

# TENTAMEN

## TAOP33/TEN 2 KOMBINATORISK OPTIMERING GRUNDKURS

Datum:	4 januari 2022
Tid:	14.00-19.00
Hjälpmittel:	Miniräknare Kurslitteratur: Kaj Holmberg: <i>Optimering</i> Anteckningar i boken får förekomma.
Antal uppgifter:	9
Antal sidor:	8 Uppgifterna är <i>inte</i> ordnade efter svårighetsgrad. Totalt antal poäng är 40. För godkänt krävs 16 poäng.
Examinator:	Kaj Holmberg
Jourhavande lärare:	Kaj Holmberg, tel 013-282867
Resultat meddelas per e-post	

### Tentamensinstruktioner

#### När Du löser uppgifterna

*Redovisa dina beräkningar och din lösningsmetodik noga.  
Motivera alla påståenden du gör.  
Använd de standardmetoder som ingår i kursen.*

*Skriv endast på ena sidan av lösningsbladen. Använd inte rödpenna.  
Behandla endast en huvuduppgift på varje blad.*

#### Vid skrivningens slut

*Sortera dina lösningsblad i uppgiftsordning.  
Markera på omslaget vilka uppgifter du behandlat.  
Kontrollräkna antalet inlämnade blad och fyll i antalet på omslaget.*

**Uppgift 1**

Luddköping ska anordna sin traditionella julmarknad, med försäljning av diverse pryttlar i stånd på torget, och andra roliga arrangemang. I år blir det dock lite annorlunda, eftersom man befinner sig i efterdynningarna av en pandemi, vilket innebär vissa inskränkningar. Antingen ser man till att högst 20 personer är på torget samtidigt, eller också måste man kräva intyg på vaccination eller nyligt tillfrisknande från aktuell åkomma för att släppa in personer. I båda fallen krävs ett ovälkommet staket runt torget, för att hindra obehöriga att komma dit.

Det första frågan är dock om man överhuvudtaget ska ha en julmarknad. Ett alternativ är helt enkelt att ställa in allt. Man har också flera kringarragemang som antingen ska genomföras eller ställas in.

Ett är Tomteruset, ett löplopp där alla deltagare måste vara utklädda till tomtar, med lösskägg och tomteluva som obligatoriska delar. Deltagarna får vara i olika åldrar, och ska springa så många varv som möjligt på en timme på en utstakad bana. Alla deltagare får en medalj.

Ett annat är Tomtetåget, som är en röd traktor, körd av en lokal bonde med tomteluva, med ett par vagnar som folk kan åka med i. Tomtetåget går från den stora bilparkeringen till torget, och tillbaka.

Man sätter upp ett optimeringsproblem med följande variabeldefinitioner:

$x_1 = 1$  om julmarknaden genomförs, 0 om inte.

$x_2 = 1$  om Tomteruset genomförs, 0 om inte.

$x_3 = 1$  om Tomtetåget körs, 0 om inte.

$x_4 = 1$  om ett staket runt torget ställs upp, 0 om inte.

$x_5 = 1$  om alla gäster ska visa intyg, 0 om inte.

$x_6 = 1$  om en begränsning på 20 besökare införs, 0 om inte.

$x_7 = 1$  om en (tidigare) känd artist anlitas som konferencier, 0 om inte.

$x_8 = 1$  om den lokala dansklassen ska uppträda på en scen på torget, 0 om inte.

$x_9 = 1$  om en scen inrättas på torget, 0 om inte.

Variablerna påverkar varandra via bivillkor. Om julmarknaden inte genomförs, ska inget annat genomföras. Om julmarknaden genomförs, krävs staket samt antingen intyg eller begränsning av antalet besökare. Man kräver att Tomteruset och/eller dansen genomförs, om det ska vara någon julmarknad. Om dansklassen ska uppträda, krävs det en scen. Om dansklassen ska uppträda eller Tomteruset genomförs, behövs en konferencier, annars inte. Om man begränsar antalet besökare till 20, vill man inte ha en konferencier. Man vill inte köra tomtetåget om man inte har fler än 20 besökare. Eftersom deltagarna i Tomteruset räknas som besökare, kan man inte genomföra det, om man begränsar antalet besökare till 20. Scenen på torget skulle ta upp plats som behövs för målgången av Tomteruset, så högst en av dessa aktiviteter kan genomföras.

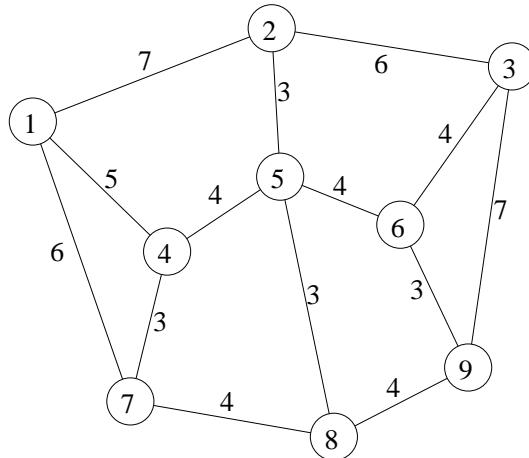
Varje aktivitet innebär kostnader, vilka listas nedan (med samma index som aktiviteten). Vinst anges som negativ kostnad.

$$c_1 = -10, c_2 = 2, c_3 = 2, c_4 = 2, c_5 = 1, c_6 = 1, c_7 = 3, c_8 = 0, c_9 = 1.$$

- a)** Sätt upp en linjär optimeringsmodell med binära variabler för att finna den plan som minimerar kostnaden. (2p)
- b)** Lös problemet med Balas metod. Förgrena över den första ofixerade variabeln. Ange optimallösning i ord. Ledning: Origo är en tillåten lösning. (3p)

### Uppgift 2

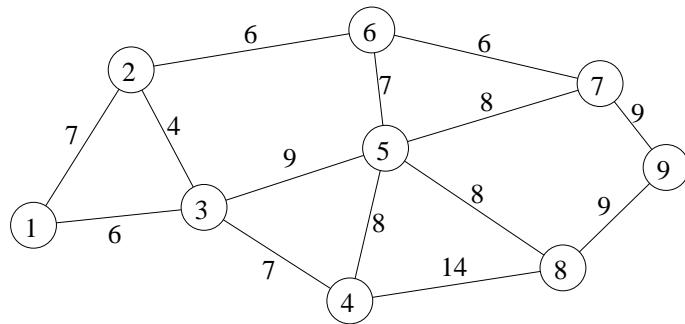
Om Tomteruset ska anordnas, krävs en lämplig bana. Det ska vara en rundtur som startar och slutar på torget. Stadens affärssinnehavare vill alla att banan ska gå förbi deras affär, så att de kan få lite reklam. I grafen nedan är nod 1 torget, och de andra noderna är affärer som ska passeras, dvs. alla noder ska ingå en gång i rundturen. För att få med så många deltagare som möjligt, vill man göra rundturen så kort som möjligt, så även otränade Luddköpingsbor ska känna sig välkomna. På bågarna i grafen anges avståndet.



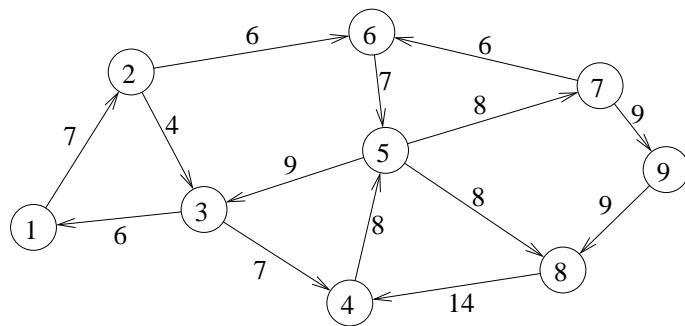
Vilket optimeringsproblem är det att finna den bästa bansträckningen? Finn en tillåten lösning (med valfri heuristik). Finn en optimistisk uppskattning av kostnaden för den optimala turen med hjälp av en relaxation av problemet. Ange övre och undre gräns på det optimala målfunktionsvärdet. (3p)

### Uppgift 3

- a)** Ett vägarbete gör att Tomtetåget inte kan köra sin vanliga väg mellan torget, nod 1, och parkeringen, nod 9, i följande graf med avstånd på bågarna. Finn kortaste väg från nod 1 till nod 9 i grafen. Bågarna anses vara oriktade. (2p)



- b)** Stadens trafikpolis, P. Isman, påpekar att gatorna ingalunda är oriktade. Faktum är att alla de berörda gatorna är enkelriktade, vilket anges i grafen nedan. Finn kortaste väg från nod 1 till 9, samt kortaste väg från nod 9 till nod 1. (2p)



- c)** Skulle man förbättra lösningen om man införde möjlighet att köra från nod 3 till nod 5 på tiden 5 (tvärs över fotbollsplanen)? Skulle man förbättra lösningen om man införde möjlighet att köra från nod 9 till nod 5 på tiden 20 (på cykelvägen)? (Lös inte om problemet.) (2p)

#### Uppgift 4

Luddköping tillhandahåller och monterar upp ständen där knallarna ska sälja sina varor. Det finns två olika format på ständen, ett större och ett mindre. Man funderar nu på hur många man ska använda av varje sort. De större ständen ger mer intäkt, men tar mer plats. Det tillgängliga antalet av de båda sorterna är också begränsat. Optimeringsproblem att finna den tillåtna lösning som ger mest intäkt kan formuleras som följer. Lös problemet med Land-Doig-Dakins metod. LP-problem får lösas grafiskt. (3p)

$$\begin{aligned} \max \quad z = & \quad 4x_1 + 3x_2 \\ \text{då} \quad & \quad 4x_1 + 2x_2 \leq 18 \\ & \quad 0 \leq x_1 \leq 3, 0 \leq x_2 \leq 4, \text{ heltal} \end{aligned}$$

**Uppgift 5**

Att hålla en julmarknad med krav på intyg eller begränsning på antal besökare kräver att en person avdelas till att kontrollera detta. Fem äldre herrar i klubben Tigers ställer upp på ett entimmespass var, vilket täcker de fem timmarna marknaden håller på. De har dock olika önskemål om vilka tider som är bäst. Följande matris anger "kostnaden" för varje person att ta varje pass. Man vill alltså fördela personerna så att varje pass har en kontrollant, och så att alla blir så nöjda som möjligt, dvs. så att totalkostnaden minimeras. Rader motsvarar personer och kolumner olika pass.

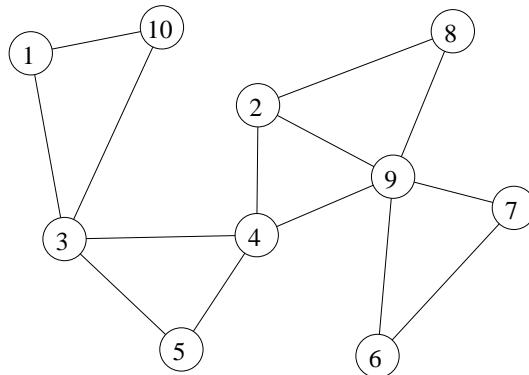
$$C = \begin{pmatrix} 10 & 12 & 13 & 18 & 15 \\ 11 & 14 & 12 & 12 & 10 \\ 10 & 19 & 10 & 20 & 18 \\ 9 & 16 & 14 & 17 & 20 \\ 12 & 17 & 15 & 18 & 15 \end{pmatrix}$$

Lös problemet med lämplig metod. Ange optimal lösning samt målfunktionsvärde. Ange även dual optimallösning och kontrollera starka dualsatsen. (3p)

**Uppgift 6**

Alla medlemmar i den lokala brottningsklubben Gummi Bears ställer upp som ordningsvakter. De vill jobba i par, för att inte ställas inför övermäktiga odds i form av överförskade lokala odågor. Medlemmarna har dock väldigt specifika åsikter om vilka de kan jobba tillsammans med. (Vissa anser att vissa andra tar i för mycket på träningen, vilket har skapat negativa känslor.)

I grafen nedan motsvarar noderna personer, och en båge indikerar att de två kan tänka sig att bilda ett par. Man vill finna så många par som möjligt.



- a)** Vad är det för optimeringsproblem? När brottarna själva får välja, bildas paren (1,3), (4,5), (6,7), (8,9). Tyvärr kan 2 och 10 inte tänka sig arbeta tillsammans. Finn en så bra lösning som möjligt med en känd metod. Visa stegen i metoden. (3p)

**b)** Finn en bra övre och en bra undre gräns för det optimala antalet färger i en nodfärgning med minimalt antal färger i ovanstående graf. (1p)

**c)** Finn en bra övre och en bra undre gräns för det optimala antalet färger i en bågfärgning med minimalt antal färger i ovanstående graf. (1p)

### Uppgift 7

Faster Bellatrix ska baka kakor och sälja på julmarknaden. Hon kan göra bruna pepparkakor, gula saffranskatter och röda kolakakor (med röd karamellfärg). Frågan är bara hur många hon ska göra av varje sort. Det finns begränsningar i hur mycket hon kan sälja, och begränsade mängder av vissa nödvändiga råvaror. Därför formulerar hon följande linjära optimeringsmodell, där  $x_1$  anger antal pepparkakor,  $x_2$  antal saffranskatter och  $x_3$  antal kolakakor.

$$\begin{array}{llllll} \max & z = & 4x_1 & + & 5x_2 & + & 2x_3 \\ \text{då} & & 5x_1 & + & 4x_2 & + & 2x_3 \leq 100 & (1) \\ & & 2x_1 & + & 3x_2 & + & 2x_3 \leq 20 & (2) \\ & & 2x_1 & + & 2x_2 & + & 2x_3 \leq 22 & (3) \\ & & 2x_1 & + & 3x_2 & + & 3x_3 \leq 23 & (4) \\ & & x_1, & & x_2, & & x_3 \geq 0 \end{array}$$

Målfunktionen avser att maximera vinsten. Bivillkor 1 kommer från en uppskattning av efterfrågan, medan de andra bivillkoren står för tre råvaror, nämligen mjöl, socker och smör.

**a)** Lös detta LP-problem med simplexmetoden. Ange optimal primallösning och dualllösning samt målfunktionsvärde. Är optimallösningen unik? Vilka bivillkor blir aktiva, och vad betyder det? (3p)

**b)** Utgå från optimallösningen i uppgift a. Om man kunde öka tillgången av en råvara lite, vilket skulle man tjäna mest på? Vore det bättre att försöka öka efterfrågan (genom att bjuda på gratis smakprov)? Motivera. (1p)

**c)** Utgå från optimallösningen i uppgift a. Bellatrix funderar på att ta med gröna marsipangrisar (med grön karamellfärg). Därför inför hon en ny variabel för detta. Bivillkorskoefficienter blir 3 i första bivillkoret, 1 i andra och 2 i det tredje och 0 i det fjärde bivillkoret. Vad skulle målfunktionskoefficienten behöva vara för att lösningen skulle förbättras genom att tillverka några sådana? (1p)

### Uppgift 8

Dagarna före julmarknaden kommer ett ordentligt snöfall, men sedan blir det plusgrader, så gatorna blir fulla av snöblask. Man vill snabbt ploga bort allt snöblask från vissa gator, så att besökarna inte blir blöta om fötterna.

Grafen i uppgift 2 visar de gator som ska plogas, men gata (2,3) och (7,8) behöver inte plogas. På bågarna står den tid det tar att ploga länken. Finn den kortaste rundtur för en snöplog som rengör alla gator. Vilket optimeringsproblem är detta? Beskriv stegen i metoden noggrant. Ange rundtur och total tid. Vilka gator kommer att passeras mer än en gång? (3p)

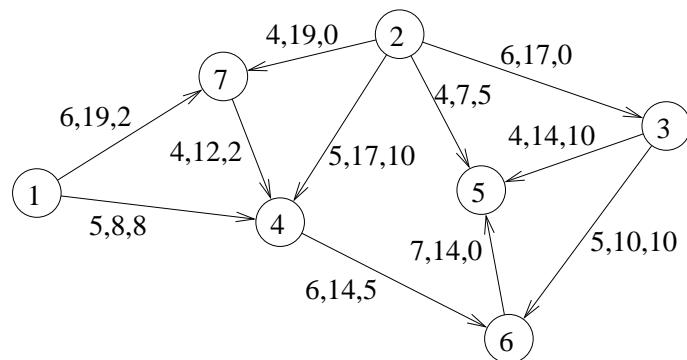
### Uppgift 9

Firma Toppijul ska sälja chokladtoppar på julmarknaden. Det är dock vissa problem med produktionen, eftersom det är ont om vissa råvaror. Man vet inte om det beror på den avklingande pandemin, eller på en väldigt stor båt som fastnat i en smal kanal, eller nåt annat. Men faktum kvarstår, lagren av chokladtoppar är mindre än de hade varit. Det krävs planering.

Toppijul har tre marknader man vill sälja toppar på, och tre lager med toppar. I nedanstående nätverk är nod 1, 2 och 3 lagren med 10, 15 och 20 kartonger av toppar, och nod 4, 5 och 6 är platserna där man ska sälja toppar på marknader. Man tror att man kan sälja 15 kartonger på varje marknad.

Även möjligheterna till transporter är sämre än vanligt. I grafen anger bågarna möjliga transportvägar, märkta med enhetkostnad och övre gräns för antal kartonger.

VD Bertil på Toppijul har gjort en transportplan som han tror är optimal. Praktikant Jesper tror dock att det går att hitta en bättre lösning. Om han lyckas, blir han befordrad. Annars får han sparken.



- a) Utgå från Bertils lösning, som anges i nätverket, och visa om den är optimal eller ej. Motivera noggrant. Hur går det med karriären för Jesper? (2p)
- b) Jesper upptäcker att Bertil har gjort ett slarvfel. Båge (3,6) ska kosta 12, inte 5, som Bertil har räknat med. Utgå från Bertils lösning, och hjälp Jesper att finna en bättre och optimal lösning. Motivera noggrant. Hur går det nu med karriären för Jesper? (2p)

- c) Det finns en viss chans att produktionen i nod 2 kan komma igång ordentligt. Hur mycket skulle man som mest kunna skicka från nod 2 till nod 6? (Starta med flöde noll i alla bågar.) Man är också intresserad av vilka bågar som begränsar maxflödet. Lös problemet med standardmetod. Visa varje steg i metoden tydligt. Ange minsnitt. (3p)