

## IT Termin 5 2021 Vinjetter

### Inledning

Miljöaspekter blir allt viktigare att ta med i beräkningen vid planering av olika aktiviteter. Biltrafiken är en stor miljöbov med stora utsläpp av föroreningar. Teknisk utveckling erbjuder dock allt större möjligheter att minska dessa negativa följder av person- och godstransporter. I detta sammanhang kommer vi att diskutera den *“intelligenta bilen”* och de miljömässiga framsteg den kan erbjuda samt andra närliggande frågeställningar. Mycket av detta ligger i en framtid, men denna framtid ligger i flera fall inte så långt borta.

Vi kommer här inte att diskutera sociala förändringar av människors beteende, såsom att få folk att resa mindre eller köpa mer närodlat för att minska transporterna, eftersom detta är mer en fråga om psykologi och informationsspridning. Istället handlar det om att i princip göra det transportarbete man redan gör idag, men på ett bättre sätt.

Det handlar både om att utnyttja ny teknik i bilen och om att planera sin verksamhet bättre. Vi kommer att i ett antal vinjetter belysa nya möjligheter att bidra till en hållbar utveckling.

När det gäller ny teknik, vill vi särskilt framhålla hybridbilar och framför allt laddhybrider.

#### Utdrag från Wikipedia (editerat):

Hybridbil är en typ av bil som utöver en vanlig förbränningsmotor (vanligen bensin- eller dieseldriven) även har en elmotor och batterier som hjälper till att driva bilen. Man säger elmotor och inte enbart elmotor eftersom samma elmotor kan arbeta som motor om den matas med elektricitet, och som generator ifall den dras runt av till exempel en bil som rullar.

Förbränningsmotorn och elmotorn arbetar tillsammans för att i första hand åstadkomma två förbättringar:

- Att hjälpa förbränningsmotorn att arbeta med hög verkningsgrad.  
Hybridtekniken hjälper förbränningsmotorn så att verkningsgraden blir så hög som möjligt och när bilen står still stängs motorn av för att undvika onödig tomgångskörning. Då blir bränsleförbrukningen och utsläppen lägre.
- Att återvinna rörelseenergi vid inbromsning (Regenerativ bromsning).  
Den energi som finns i bilens rörelse kan till en del återvinnas vid inbromsning genom att låta elmotorn bromsa bilen. Elmotorn fungerar då som generator som ger elektricitet som lagras i batteriet. Elektriciteten används sedan för att accelerera bilen igen.

Växlingen mellan bensin- och elmotorn sker automatiskt, liksom styrning av laddningen. Bränsleförbrukningen reduceras mest i bilköer eller stadstrafik i låg fart. En förbränningsmotor utan hybridteknik har under sådana förhållanden hög förbrukning på grund av dålig verkningsgrad vid låg belastning. Vid stillastående är förbränningsmotorn i en hybridbil avstängd.

Vanligast är att hybridbilar är helt självförsörjande när det gäller batteriladdning - det vill säga att all laddning sköts av förbränningsmotorn via generatoren samt eventuellt tillskott vid inbromsning (genom att elmotorn utnyttjas som generator vid motorbromsning). En sådan bil tankas och körs som en vanlig bil.

En *laddhybridbil* (på engelska plug-in hybrid, PHEV) är en hybridbil som även kan laddas från det fasta elnätet och köras helt på el kortare sträckor. Batteriet är betydligt större än i en vanlig hybridbil. Man kan ladda den hemma i garaget från ett vanligt eluttag, och då tar det ca 8 timmar för en full laddning. Det finns även laddningsstationer, med högre effekt, som kan ladda betydligt snabbare.

# 1 Vinjett 1: Miljöoptimering

För att kunna angripa ett problem med optimeringsteknik, krävs att man kan konstruera en matematisk modell för situationen. Detta innebär att allt måste kunna kvantifieras, dvs. man måste i princip kunna "sätta siffror" på allt. Fördelar och nackdelar måste kunna jämföras. Ofta (men inte alltid) mäter man för- och nackdelar i pengar. Man måste också kunna specificera vad som är tillåtet och vad som inte är tillåtet med hjälp av konkreta bivillkor.

Vilka typer av miljöproblem passar bra att attackera med optimering?

Vilka typer av miljöproblem passar inte så bra för optimering?

(Frågorna gäller både sådant som är relaterat till laddhybrid och sådant som inte alls är det.)

Denna vinjett ska tas upp först och sist i kursen.

## 2 Vinjett 2: Blandning

Vissa produkter, såsom bensin, tillverkas genom att man blandar olika råvaror enligt vissa proportioner. Olika proportioner ger olika egenskaper hos produkten, såsom oktantal, ångtryck etc. Vi kan anta att det inte sker några kemiska reaktioner, så totalvikten av en slutprodukt är helt enkelt summan av ingående råvarors vikt. Dessutom får en slutprodukt egenskaper som bestäms av råvarornas egenskaper samt proportionerna på ett linjärt sätt, som beskrives nedan.

Vi har alltså en lista med egenskaper, och varje råvara har ett visst mått av varje egenskap, och varje slutprodukt ska få ett mått av varje egenskap inom ett givet intervall.

Betrakta speciellt följande exempel. Vi ska tillverka 3 sorters bensin av 3 olika råvaror. Vi tar hänsyn till 2 olika egenskaper. Behovet är 20, 15 och 10 ton av respektive bensinsort och vi har 20, 20 och 25 ton tillgängligt av de tre råvarorna.

Man kan tänka sig olika mål. Dels har man beräknat den totala miljöpåverkan av ett ton av varje råvara och dels har man inköpspris för ett ton av varje råvara.

Egenskaper och kostnader ges av följande tabell.

	Råvara			Bensinsort		
	1	2	3	1	2	3
Egenskap 1	130	100	87	89 - 91	93 - 96	97 - 100
Egenskap 2	60	6	3	8 - 11	7 - 8	6 - 7
Inköpskostnad	1500	2400	3000			
Miljöpåverkan	30	20	10			

Om man exempelvis blandar 70% av råvara 1 med 30% av råvara 2, får slutprodukten ett värde av  $0.7 * 130 + 0.3 * 100$  för egenskap 1.

- Börja med att strunta i egenskap 1 och 2, och formulera problemet att blanda råvarorna så att rätt mängd av bensinsorterna fås, som ett linjärt optimeringsproblem.
- Lägg därefter till bivillkor som ser till att egenskap 1 och 2 hamnar inom angivna intervall.
- Diskutera olika målfunktioner (minimera kostnad eller miljöpåverkan eller en kombination av dessa).
- Skriv upp modellen med nedanstående matematiska notation.

$a_{ik}$ : måttet på egenskap  $k$  hos ett ton av råvara  $i$ ,  $[b_{jk}^1, b_{jk}^2]$ : önskat intervall för värdet på egenskap  $k$  hos ett ton av slutprodukt  $j$ .  $d_j$ : önskad mängd (i ton) av slutprodukt  $j$ ,  $s_i$ : tillgänglig mängd (i ton) av råvara  $i$ . Den totala miljöpåverkan av ett ton av råvara  $i$  benämns  $c_i^M$ , och inköpspris för ett ton av råvara  $i$   $c_i^I$ .

Problemet kan lösas med t.ex. paketet GLPK, och ett flexibelt sätt att göra detta är att skriva modellen i en fil och data i en annan. Då kan man lösa problem med andra numeriska data och storlekar utan att ändra i modellfilen.

### 3 Vinjett 3: Lastbilsleveranser

Man ska med en lastbil leverera varor till ett flertal kunder i olika städer. Man lastar på varorna på morgonen, kör runt till de olika kunderna och lastar av det de har beställt, och kör på kvällen hem med en tom bil.

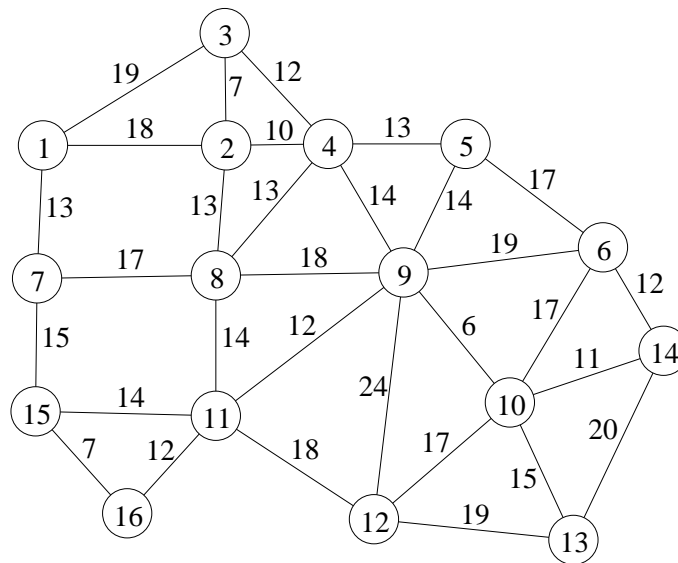
När man lastar bilen på morgonen, behöver man veta i vilken ordning varorna ska lastas in. Det som ska levereras sist ska stå längst in, och det som ska levereras först ska stå längst ut, osv.

Man har uppmärksammat problemet med utsläpp av luftföroreningar från vägtrafiken, och vill minimera avgasutsläppen av koloxid, kolväten, kväveoxider och partiklar.

Därför vill man helt enkelt minimera sträckan som behöver köras. (Att det också troligen ger kortast tid för rundan är ingen nackdel.)

Hur stort kan ett realistiskt problem vara? Hinner man med att finna en optimal tur på morgonen innan man åker iväg?

Betrakta speciellt följande mindre exempel, där startpunkten är nod 1.



Kostnaderna finns även på fil på sidan <http://courses.mai.liu.se/GU/optlab-information/> under namnet “Mellantur”. Detta exempel kan användas för illustration.

Ett större exempel ges på samma sida under namnet “Stor tur”.

Formatet på datafilerna är det som används av koden Vineopt för oriktade grafer, se manual på sidan <http://courses.mai.liu.se/GU/optlab-information/>.

## 4 Vinjett 4: Vägval

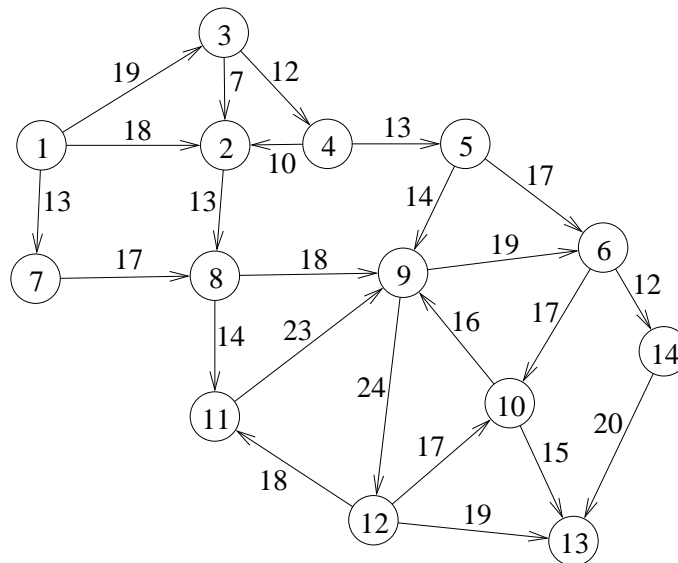
Man ska köra en bil mellan två orter (säg Stockholm och Göteborg), och vill planera vägvalet. (Färden ska ske många gånger, så det är värt besväret att arbeta lite för att finna den bästa vägen.)

Man har tillgängligt en datoriserad karta över alla relevanta vägavsnitt, med avstånd och andra data (t.ex. vägstatus) för varje vägavsnitt. (Med ett vägavsnitt avses en sträcka utan relevanta korsningar, dvs. ett vägavsnitt används antingen helt eller inte alls.)

Utifrån dessa data kan man för varje vägavsnitt beräkna en “kostnad” för att använda vägavsnittet. Kostnaden består främst av avståndet, men innehåller också andra aspekter, t.ex. lutning, vägbredd, mm. Man har viktat de olika faktorerna så att kostnaden i huvudsak ska spegla utsläppen av föroreningar.

Hur stort kan ett realistiskt problem vara? Hur lång tid bör man avsätta för att finna ett optimalt vägval? (Sekunder, minuter, timmar, dagar?)

Betrakta speciellt följande (något förenklade) karta, där man vill åka från nod 1 till nod 13.



Kostnaderna finns även på sidan <http://courses.mai.liu.se/GU/optlab-information/>, under namnet “Mellankarta”. Detta exempel kan användas för illustration.

Ett större exempel ges på samma sida under namnet “Stor karta”. Man vill åka från nod 8 till nod 5.

Formatet på datafilerna är det som används av koden Vineopt för riktade grafer, se manual på sidan <http://courses.mai.liu.se/GU/optlab-information/>.

Antag att man har löst problemet, men ändrar destination (Borås istället för Göteborg). Måste man då lösa om problemet från början? Beakta som exempel färder från nod 1 till nod 13 resp. 14 i grafen.

## 5 Vinjett 5: Laddhybrid

Man ska köra en laddhybrid (se inledningen) mellan två orter. Man har bestämt (se vinjett 4) vilken väg som ska användas. Vi antar att batteriet är fulladdat vid starten, och att det finns en laddningsstation vid målet. Målet är att släppa ut så lite föroreningar som möjligt, dvs. använda så lite bensin som möjligt. Det är alltså möjligt, och önskvärt, att batteriet är helt urladdat när man kommer fram. (Har man laddning kvar i batteriet när man kommer fram, har man använt för mycket bensin.)

Man delar upp hela vägen i små delar, där man kan anse att förhållandena är konstanta i varje del. Förutom uppdelningen i vägavsnitt som diskuteras i vinjett 4, kan vägavsnitt även delas upp p.g.a. backar etc. Tanken är att man ska köra varje vägdel med konstant inställning. De inställningar man har att välja på är följande.

1. Ren eldrift. Batteriets laddning anses då avta linjärt mot körd sträcka, medan bensinnivån inte ändras.
2. Ren bensindrift. Bensinnivån anses då avta linjärt mot körd sträcka. Laddningen kan ökas genom inbromsningar etc. enligt koefficienter som vi har beräknat för varje vägdel.
3. Bibehållen laddningsnivå. Man försöker köra så mycket som möjligt med eldrift, men håller laddningsnivån mellan två (ganska snäva) gränser. Om laddningsnivån underskrider undre gränsen, kör man mer på bensin, så att batteriet laddas upp. Om laddningen överstiger övre gränsen, kör man mer med eldrift, så att laddningen sjunker. För varje vägdel har man beräknat ett värde för hur mycket laddningen och bensinnivån förändras.
4. Långsam sänkning av laddningen. Detta alternativ liknar alternativ 3, i det att man använder både eldrift och bensindrift för att kontrollera laddningen. Skillnaden är att laddningen tillåts sjunka enligt ett förbestämt mönster. (Laddningsnivån ska ligga mellan två parallella avtagande kurvor.) Man använder mindre bensin än i alternativ 3, men laddningen minskar och kan gå ner till noll.

För varje vägdel och varje alternativ har man beräknat/uppskattat de parametrar som anger hur batterinivå/bensinnivå ändras. I princip kan man för varje vägdel fritt välja mellan dessa alternativ. Ett undantag är givetvis att när batteriets laddning är slut, kan man bara använda alternativ 2.

Vi tänker oss att man löser problemet innan man ger sig ut på färden, och överför den optimala lösningen till bilens färdator, som är kopplad till en GPS. Färdatorn håller sedan automatiskt reda på var man är och gör nödvändiga inställningar.

Skissera optimeringsproblemet att minimera utsläppen och diskutera möjliga angreppssätt för att lösa problemet.

Antag att förutsättningarna ändras medan man kör, t.ex. att en oväntad kö sänker hastigheten på en eller flera vägdelar. Vilken möjlighet har lösningen/metoden att hantera sådana ändringar?

## 6 Vinjett 6: Placering av laddningsstationer

Ett intressant optimeringsproblem är att bestämma var man ska placera ut laddningsstationer för laddhybrider. I Oslo har man beslutat att installera 400 laddningsstationer i de kommunala parkeringshusen. I Finland planerar man en "grön motorväg", E18 från Loviisa till Vaalimaa, där laddningsstationer ska placeras ut längs hela vägen. I Sverige och Norge har man liknande planer för E14 mellan Trondheim och Sundsvall. Estland har just beställt 200 snabbaddare från ABB. De ska vara i drift mot slutet av 2012.

Antag att man planerar att placera ut ett större antal laddstationer för laddhybrider, och vill bestämma de bästa placeringarna. Med den teknologi man nu förfogar över, tar det betydligt längre tid att ladda upp ett batteri än att tanka bensin, och det är uteslutet att bilisten ska stå brevid och titta på medan det händer. Därför är det bara aktuellt att placera en laddstation där bilisten kan tänka sig att göra ett lite längre uppehåll i resan, t.ex. vid arbetsplatser, stormarknader, eller där man kan övernatta.

Man har genom olika studier kommit fram till ett stort antal platser där man anser att det finns efterfrågan av laddningsmöjlighet. Man har även uppskattat hur mycket efterfrågan det finns i varje sådan punkt genom att summera ihop uppskattad efterfrågan inom gångavstånd från punkten.

Antalet efterfrågeplatser är mycket större än det antal laddstationer som kan placeras ut. Man ska därför välja ut ett antal möjliga platser för laddstationer. Eftersom det inte kommer att finnas en laddningsstation vid varje efterfrågepunkt, kommer vissa kunder att få köra en bit för att komma till laddningsstationen. Man beräknar avståndet mellan varje efterfrågepunkt och varje möjlig laddningspunkt, som en typ av "kostnad".

Det finns ett fåtal olika typer av laddningsaggregat som kan placeras ut, och de skiljer sig åt när det gäller *kapacitet* och *kostnad*. För varje möjlig plats har man valt ut den bästa typen, så för varje möjlig laddningsplats finns två möjligheter, antingen placerar man en laddningsstation med en viss kapacitet och en viss kostnad där, eller också placerar man ingen station där. (Kapaciteterna är beräknade i samma enheter som efterfrågan.)

En lösning till problemet innehåller, förutom platserna för laddningsstationer, en fördelning av efterfrågan på laddningsstationerna. Den kostnad man räknar med är den mängd efterfrågan som skall tillgodoses från en viss laddningsplats multiplicerad med avståndet mellan laddningsplats och efterfrågepunkt. För att få total kostnad för en lösning adderas även kostnaderna för att anlägga laddningsstationerna. (Vi kan anta att lämpliga diskonteringsfaktorer finns och används.)

Vilken typ av optimeringsproblem får man om man vill minimera de totala kostnaderna och tillgodose all efterfrågan? Vad kan sägas om optimal respektive approximativ lösning?