel. Deretter *berøres* ikke sikkerhetslageret i det hele tatt, det skal være konstant gjennom hele horisonten. Nettobehov og mps regnes da som normalt fra lagerdelen.

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov				100	100		100		100		
Planlagt mottak											
Sikkerhetslager	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Lager	40	40	40	90	140	140	40	40	90	90	90
Nettobehov				60	10				60		
Planlagt ordre			150	150				150			

Forklaring på noen beregninger:

- Initielt: startslageret på 70 splittes i to deler: 30 i sikkerhetslager og 40 i vanlig lager. Vi får ikke røre sikkerhetslageret.
- Uke 3: Vi regner ut vanlig lager på vanlig måte: tar den planlagte ordren på 150 og trekker ifra nettobehovet på 60 og får dermed 90 på lager. Legg merke til at vi *faktisk* har 120 enheter på lager når vi inkluderer sikkerhetslageret.

Kuttet plate

Vi fortsetter med kuttet plate. Husk at bruttobehevet for kuttet plate fås fra planlagte ordrer for behandlet plate.

Det går med en kuttet plate for hver behandlet plate

Ledetid: 1 uke, seriestørrelse: 150, Sikkerhetslager: 20, ingen planlagte mottak.

Vi splitter det initielle lageret i et sikkerhetslager og et brukslager.

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov					100						
Planlagt mottak											
Sikkerhetslager	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Lager	10	10	10	10	60	60	60	60	60	60	60
Nettobehov					90						
Planlagt ordre				150							

Forklaring på noen beregninger:

- Initielt: startslageret på 30 splittes i to deler: 20 i sikkerhetslager og 10 i vanlig lager. Vi får ikke røre sikkerhetslageret.
- Uke 4: Vi regner ut vanlig lager på vanlig måte: tar den planlagte ordren på 150 og trekker ifra nettobehovet på 90 og får dermed 60 på lager. Legg merke til at vi *faktisk* har 80 enheter på lager når vi inkluderer sikkerhetslageret.

Jernstang

Vi fortsetter med jernstang. Husk at bruttobehovet for jernstang fås fra planlagte ordrer for *både* behandlede plater og sidegitter.

Det går med to jernstenger for hver behandlede plate og tre jernstenger for hvert gitter.

Ledetid: 2 uker, seriestørrelse: 800, Sikkerhetslager: 0, planlagte mottak 800 i uke 2.

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov			450	450	200			450			
Planlagt mottak			800								
Lager	150	150	500	50	650	650	650	200	200	200	200
Nettobehov					150						
Planlagt ordre			800								

Hanke

Vi fortsetter med hanke. Husk at bruttobehovet for hanke fås fra planlagte ordrer for *både* kuttete plater og sidegitter.

Det går med en hanke for hver kuttet plate og en hanke for hvert gitter.

Ledetid: 1 uke, seriestørrelse: 300, Sikkerhetslager: 0,ingen planlagte mottak

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruttobehov			150	300				150			
Planlagt mottak											
Lager			150	150	150	150	150				
Nettobehov			150	150							
Planlagt ordre		300	300								

Oppgave 3: (“MPS og MRP og sekvensiering”)

a)

i) Vi setter opp masterplantabellen for ”Stokke Steps Chair” - stolen:

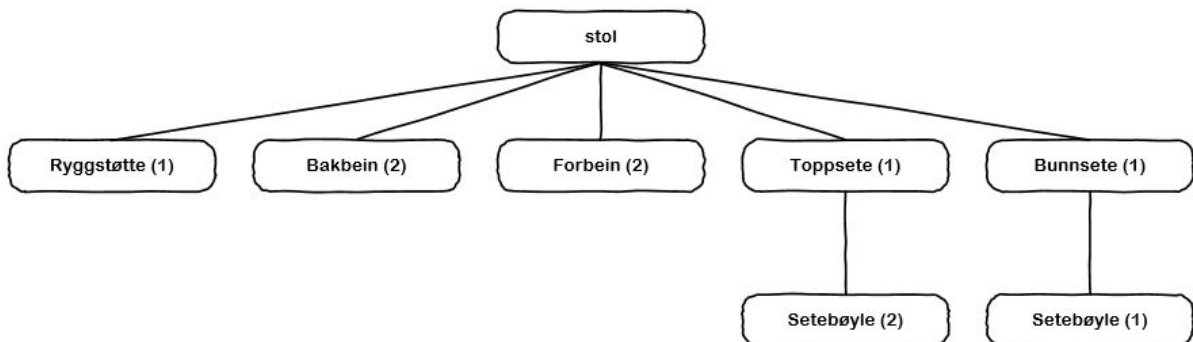
Uke	init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prognose		250	200	220	180	240	240	300	210	140	170
Ordre		240	230	180	200	180	300	200	240	60	70
Lagernivå	1000	760	530	350	150	1110	810	510	300	160	1190
Ledig-til-reservasjon		150				220					1130
MPS						1200					1200

ii Hvis Stokke får inn to bestillinger, en i uke 3 på 80 stoler og en i uke 54 på 100 stoler, så ser vi at disse ukene dekkkes av Ledig-TilReservasjon i uke 1. Summen av bestillingene er på 180 stoler, mens Ledig-Til-Reservasjon er kun 150.

Stokke kan dermed *ikke* garantere begge ordrene.

b) Vi skal gjennomføre MRP-beregninger for ”Stokke Steps Chair”-stolen de neste 10 ukene.

i) BOM-strukturen er gitt ved:



Figur 2: BOM-strukturen for ”Stokke Steps Chair” - stolen

ii) Vi har allerede lagd en MPS-plan for selve ”Stokke Steps Chair” i oppgave a) (Masterplanen). Det eneste vi må huske er at MPS-planen gir kun når stolene skal være ferdige, dvs MPS-planen tar

tar ikke høyde for produksjonstiden, som er 3 uker for en serie på 1200 ”Stokke Steps Chair” stoler.

Uke	Init	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ryggstøtte											
Bruttobehov			1200					1200			
Planlagt mottak											
Lager	800	800	1100	1100	1100	1100	1100	1400	1400	1400	1400
Nettobehov			400					100			
Planlagt ordre		1500					1500				
Bakbein											
Bruttobehov			2400	2000			2000	2400			
Planlagt mottak		2500									
Lager	1000	3500	1100	1600	1600	1600	2100	2200	2200	2200	2200
Nettobehov				900			400	300			
Planlagt ordre			2500			2500	2500				
Forbein											
Bruttobehov			2400					2400			
Planlagt mottak											
Lager			300	300	300	300	300	600	600	600	600
Nettobehov			2400					2100			
Planlagt ordre		3000					3000				
Toppseter & bunnseter											
Bruttobehov			1200					1200			
Planlagt mottak											
Lager			800	800	800	800	800	1600	1600	1600	1600
Nettobehov			1200					400			
Planlagt ordre		2000					2000				
Setebøyer											
Bruttobehov		6000					6000				
Planlagt mottak		7000									
Lager		500	500	500	500	500	1500	1500	1500	1500	1500
Sikkerhetslager		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Nettobehov							5500				
Planlagt ordre					7000						

Kommentarer:

- for bakbein har vi lagt inn ordrer fra annen stolvariant: 2000 i uke 3 og uke 6 hhv.
- for forbein har vi trekt ifra svinn fra produksjonen på 10%, som er 300 pr serie på 3000
- for setebøyer har vi multiplisert planlagt ordre fra setene med 3. Vi har også splittet lageret i uke 1 med 500 i sikkerhetslager og 500 i vanlig lager.