

Tentamen: Miljö och Matematisk Modellering (MVE346) för TM Åk 3, klockan 08.30-12.30 den 1:a juni, 2021

Tentamen består av åtta frågor uppdelat på tre delar. Svaren lämnas in för respektive del i Canvas. För uppgifter som kräver en numerisk lösning så skriv ned ditt svar och lösningsgång, dvs hur du gick till väga för att lösa uppgiften (använd helst inte programkod, men om ni gör så måste den vara transparent och tydligt kommenterad). Lägg till eventuella grafer eller illustrationer och spara svaren som pdf eller i word-format (eventuella figurer kan sparas som separata bildfiler om de inte går att klistra in i pdf- eller word-filen). Skicka även med eventuella matlab-filer (dessa beaktas bara vid tveksamma fall och ingår i regel inte i rättningen). Namnge svarsfilerna med dina initialer och vilken del det gäller (ex: DJ_Hållbarutveckling). Skriv även ditt namn någonstans i varje fil.

För att kunna få delpoäng vid felaktigt svar krävs att man beskriver lösningsansatsen, delsteg (exempelvis m.h.a. "pseudokod" dvs konceptuell implementeringsbeskrivning) och att man resonerar om de erhållna resultaten, är de rimliga m.m.

Betygsgränser: 12 p för 3:a, 16p för 4:a, 20p för 5:a. Max är 24p. Svartsförslag anslås på CANVAS senast juni 3.

Lärarkontakt under tentamen: Daniel Johansson nås via Zoom alternativt 0721907431

Del 1. Hållbar utveckling

1. Visa att du förstår begreppen dematerialisering och transmaterialisering genom att beskriva exempel för hur materialanvändningen i batterier för elbilar kan förändras för att fungera för ett hållbart transportsystem, samt motivera varför just dessa förändringar skulle kunna leda till ett mer hållbart transportsystem. Det ska finnas exempel med för alla tre olika typer av dematerialisering. (4p)

Transmaterialisering: Byta ut innehåll av material till annat material. Motivet är att ändra till material som leder till mindre negativ påverkan genom att det är: mindre giftigt, mer vanligt i jordskorpan, eller där gruvbrytningen sker på ett mindre problematiskt sätt ur ett miljö- eller socialt perspektiv.

- *Dematerialisering 1: Minska mängden material i batterier för samma tjänst.*
- *Dematerialisering 2: Förläng livslängden på batterier, så att materialet kan användas under en längre tidsperiod.*
- *Dematerialisering 3: Återvinn materialet i batterier.*
- *Motivet med dematerialisering är att spara på material från jordskorpan så att de varar längre, för att öka tillgängligheten på lång sikt.*

2. Visa att du förstår två av de motsatspar som ingår i kursen genom att använda dem för att beskriva olika möjliga åtgärder i för att minska miljöpåverkan från transportsektorn. (2p)

Skiss på svar:

- *Effektivitet: Ökad beläggningsgrad i fordon, t.ex. kollektivtrafik – Tillräcklighet: Inte resa mer än vad man behöver.*

- *Teknisk lösning: Elbilar, biodrivmedel mm - Livsstilsförändring: Göra sig av med bil.*
- *Individuell lösning: Ändra resvanor - Politisk lösning: KM-skatt .*

Motsatspar	
<i>Hög substituerbarhet</i>	<i>Låg substituerbarhet</i>
<i>Antropocentrism</i>	<i>Ekocentrism</i>
<i>Effektivitet</i>	<i>Tillräcklighet (förnöjsamhet)</i>
<i>Teknisk lösning</i>	<i>Livsstilsförändring</i>
<i>Individuella lösningar</i>	<i>Politiska lösningar</i>
<i>Reformism</i>	<i>Radikalism</i>

Del 2. Energisystem

3. Du har ett optimerat förnybart elsystem bestående av två angränsande regioner med 30 % vind, 65 % sol samt 5 % biogas (som inte kan ökas). Varje region är isolerad. (2p)

- a. Vilken är den lämpligaste variationshanteringen för dessa regioner och varför?

Batterier - andelen sol är hög, elproduktionen därför cyklisk och regelbunden på daglig basis, varför man kan utnyttja batteriers kapacitet till hög grad.

- b. Det byggs stora transmissionslinjer mellan de två regionerna, och du optimerar om energimixen. Vad händer med andelen sol och vind och varför?

Vind ökar i mixen eftersom den enklare utjämnas med transmission

4. Du ska uppskatta den ekonomiska potentialen för vindkraft i Sverige. Vilka är de viktigaste parametrarna du tar med i en sådan beräkning. (2p)

Tillgänglig mängd yta, vindförhållanden, kostnad för turbiner, elpriset (överkurs, men hur elpriset påverkas av stor penetration vind, och vilka variationshanteringsmöjligheter det finns)

5. Beskriv två olika sätt att beräkna utsläpp av koldioxid från biobränslen avseende förändrad markanvändning. Vilka är fördelarna och nackdelarna med de olika metoderna. (4p)

1. *Beräkna förändring i kolstocken som skedde när bioenergin etablerades. Fördel, direkt länk. Nackdel, svårt med data, missar effekten av markförändring som skedde tillbaka i tiden*
2. *Beräkna utsläppen från den hypotetiska naturliga vegetationen som finns i området. Fördel, konsekvent metod för all bioenergi. Nackdel, svag kausal länk, hypotetiskt fall.*

Del 3. Klimat och klimatpolitik

6. Beskriv hur ett system för handel med utsläppsrätter fungerar och förklara dess fördelar samt på vilket sätt det bidrar till att lösa vilket marknadsmisslyckande. (2p)

- *Kortfattat svar: Ett system för handel med utsläppsrätter är baserat på ett övergripande utsläppstak. Ett antal utsläppsrätter tilldelas/säljs till varje verksamhet inom utsläppstaket. Om en verksamhet har större utsläpp än sin tilldelning kan den köpa utsläppsrätter på*

marknaden inom systemet och om en verksamhet har mindre utsläpp än tilldelningen kan den sälja sitt överskott av utsläppsrätter. Ett handelsystem för utsläppsrätter har fördel i att det ger verksamheten flexibilitet och främjar utsläppsminskningssåtgärder där de är som billigast. (1p)

- Ett system för handel med utsläppsrätter är ett ekonomiskt styrmedel som bidrar till att lösa marknadsmisslyckandet "extern effekt" till följd av verksamheternas utsläpp av växthusgaser. Priset för utsläppsrätter kompenserar för den externa kostnaden som uppstår på grund av utsläppen av växthusgaser. Det finns även kopplingar till andra marknadsmisslyckanden för exempelvis EU:s handel med utsläppsrätter. Beskrivningar av dessa ger också delpoäng. (1p)

7. Förklara varför Wienkonventionen (skydd av ozonskiktet) beskrivs som en framgångssaga men Klimatkonventionen har haft svårt att nå samma framgång, inklusive de olika aspekter som har påverkat de internationella förhandlingarna om klimatet (nämna minst tre). (2p)

- *Kortfattat svar: Wienkonventionen och Montrealprotokollet satte tydliga mål för respektive land. De ozonnedbrytande ämnena hade ganska specifika användningsområden och det fanns alternativ att tillgå. Därför var det få länder/verksamheter som behövde göra stora upppoffringar när de bytte ut de ozonnedbrytande ämnena. Resultatet är att ozonskiktet har återskapats. (1p)*
- *Klimatkonventionen hanterar ett betydligt mer komplext problem vilket har gjort det svårt att komma överens inom de internationella förhandlingar om hur det ska hanteras. Klimatfrågans komplexitet omfattar flera olika aspekter (tre aspekter ska nämnas av studenten för fullständiga poäng): (1p)*
 - *osäkerheter i hur omfattande problemet är,*
 - *stora risker för miljö och samhälle som är ojämnt fördelade mellan länder och världsdelar samt över tid,*
 - *klimatpåverkande utsläpp finns kopplade till alla samhällets sektorer,*
 - *ökad globalisering gör det svårare att följa vilka utsläpp som olika aktiviteter ger upphov till genom hela kedjan från produktion till användning,*
 - *en snabb och omfattande samhällsomställning behövs för att nå målen för att minska klimatförändringarna, och*
 - *slutsatserna kring kostnaderna för att nå klimatmålen jämfört med att inte göra något har förändrats över tid.*

8. Idag (1a juni) kl 11.00 kommer utfasningsutredningens betänkande överlämnas till ansvarig minister. Mycket pekar på att man i betänkandet föreslår att nyförsäljning av bensin- och dieslbilar kommer fasas ut runt år 2030, och försäljningen istället kommer domineras av elbilar. Ni ska räkna på klimateffekten över tid av att producera och köra en fossil driven bil, en elbil och jämföra dessa. Antaganden om CO₂ utsläpp, årliga körsträckor och livslängd finns i tabellen nedan.

	Fossildriven bil	Elbil
Livslängd	17 år	17 år
Årlig körsträcka	15 000 km/år	15 000 km/år
Utsläpp per km	130 gCO ₂ /km	15 gCO ₂ /km
Utsläpp i produktion av bilen	5 ton CO ₂	10 ton CO ₂

Till er hjälp för att beräkna klimatkonsekvenserna så har vi ett impulssvar som ger hur ett utsläpp av CO₂ klingar av i atmosfären över tid. Du vet även att 1 Gton CO₂ i atmosfären motsvarar 0.128 ppm CO₂ [ppm·Gt⁻¹]. Anta att impulssvaret består av en summation av exponentialfunktioner med olika relaxationstider (τ_i)

	CO ₂	CO ₂
<i>i</i>	<i>A_i</i>	<i>τ_i [år]</i>

0	0.25	NA
1	0.2	5
2	0.3	50
3	0.25	300

Påverkan på CO₂ koncentrationen ($C(t)$) fås m.h.a. av faltning mellan $C(t)$ och $f(t)$.

$$f(t) = A_0 + \sum_i A_i e^{-t/\tau_i}$$

Strålningsdrivningen (radiative forcing) för CO₂ ges av följande formel

$$RF_{CO_2}(t) = C(t) \cdot \alpha$$

där α är 12 (mW/m²)/ppm.

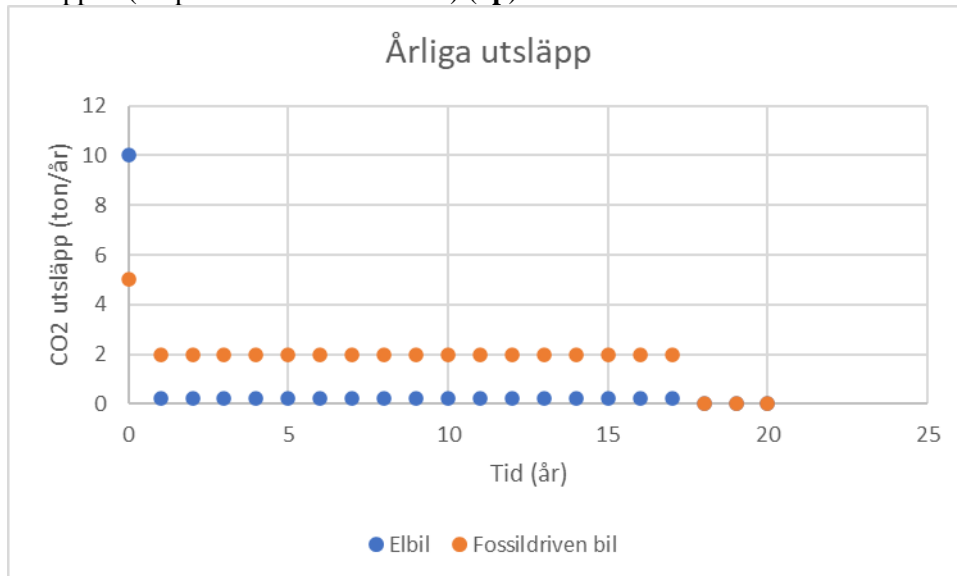
Påverkan på den globala medeltemperaturen kan i sin tur beräknas med följande energibalansmodell

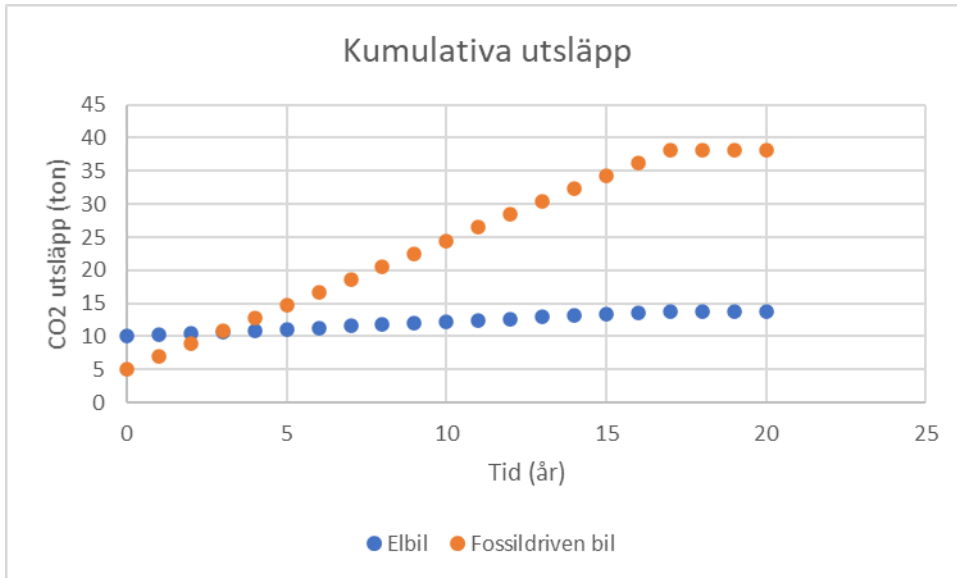
$$C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = RF_{CO_2} - \frac{T_1}{\lambda} - \kappa(T_1 - T_2)$$

$$C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \kappa(T_1 - T_2)$$

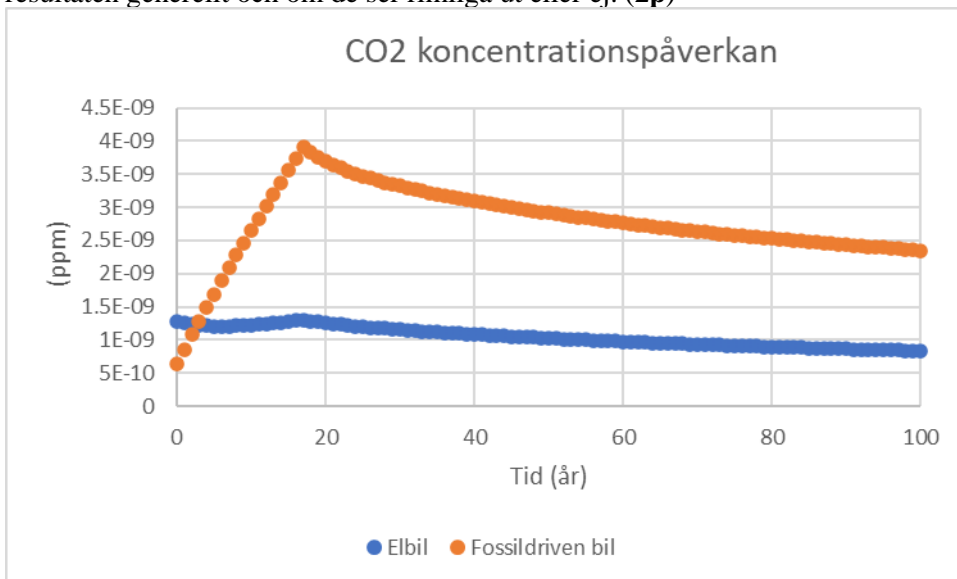
T_1 är förändringen av jordens medeltemperatur vid ytan [K] jämfört med medeltemperaturen utan bilarna, T_2 är förändringen av temperaturer i djuphavet [K] jämfört med den utan bilarna, C_1 och C_2 är värmekapaciteten [W·yr·K⁻¹·m⁻²] för yt-boxen respektive djuphavsboxen. κ värmeledningskoefficient [W·K⁻¹·m⁻²], samt λ är klimatkänslighetsparametern [K·W⁻¹·m²]. Använd följande parametervärden: $C_1=12$ [W·yr·K⁻¹·m⁻²], $C_2=80$ [W·yr·K⁻¹·m⁻²], $\lambda=0.8$ [K·W⁻¹·m²], $\kappa=0.7$ [W·K⁻¹·m⁻²].

a). Beräkna de årliga CO₂ utsläppen (inkl produktion och användning) av den fossildrivna bilen och elbilen under bilarnas hela livslängd. Räkna också ut hur de kumulativa utsläppen från respektive bil växer över tid. Presentera resultaten i en figur för de årliga utsläppen och en figur för de kumulativa utsläppen (tid på x-axeln i båda fallen) (1p)

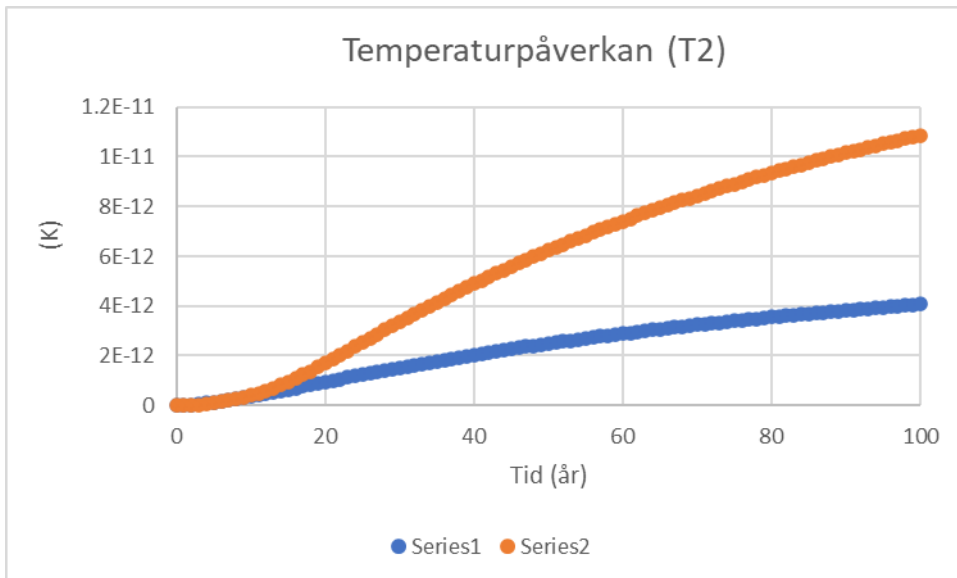
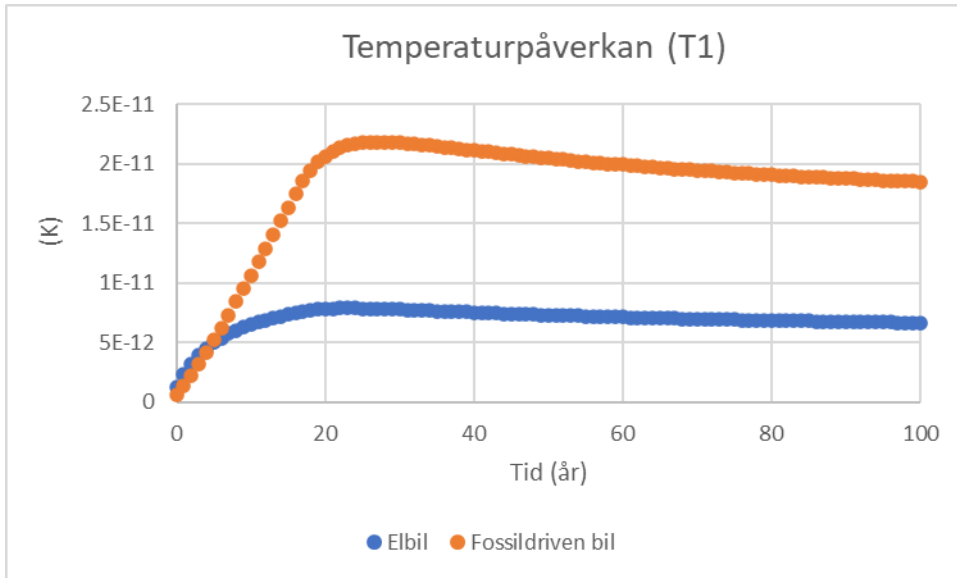




b). Använd faltning för att räkna ut påverkan på CO₂ koncentration av produktion och användning av respektive bil. Räkna ut påverkan på koncentrationen från det år bilen produceras och tas i bruk, så länge den används (17 år) och ytterligare 73 år (då utsläppen är 0) (dvs totalt 100 år). Presentera resultaten i en figur med resultaten för båda bilarna i samma graf (tid på x-axeln). Kommentera resultaten generellt och om de ser rimliga ut eller ej. (2p)



c). Använd energibalansmodellen för att räkna ut påverkan på global medeltemperatur av produktion och användning av respektive bil. Räkna ut påverkan på temperaturen (T_1 och T_2) från det år bilen produceras och tas i bruk, så länge den används (17 år) och ytterligare 73 år (då utsläppen är 0) (dvs totalt 100 år). Presentera resultaten i en figur med resultaten för båda bilarna i samma graf (tid på x-axeln). Välj om ni vill inkludera T_1 och T_2 i samma figur eller separata figurer för T_1 respektive T_2 . Kommentera resultaten generellt och om de ser rimliga ut eller ej. (2p)



d). Vilken bil har störst klimatpåverkan? Vilken variabel (årliga utsläpp, kumulativa utsläpp, påverkan på CO₂ koncentrationen, påverkan på globala medeltemperaturen vid ytan eller i djuphaven) tycker du ger den mest relevanta beskrivning av en produkts klimatpåverkan. Förklara ditt val kortfattat. (1p)

Initialt, dvs de första åren har elbilen störst påverkan på koncentration och temperaturen, men i det stora hela har den fossildriven bilen en betydligt större klimatpåverkan. Angående vilken variabel som är mest relevant anses det väl ofta vara T1 som beskriver ytemperaturen som är det som vi känner av, som våra ekosystem känner av och som avgör många av konsekvenserna av klimatförändringarna. Havsnivåpåverkan bestäms till viss del av T2 så även den är relevant. Vidare så beror T1 i princip linjärt på kumulativa CO₂ utsläpp, så det är en enklare indikator att ta fram än T1. Havsförurning, som inte är en klimateffekt, men ett viktigt problem kopplat till våra CO₂ utsläpp, beror på koncentrationen.

Lycka till!