

Tentamen: Miljö och Matematisk Modellering (MVE346) för TM Åk 3, klockan 08.30-12.30 den 26:e Augusti, 2020

Tentamen består av fyra frågor och svaren lämnas in för respektive uppgift i Canvas. Ni ska alltså göra fyra inlämningar, en för varje uppgift. 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 separata pdf-filer eller word-filer (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 fråga det gäller (ex: DJ Fråga1). 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. För uppgifter som kräver analytiska lösningar kan ni välja att antingen skriva dessa på datorn eller för hand och skanna in dessa.

Betygsgränser: 12 p för 3:a, 16p för 4:a, 20p för 5:a. Max är 24p.

Lärarkontakt under tentamen: Daniel Johansson nås via Zoom

Fråga 1 - Klimatmodellering

De kumulativa antropogena utsläppen av koldioxid har varit cirka 2300 GtCO₂ över period 1750-2020. Utsläppen idag (2020) är cirka 42 GtC O₂/per år. Vi kan approximera de historiska utsläppen med en funktion enligt följande

$$E_{CO_2}(t) = A \cdot e^{(t-1750) \cdot r}$$

där A är utsläppen 1750, r den årliga tillväxten av utsläppen och t tiden mätt i år (där $1750 \leq t \leq 2020$). $A=0.24$ [GtCO₂/år] och $r=0.019$ [1/år] ger en ok approximation till de faktiska historiska utsläppen.

Ni ska beräkna hur stora de kumulativa utsläppen kan vara under resten av det tjugoförsta århundradet givet att vi ska klara av att hålla den globala uppvärmningen under 2°C över den förindustriella nivån de kommande århundradena. Till er hjälp har ni ett antal modeller.

Vi har 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 impulsvaret består av en summation av exponentialfunktioner med olika relaxationstider (τ_i)

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

	CO ₂	CO ₂
i	A_i	τ_i [år]
0	0.22	NA
1	0.30	3
2	0.28	20
3	0.20	250

CO₂ koncentrationen ($C(t)$) fås m.h.a. av faltning och vi vet att den förindustriella koncentrationen (C_0) var 278 ppm.

Radiative forcing RF_{CO_2} [$W \cdot m^{-2}$] ges av följande formel

$$RF_{CO_2} = 5.35 \cdot \ln \left(\frac{C(t)}{C_0} \right)$$

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

$$C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = RF_{CO_2} - \frac{T_1}{\lambda} - \kappa_1(T_1 - T_2)$$

$$C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \kappa_1(T_1 - T_2)$$

T_1 är jordens medeltemperatur vid ytan [K], T_2 är representativ temperatur i djuphavet [K], C_1 och C_2 är värmekapaciteten [$W \cdot yr \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$] för yt-boxen respektive djuphavsboxen. κ_1 är värmeledningskoefficient [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$], samt λ är klimatkänslighetsparametern [$K \cdot W^{-1} \cdot m^2$].

Använd följande parametervärden: $C_1=7$ [$W \cdot yr \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$], $C_2=115$ [$W \cdot yr \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$], $\lambda=0.8$ [$K \cdot W^{-1} \cdot m^2$], $\kappa_1=0.8$ [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$].

Ni kan välja formen för ert scenario för framtida CO₂ utsläpp själva (t.ex. starta i dagens utsläpp och låt de ändras linjärt, exponentiellt m.m.), men de ska förstås starta på den nivån vi har idag.

Implementera modellen, uppskatta de maximala kumulativa utsläppen av CO₂ över perioden 2019-2100 som är förenliga med att begränsa den globala medeltemperaturökningen till max 2°C över den förindustriella nivån. Visa även hur CO₂ koncentrationen och temperaturen över den förindustriella nivån utvecklas under perioden 1750-2100. Beskriv ert tillvägagångssätt med pseudokod, samt hur ni har diskrediterat ekvationer. (6p).

Fråga 2 - Hållbarutveckling

- kursen ingår det en beskrivning av tre begränsningar för en hållbar användning av naturens resurser och tjänster. Visa att du har förstått dessa begränsningar genom att beskriva dem samt genom att ge ett exempel, för respektive begränsning, på hur transportsystemet har en negativ inverkan på dessa begränsningar. (3p)
- Förklara de tre olika strategierna för dematerialisering, samt ge exempel för var och en av dessa tre. Visa med dessa förklaringar och exempel att du förstår vad strategierna innebär. (3p)

Fråga 4 – Population dynamics

The competitive Lotka-Volterra equations describe population dynamics of species that are competing for some common resources. Consider the following system of 2 species:

$$\frac{dx}{dt} = a \cdot x \cdot (1 - x) - b \cdot x \cdot y$$

$$\frac{dy}{dt} = c \cdot y \cdot (1 - y) - d \cdot x \cdot y$$

where the parameters are $a = 0.9$, $b = 0.4$, $c = 0.5$ and $d = 0.4$. The initial populations are $x(0) = 0.5$, $y(0) = 0.2$.

- a) Plot the population dynamics of the two species as a function of time. **(2p)**
- b) Now assume that you start 'fishing' from the population of x by harvesting at the rate of $q \cdot x$ per unit time. Write down the new set of differential equations when you include the fishing term. **(1p)**
- c) Suppose you start with a low q and progressively increase it to get more harvest from the system. Plot the harvest as a function of q . **(2p)**
- d) What do you infer from part c) and what does it imply for real ecosystems? **(1p)**

Fråga 5 – Styrmedel och policy

- a) Beskriv och förklara vad ett styrmedel är och vad som kännetecknar de fyra typerna av styrmedel: ekonomiska styrmedel, administrativa styrmedel, information och forskning. **(2p)**
- b) Beskriv vilka faktorer som påverkar olika länders ståndpunkter i de internationella klimatförhandlingarna och relatera dessa faktorer till utformningen av Klimatkonventionens mål och principer, och Parisavtalets upplägg för att få länderna att agera. **(4p - poäng ges både för resonemangen och för visad förståelse av Klimatkonventionen och Parisavtalet)**