

**Optimering av Returpacks återvinningssystem**  
**TAOP61 Projekt 1**  
**HT2017 Linköpings Universitet**

Adnan Avdagic, Carl-Martin Johansson, Joel Runesson

4 december 2017



## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Syfte</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>3</b>
3.1	Målfunktion . . . . .	3
3.2	Bivillkor . . . . .	3
3.3	Målfunktionens olika delar . . . . .	6
3.3.1	Rörliga kostnader . . . . .	6
3.3.2	Fasta kostnader . . . . .	7
3.3.3	Materialkostnader . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>12</b>
5.1	Effekten av byggnation av mellanlager . . . . .	12
5.2	Att panta eller inte panta... . . . .	12
5.3	Osäkerhetsanalys . . . . .	12

## Figurer

1	Flödesschema för burkar i systemet. . . . .	2
---	---	---

## Tabeller

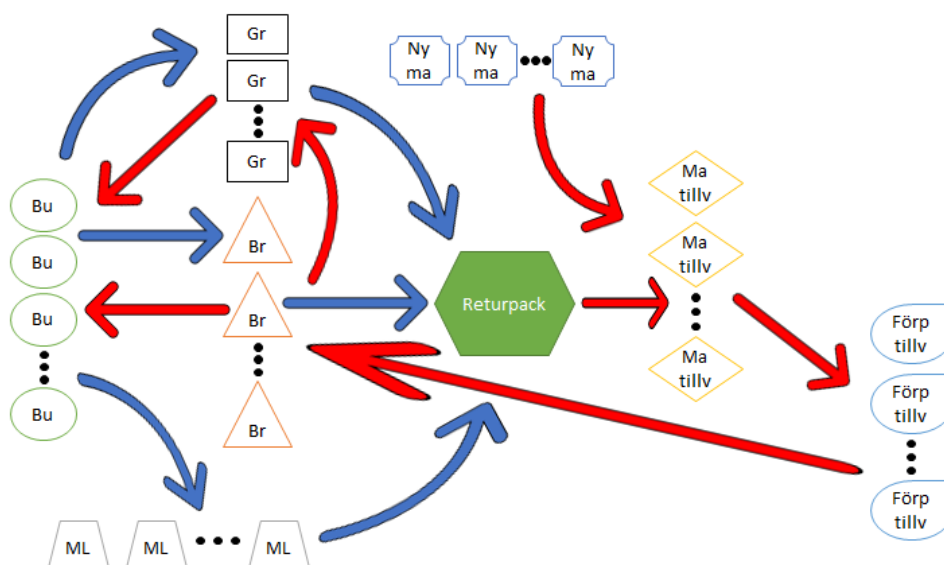
1	Utan mellanlager . . . . .	8
2	Med mellanlager . . . . .	8
3	Mellanlager som byggs i tabell 2 . . . . .	9
4	Skillnad mellan kostnader om man bygger mellanlager . . . . .	9
5	Inget spill med mellanlager . . . . .	10
6	Inget spill - 100 gånger dyrare materialkostnad . . . . .	10
7	Skillnad i lönsamhet av spill 0, för ordinarie materialkostnad . . .	11
8	Skillnad i lönsamhet av spill 0, för 100 gånger dyrare materialkostnad	11

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

I Sverige ansvarar Returpack AB för hanteringen av återvinningssystemet av aluminiumburkar och PET-flaskor. Bolaget är inte vinstdrivande utan har som målsättning att hantera driften av och informera om återvinningssystemet, så att återvinningsmålen uppnås. Alla yrkesmässiga dryckesproducenter och importörer av dryckesförpackningar ansvarar för att flaskorna och burkarna som säljs i Sverige ingår i ett retursystem för återvinning. Aktörerna som ingår i systemet utgörs av bryggerier, grossister, butiker, materialtillverkare, förpackningstillverkare samt Returpack. Eventuellt bör även mellanlager ingå i återvinningssystemet, om dessa ger en lägre systemkostnad. I den här rapporten ska det undersökas huruvida byggnationen av mellanlager är lönsam eller inte. Rapporten är ett delmoment i kursen TAOP61 som ges av matematiska institutionen på Linköpings Tekniska Högskola.

I butikerna uppstår en efterfrågan då kunderna vill köpa dryck (i detta fall endast i burkar, inte andra sorters behållare). Kunden lämnar sedan tillbaka burken till butiken. Alla burkar pantas dock inte utan det skapas ett spill. De burkar som lämnas in till butiken igen kan skickas till antingen grossister, bryggerier eller till lager om detta är möjligt i uppgiften. Detta kan ses i bilden nedan med de blå pilarna från butikerna. Grossisterna, bryggerierna och lagren skickar sedan vidare burkarna till Returpack vilket kan ses i samma bild nedan med blå pilar mellan dem. Returpack komprimerar dem sedan och skickar dem vidare till materialtillverkare vilket illustreras med en röd pil i bilden nedan mellan dem. Nytt material måste här tillföras för att uppfylla behovet av burkar då det försvinner lite material vid spill och omvandlingsfaktorer i kedjan. Detta visas med en röd pil mellan nytt material och materialtillverkare. Flödet går sedan vidare till förpackningstillverkare (röd pil dem emellan), där nya burkar produceras. Dessa är de burkar som sedan skickas till bryggerierna, visas med en röd pil mellan förpackningstillverkare och bryggerier, och där fylls med dryck. Bryggerierna kan sedan skicka fyllda burkar vidare till grossister som skickar till butiker eller skicka till butiker direkt. I bilden nedan representeras dessa flöden av röda pilar mellan bryggeri-grossist-butik och bryggeri-butik. Sedan säljs de fyllda burkarna igen i butikerna och det blir en cirkulerande kedja. I bilden är röda pilar burkflöden efter Returpack tills dess att burkarna lämnas tillbaka tomma till butikerna och ska till Returpack. Blå pilar är alltså burkflöden från tomma burkar i butikerna till Returpack.



Figur 1: Flödesschema för burkar i systemet.

## 2 Syfte

Syftet med projektet är att formulera en optimeringsmodell som optimerar olika problem som Returpack står inför. Dels ska modellen i ett normalt fall räkna ut hur burkar ska skickas mellan olika aktörer inom systemet beroende på kostnader och utsläpp, dels hur mycket nytt material som köps in. Sedan modifieras denna modell något, för att undersöka om det är lönsamt att bygga mellanlager om alla burkar skulle pantas, d.v.s. om inget spill finns, samt om det blir någon skillnad om råvarupriset multipliceras med hundra i fallet med noll spill. Detta körs sedan för alla varianter av problemet (totalt sju varianter). Syftet är alltså att lösa alla dessa optimeringsproblem och ge feedback kring hur Returpack bör tänka i de olika fallen för de olika varianterna av problemet, för att hitta optimalitet.

### 3 Metod

Valet av optimeringsprogram beror på strukturen på problemet som ska lösas. I detta fall är både målfunktionen och bivillkoren linjära, varför till exempel GLPK (GNU Linear Programming Kit) är lämpligt att använda. För den här laborationsuppgiften var det bestämt att GLPK skulle användas. Utöver detta användes modelleringsspråket GMPL och lösaren glpsol.

#### 3.1 Målfunktion

$$\min \text{cost} : v\_cost + f\_cost + m\_cost \quad (3.1)$$

Målfunktionen ska minimera den sammanlagda kostnaden av återvinningssystemet, genom att minimera rörliga kostnader, fasta kostnader och materialkostnader. Hela formeln finns på sida 6-7 i ekvationerna (3.14), (3.15) & (3.16)

#### 3.2 Bivillkor

$$\sum_{j=1}^{ngross} nburk\_GR[i, j] + \sum_{k=1}^{nbrygg} nburk\_BR[i, k] + \sum_{l=1}^{nlager} nburk\_LR[i, l] = pant[i], \quad \forall i \in [1 \dots nbutik] \quad (3.2)$$

De av kunderna pantade tomförpackningarna som varje butik i erhåller, ska också skickas från respektive butik till antingen bryggerierna, grossisterna eller mellanlagren. Panten som varje butik erhåller beräknas som butikens behov av förpackningar minus det antal förpackningar som inte pantades för just den butiken.

$$bin\_GR[j] * gkaptom[j] - \sum_{i=1}^{nbutik} nburk\_GR[i, j] \geq 0, \quad \forall j \in [1 \dots ngross] \quad (3.3)$$

Antalet tomförpackningar som varje grossist får från alla butiker måste vara mindre än eller lika med den maximala kapaciteten av tomförpackningar som den specifika grossisten kan hantera.

$$bin\_BR[k] * bkaptom[k] - \sum_{i=1}^{nbutik} nburk\_BR[i, k] \geq 0, \quad \forall k \in [1 \dots nbrygg] \quad (3.4)$$

Antalet tomförpackningar som varje bryggeri får från alla butiker måste vara mindre än eller lika med den maximala kapaciteten av tomförpackningar som det specifika bryggeriet kan hantera.

$$bin\_LR[l] * lkaptom[l] - \sum_{i=1}^{nbutik} nburk\_LR[i, l] \geq 0, \quad \forall l \in [1 \dots nlager] \quad (3.5)$$

Antalet tomförpackningar som varje mellanlager får från alla butiker måste vara mindre än eller lika med den maximala kapaciteten av tomförpackningar som den specifika kan hantera.

$$0 \leq \sum_{l=1}^{nlager} bin\_LR[l] \leq maxlager \quad (3.6)$$

Antalet byggda mellanlager får inte vara större än det maximala antalet mellanlager som kan byggas, givetvis ej heller negativt.

$$0 \leq \sum_{m=1}^{nmatr} nnytt\_matr[m] \leq tot\_nytt\_matr \quad (3.7)$$

Mängden inköpt material för varje materialtillverkare får inte vara större än det totala behovet av inköpt material, givetvis ej heller negativt.

$$\sum_{m=1}^{nmatr} nburk\_RM[m] - faktR * tot\_pant = 0 \quad (3.8)$$

Alla tomförpackningar som skickas till Returpacks anläggning ska komprimeras så att summan av utflödet till alla materialtillverkare är lika med inflödet till Returpack gånger omvandlingsfaktorn faktR.

$$\left( \sum_{n=1}^{n_{\text{fpack}}} n_{\text{burk\_MT}}[m, n] \right) - n_{\text{burk\_RM}}[m] * \text{faktM} - n_{\text{nytt\_matr}}[m] = 0, \quad \forall m \in [1 \dots n_{\text{matr}}] \quad (3.9)$$

Mängden material som skickas till alla tomförpackningstillverkare från varje materialtillverkare är lika med antalet komprimerade burkar som skickas från Returpack till alla materialtillverkare gånger omvandlingsfaktorn faktM plus mängden inköpt nytt material för varje materialtillverkare.

$$\left( \sum_{k=1}^{n_{\text{brygg}}} n_{\text{burk\_TB}}[n, k] \right) - \sum_{m=1}^{n_{\text{matr}}} n_{\text{burk\_MT}}[m, n] * \text{faktF} = 0, \quad \forall n \in [1 \dots n_{\text{fpack}}] \quad (3.10)$$

På samma sätt är antalet nytillverkade tomförpackningar som skickas till alla bryggerier från varje tomförpackningstillverkare lika med mängden material som skickas från alla materialtillverkare till varje tomförpackningstillverkare gånger omvandlingsfaktorn faktF.

$$\sum_{j=1}^{n_{\text{gross}}} n_{\text{burk\_BG}}[k, j] + \sum_{i=1}^{n_{\text{butik}}} n_{\text{burk\_BBu}}[k, i] = \sum_{n=1}^{n_{\text{fpack}}} \sum_{k=1}^{n_{\text{brygg}}} n_{\text{burk\_TB}}[n, k], \quad \forall k \in [1 \dots n_{\text{brygg}}] \quad (3.11)$$

Bivillkor (3.11) anger att alla burkar som ett bryggeri erhåller från tomförpackningstillverkarna, måste skickas till butikerna antingen via grossisterna eller direkt från det bryggeriet. Detta åstadkommes genom att deklarerat att summan av bryggeriets erhållna burkar ska vara lika med summan av de burkar som lämnar bryggeriet.

$$\sum_{i=1}^{n_{\text{butik}}} n_{\text{burk\_GBu}}[j, i] = \sum_{k=1}^{n_{\text{brygg}}} n_{\text{burk\_BG}}[k, j], \quad \forall j \in [1 \dots n_{\text{gross}}] \quad (3.12)$$

Ytterligare ett bivillkor (3.12) krävs för att reglera att alla burkar som en grossist tar emot, också skickas vidare till butikerna.

$$\sum_{j=1}^{n_{\text{gross}}} n_{\text{burk\_GBu}}[j, i] + \sum_{k=1}^{n_{\text{brygg}}} n_{\text{burk\_BBu}}[k, i] = \text{behov}[i], \quad \forall i \in [1 \dots n_{\text{butik}}] \quad (3.13)$$

Slutligen krävs bivillkor (3.13) för att butikernas behov av fyllda burkar ska tillgodoses. Detta sker genom att ange att varje butiks efterfrågan ska vara lika med alla burkar som skickas till butikerna direkt från bryggerierna eller via lagren.



### 3.3 Målfunktionens olika delar

#### 3.3.1 Rörliga kostnader

Målfunktionen är uppdelad i tre olika kostnader; rörliga kostnader, fasta kostnader samt materialkostnader, varför dessa kostnader regleras av tre separata bivillkor.

$$\begin{aligned}
 v\_cost = & \\
 tomkost & * \left( \sum_{i=1}^{nbutik} \sum_{j=1}^{ngross} \left( cost\_G[i, j] * nburk\_GR[i, j] \right) + \right. \\
 & \left. + \sum_{i=1}^{nbutik} \sum_{k=1}^{nbrygg} \left( cost\_B[i, k] * nburk\_BR[i, k] \right) \right) + \\
 + lagkost & * \sum_{i=1}^{nbutik} \sum_{l=1}^{nlager} \left( cost\_L[i, l] * nburk\_LR[i, l] \right) + \\
 + fullkost & * \left( \sum_{m=1}^{nmatr} \left( distRM[m] * nburk\_RM[m] \right) + \right. \\
 & + \sum_{m=1}^{nmatr} \sum_{n=1}^{nfpack} \left( distMT[m, n] * nburk\_MT[m, n] \right) + \\
 & + \sum_{n=1}^{nfpack} \sum_{k=1}^{nbrygg} \left( distTB[n, k] * nburk\_TB[n, k] \right) + \\
 & + \sum_{j=1}^{ngross} \sum_{k=1}^{nbrygg} \left( distBG[k, j] * nburk\_Bg[k, j] \right) + \\
 & + \sum_{i=1}^{nbutik} \sum_{j=1}^{ngross} \left( distGBu[j, i] * nburk\_GBu[j, i] \right) + \\
 & \left. + \sum_{i=1}^{nbutik} \sum_{k=1}^{nbrygg} \left( distBBu[k, i] * nburk\_BBu[k, i] \right) \right) \quad (3.14)
 \end{aligned}$$

I ekvation (3.14) anges samtliga rörliga kostnader. Tomkost, som representerar kostnaden för att transportera en tomförpackning, multipliceras med burkar från alla flöden skickade mellan butiker till grossister respektive bryggerier. Produkten adderas med lagkost (kostnad att transportera en tomförpackning från butiker till lager och till Returpack) multiplicerad med burkar skickade från butiker till lager. Slutligen adderas kostnader för att skicka alla fyllda burkar eller alla enheter material. Detta utförs genom att summera burkflöden mellan Returpack och materialtillverkarna, materialtillverkarna och förpackningstillverkarna, förpackningstillverkarna och bryggerierna, bryggeriernas till butikerna och grossisterna samt grossisternas fyllda burkar till butikerna. Alla dessa multipliceras med faktor fullkost.

### 3.3.2 Fasta kostnader

$$\begin{aligned}
 f\_cost = & \\
 & \sum_{j=1}^{ngross} \left( fkostG[j] * bin\_GR[j] \right) + \\
 & + \sum_{k=1}^{nbrygg} \left( fkostB[k] * bin\_BR[k] \right) + \\
 & + \sum_{l=1}^{nlager} \left( fkostL[l] * bin\_LR[l] * 10 \right)
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

De fasta kostnaderna (3.15) i räknas ut genom att summera de fasta kostnaderna för alla grossister, bryggerier och lager som används/byggs. För att inte räkna med fasta kostnader för de som inte byggs har en binär variabel använts som anger om den specifika grossisten, bryggeriet eller lagret används/byggs. Binärvariabeln sätts automatiskt till 1 om det byggs/används, annars tilldelas den värdet 0.

### 3.3.3 Materialkostnader

$$m\_cost = \sum_{m=1}^{nmatr} \left( nnytt\_matr[m] * matrkop \right) \tag{3.16}$$

Materialkostnaderna i bivillkor (3.16) i räknas enkelt ut genom att multiplicera allt nytt material som köps med kostnaden för att köpa en enhet råvarumaterial.

## 4 Resultat

I följande tabeller presenteras data från samtliga instanser av optimeringsproblemet. Nedan förklaras några av de förkortningar som används i tabellerna.

N är antalet trädsökningsnoder som gplsol använder för att lösa problemet.

I-LP är antalet simplexiterationer för första LP-relaxationen.

I-tot är antalet simplexiterationer för hela problemet.

nbrygg, ngross och nlager är antalet bryggerier, grossister och mellanlager som används i optimallösningen.

Kostnad A innefattar den totala kostnaden (rörliga och fasta kostnader samt materialkostnader) för återvinningssystemet.

Kostnad B exkluderar de fasta kostnaderna från den totala kostnaden.

Tabell 1: Utan mellanlager

Problem	N	I-LP	I-tot	Tid [s]	nbrygg	ngross	nlager	Kostnad A	Kostnad B
1	5	28	30	0	0	2	0	111 737 kr	111 537 kr
3	9	33	38	0	2	2	0	125 137 kr	125 112 kr
5	11	159	164	0	2	4	0	421 631 kr	421 592 kr
6	5	822	855	0	4	10	0	2 424 513 kr	2 424 397 kr
7	15	4 326	4 646	1,5	5	30	0	10 696 789 kr	10 696 541 kr
9	5	8 285	8 699	6,4	5	30	0	22 262 017 kr	22 261 822 kr
10	9	3 928	6 335	6,4	4	26	0	21 216 549 kr	21 216 378 kr

Tabell 2: Med mellanlager

Problem	N	I-LP	I-tot	Tid [s]	nbrygg	ngross	nlager	Kostnad A	Kostnad B	nyttmatr
1	3	35	37	0	0	0	1	104 851 kr	103 851 kr	18 kr
3	1	34	34	0	0	0	1	113 312 kr	111 602 kr	17 kr
5	11	139	204	0	0	0	2	353 522 kr	338 972 kr	74 kr
6	15	808	1 025	0,1	1	0	7	2 049 181 kr	1 995 384 kr	401 kr
7	221	4 618	8 663	6,1	4	25	10	10 120 218 kr	10 037 580 kr	1 861 kr
9	185	9 537	18 460	50,1	5	24	10	20 613 534 kr	20 531 101 kr	3 680 kr
10	7	7 393	12 594	25,4	0	0	10	17 546 466 kr	17 453 906 kr	3 680 kr

Tabell 3: Mellanlager som byggs i tabell 2

Problem	Byggda lager
Ex.1	2
Ex.3	3
Ex.5	1 & 3
Ex.6	2, 3, 4, 5, 6, 9 & 10
Ex.7	1, 2, 6, 10, 11, 12, 13, 16, 19 & 20
Ex.9	1, 7, 18, 29, 31, 33, 39, 57, 59 & 75
Ex.10	1, 13, 31, 35, 59, 64, 71, 83, 86 & 87

Tabell 4: Skillnad mellan kostnader om man bygger mellanlager

Problem	$\Delta$ Totala kostnader	$\Delta$ Rörliga kostnader samt material	$\Delta$ Fasta kostnader
Ex.1	6 886 kr	7 686 kr	- 800 kr
Ex.3	10 136 kr	11 821 kr	-1 685 kr
Ex.5	68 109 kr	82 620 kr	-14 511 kr
Ex.6	375 332 kr	429 013 kr	-53 681 kr
Ex.7	576 571 kr	658 961 kr	-82 390 kr
Ex.9	1648 483 kr	1730 721 kr	-82 238 kr
Ex.10	3670 083 kr	3762 472 kr	-92 389 kr

Tabell 5: Inget spill med mellanlager

Problem	N	I-LP	I-tot	Tid [s]	nbrygg	ngross	nlager	Kostnad A	Kostnad B	nyttmatr
1	3	35	37	0	0	0	1	105 335 kr	104 335 kr	15
3	1	34	34	0	0	0	1	114 918 kr	113 208 kr	9
5	19	142	227	0	0	0	2	362 777 kr	348 227 kr	40
6	11	817	919	0,1	2	0	7	2 101 632 kr	2 047 821 kr	224
7	83	4 555	6687	4,2	4	25	10	10 443 040 kr	10 360 402 kr	1 070
9	71	9 416	16 144	29,3	5	27	10	21 330 690 kr	21 251 382 kr	2 153
10	9	7 852	15 445	30,7	1	2	10	18 033 097 kr	17 938 746 kr	2 153

Tabell 6: Inget spill - 100 gånger dyrare materialkostnad

Problem	N	I-LP	I-tot	Tid [s]	nbrygg	ngross	nlager	Kostnad A	Kostnad B	nyttmatr
1	3	35	37	0	0	0	1	106 787 kr	105 787 kr	1 467 kr
3	1	34	34	0	0	0	1	113 312 kr	111 602 kr	17 kr
5	19	142	227	0	0	0	2	366 781 kr	352 231 kr	4 044 kr
6	11	818	912	0,1	2	0	7	2 123 807 kr	2 069 996 kr	22 400 kr
7	83	4 560	6 536	4,2	4	25	10	10 548 988 kr	10 466 350 kr	107 019 kr
9	237	9 359	27 124	50	5	27	10	21 543 822 kr	21 464 514 kr	215 285 kr
10	3	7 818	19 443	37,6	1	2	10	18 295 646 kr	18 202 705 kr	215 285 kr

Tabell 7: Skillnad i lönsamhet av spill 0, för ordinarie materialkostnad

Problem	Kostnad då spill förekommer		Kostnad vid inget spill		$\Delta$ Totalt	$\Delta$ Rörligt
	Totalt	Rörligt	Totalt	Rörligt		
Ex.1	104 851 kr	103 851 kr	105 335 kr	104 320 kr	- 484 kr	- 469 kr
Ex.3	113 312 kr	111 602 kr	114 918 kr	113 199 kr	- 1 606 kr	- 1 597 kr
Ex.5	353 522 kr	338 972 kr	362 777 kr	348 187 kr	- 9 255 kr	- 9 215 kr
Ex.6	2 049 181 kr	1 995 384 kr	2 101 632 kr	2 047 597 kr	- 52 451 kr	- 52 213 kr
Ex.7	10 120 218 kr	10 037 580 kr	10 443 040 kr	10 359 331 kr	- 322 822 kr	- 321 751 kr
Ex.9	20 613 534 kr	20 531 101 kr	21 330 690 kr	21 249 229 kr	- 717 156 kr	- 718 128 kr
Ex.10	17 546 466 kr	17 453 906 kr	18 033 097 kr	17 936 593 kr	- 486 631 kr	- 482 687 kr

Tabell 8: Skillnad i lönsamhet av spill 0, för 100 gånger dyrare materialkostnad

Problem	Kostnad då spill förekommer		Kostnad vid inget spill		$\Delta$ Totalt	$\Delta$ Rörligt
	Totalt	Rörligt	Totalt	Rörligt		
Ex.1	106 677 kr	103 832 kr	106 787 kr	104 320 kr	- 110 kr	- 488 kr
Ex.3	115 001 kr	111 585 kr	115 797 kr	113 199 kr	- 796 kr	- 1 614 kr
Ex.5	360 894 kr	338 898 kr	366 781 kr	348 187 kr	- 5 887 kr	- 9 289 kr
Ex.6	2 088 883 kr	1 994 983 kr	2 123 807 kr	2 047 597 kr	- 34 924 kr	- 52 614 kr
Ex.7	10 304 441 kr	10 035 719 kr	10 548 988 kr	10 359 331 kr	- 244 547 kr	- 323 612 kr
Ex.9	2 077 851 kr	20 527 421 kr	21 543 822 kr	21 249 229 kr	- 19465 971 kr	- 721 808 kr
Ex.10	17 959 257 kr	17 497 797 kr	18 295 646 kr	17 987 420 kr	- 336 389 kr	- 489 623 kr

## 5 Diskussion

### 5.1 Effekten av byggnation av mellanlager

I tabell 4 kan vi utläsa att vid byggnation av mellanlager ges ett negativt  $\Delta$  i fasta kostnader samt att den huvudsakliga kostnadsskillnaden ligger i de rörliga kostnaderna. Detta tyder på att byggnationen av mellanlager leder till högre fasta kostnader eftersom lager är dyrare att bygga än det är att använda grossister och/eller bryggerier. Den totala kostnadssänkningen tillskrivs de sänkta rörliga kostnaderna som uppkommer då tomburkar skickas till mellanlager, detta då distanserna blir kortare vilket i sin tur sänker miljöpåverkan.

### 5.2 Att panta eller inte panta...

Som framgår av tabell 7 ökar både de totala och rörliga kostnaderna när alla burkar pantas (spill noll). Att de rörliga kostnaderna ökar är inte förvånande, då fler pantade burkar leder till bland annat ökade transportkostnader. Men det är inte lika intuitivt att de totala kostnaderna ökar eftersom fler pantade burkar leder till att mindre mängd nytt material behöver köpas in. Tolkningen av detta är att materialkostnaden för det nya materialet är så pass liten i förhållande till ökningen av de rörliga kostnaderna. Därför modifierades modellfilen genom att öka inköpskostnaden för nytt material med en faktor 100. Som tabell 8 visar, innebär den väsentligt högre materialkostnaden fortfarande att kostnadsminskningen är mycket mindre i förhållande till kostnadsökningen av de rörliga kostnaderna. Detta skulle kunna bero på att indata över materialpriser och transportkostnader inte är särskilt verklighetsbaserade.

Till sist kan nämnas att utifrån ett ekonomiskt perspektiv innebär detta resultat att återvinningssystemet inte är lönsamt eftersom varje pantad burk leder till högre kostnader. Men målsättningen med återvinningssystemet är inte monetärt utan fokus är på resurseffektivitet och miljöpåverkan.

### 5.3 Osäkerhetsanalys

I de fall då data från problem 10 användes tog problemen för lång tid att lösa (över 20 minuter). Därför lades kommandot mipgap till vid anropandet av modellfilen. Dock medför detta att osäkerheter i modellen införs då approximativa kapningar i trädsökningen tillåts. Av nyfikenhet gjorde vi ett testförsök på problem 10 utan att använda approximering vilket gav en felprocent på under 1 %. Detta anser vi vara en försumbar skillnad av resultatet och osäkerhetsfaktorn kan därmed ses som liten. Däremot fås inte optimum vilket hade kunnat erhållas om datorn tillåts arbeta en längre tid. Allt handlar om vilken tid beställare har att lägga på datorns uträkningar, i vissa fall behövs snabba resultat och då kan en felprocent vara acceptabel medan de i andra fall inte kräver snabba svar utan kan låta datorn optimera klart utan approximeringar.