

## Muffins i ovnen – et velsmakende eventyr

Tenk deg dette: Et varmt brett med muffins har nettopp kommet ut av ovnen. De dufter himmelsk og er perfekte, bortsett fra en ting – de er altfor varme til å spises! Vi har denne gangen målt temperaturen manuelt hvert andre minutt, men er det slik at vi bare kunne brukt Newtons avkjølingslov for å finne ut når vi kunne ha spist de deilige muffinsene. Dette skal vi teste ut, både for muffins som avkjøles på benken, i kjøleskapet og på et stekebrett.

Vi laget muffinsene, satt de inn i ovnen, og etter ti minutter tok vi dem rett ut av ovnen, grep termometeret, og startet jakten på det perfekte tallet – konstanten  $\alpha$ – som sier noe om hvor raskt varmen forlater muffinsene.



## Selv forsøket:

Newton avkjølingslov sier at:

$$T' = -\propto (T - T_k)$$

Vi løser for T og får et utrykk som vi kan bruke til å løse for alfa:

$$e^{\alpha t}(T' + \propto T) = e^{\alpha t} \propto T_k$$

$$e^{\alpha t}(T' + \propto T) = e^{\alpha t} \propto T_k$$

$$\int \frac{d}{dt} (e^{\alpha t} T) = \int e^{\alpha t} \propto T_k$$

$$e^{\alpha t} T = e^{\alpha t} T_k + C$$

$$T = T_k + C e^{-\alpha t}$$

---

For å finne alfa må vi bruke de eksperimentelle målingene våre. Vi fyller inn initialbetingelser samt et vilkårlig punkt for hver muffins og setter inn i CAS og løser for alfa. Utførte målinger finnes i Python programmet (nesten side), hvor vi har plottet den teoretiske avkjølingsloven til Newton mot våre egne eksperimentelle målinger.

## Python programmet:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
metode = 3
#muffins på stebrettet
if metode == 1:
    def T(t):
        return (73.9) * np.e ** (-0.11979 * t) +24

    x = np.linspace(0,32,1000)
    y = T(x)
    x_verdier = [0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,28,30,32]
    y_verdier = [97.9, 82.4, 71.3, 61.5, 54.5, 49.8, 44.0, 42.8,
                 38.4, 34.8, 33.3, 31.2, 29.8, 29.2, 27.7, 27.2]
    plt.title('Muffins på stekbrettet')

#muffins i kjøleskap
elif metode == 2:
    def T(t):
        return (73.9) * np.e ** (-0.25712 * t) +24

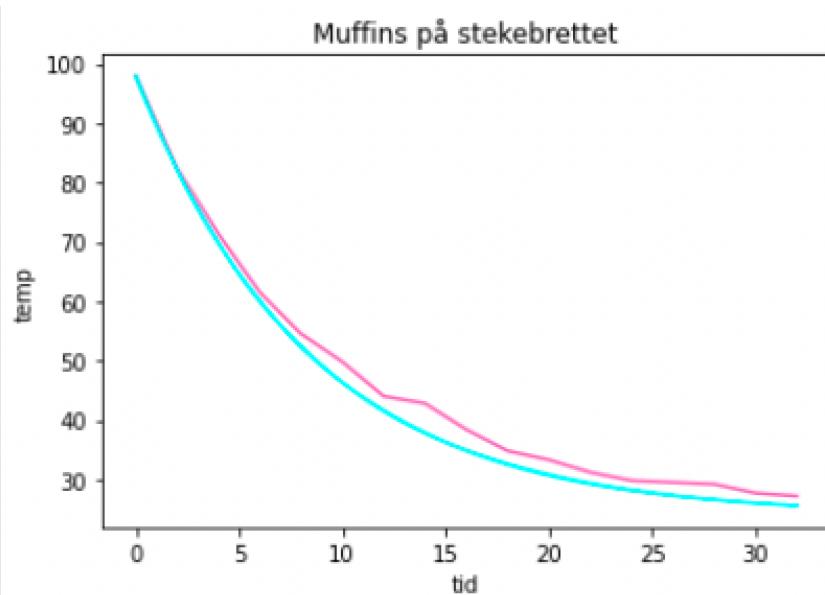
    x = np.linspace(0,32,1000)
    y = T(x)
    x_verdier = [0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,28,30,32]
    y_verdier = [97.9, 63.2, 54.3, 44.4, 40.9, 33.9, 30.5, 29.9,
                 25.6, 22.9, 17.9, 17.2, 16.7, 16.7, 15.4, 14.9]
    plt.title('Muffins i kjøleskap')

#muffins på benken
elif metode == 3:
    def T(t):
        return (73.9) * np.e ** (-0.1478 * t) +24

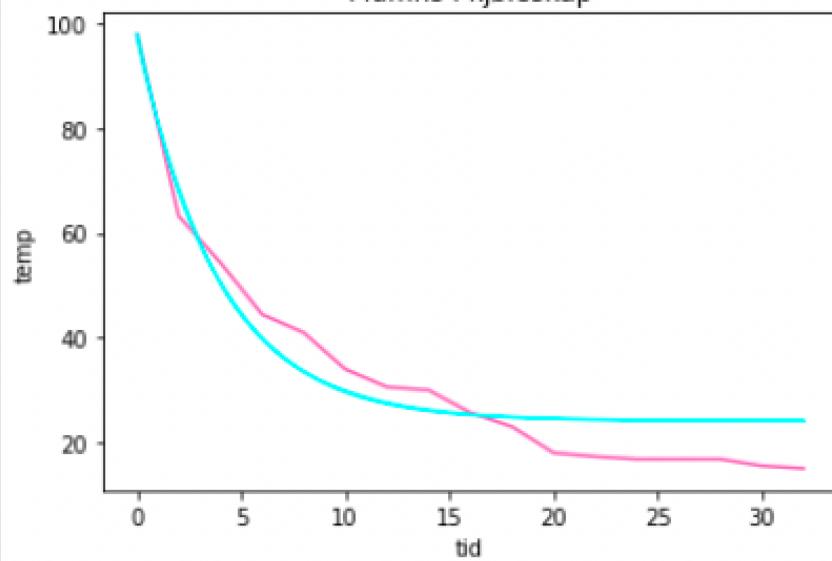
    x = np.linspace(0,32,1000)
    y = T(x)
    x_verdier = [0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,28,30,32]
    y_verdier = [97.9, 70.1, 61.3, 55.7, 45.9, 42.9, 36.3, 33.8,
                 33.2, 29.5, 28.8, 27.8, 26.7, 25.8, 24.9, 24.8]
    plt.title('Muffins på benken')

plt.plot(x_verdier, y_verdier, 'hotpink')
plt.plot(x,y, 'cyan')
plt.xlabel('tid')
plt.ylabel('temp')
plt.show()
```

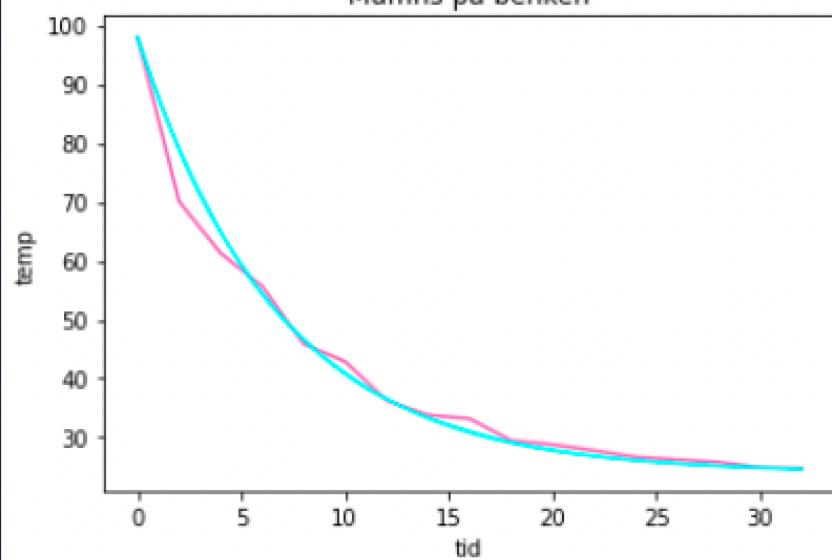
Grafene:



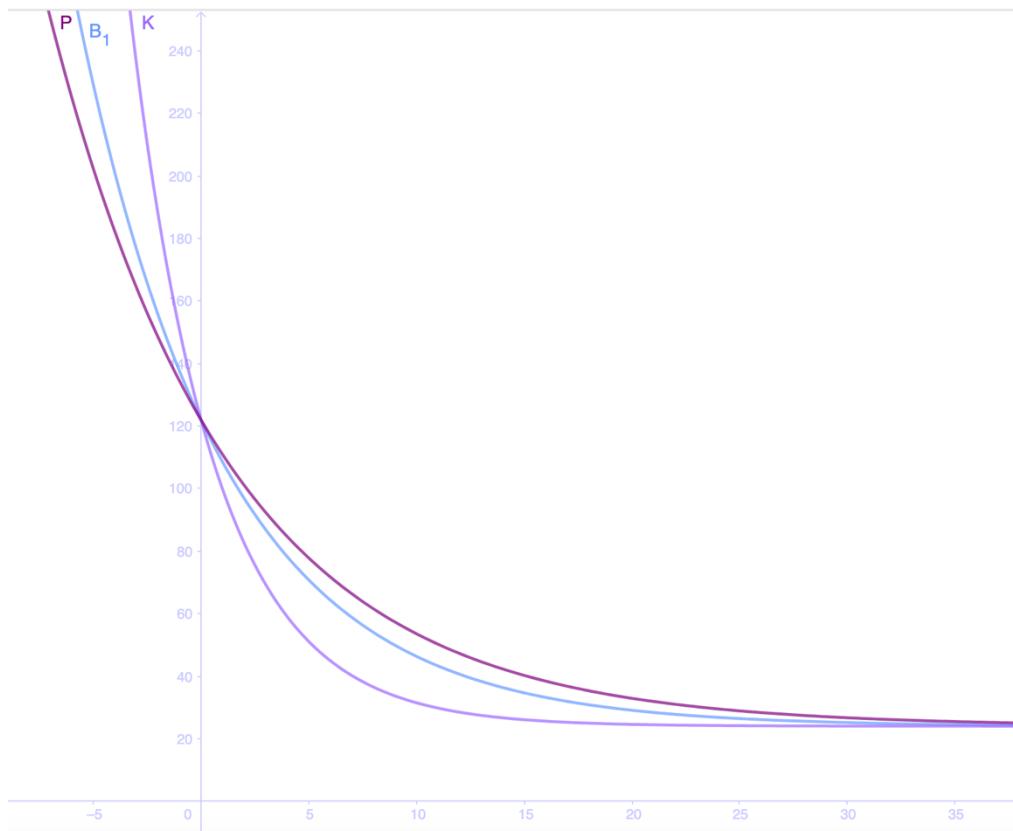
Muffins i kjøleskap



Muffins på benken



Her sammenligner vi grafene til de ulike avkjølingsplassene for muffinsene, som også viser temperaturendringene til muffinsene over tid, men ulike plasser. ( $k$  = kjøleskap,  $b$  = benk,  $p$  = plate/stekeskap)



### Konklusjon og mulige feilkilder:

Ut fra plottene i Python stemmer målingene våre ganske godt med Newtons avkjølingslov. Vi kan dermed bruke denne neste gang vi baker istedenfor å bruke 4 timer på å måle temperaturen til muffinser. Avvik i grafene kan skyldes de mange feilkildene som blant annet kan være dårlig termometer, konstant åpning av kjøleskapet, ujevne målinger, usikkerhet i antall minutter mellom målinger. I tillegg er vi fullt klar over at temperaturen i kjøleskapet er en helt annen enn vanlig romtemperatur, men ifølge Quine-Duhem tesen må vi teste hypoteser i isolasjon. Vi tok derfor med avkjøling av muffins i kjøleskap for å sammenligne. Noe helt nytt og banebrytende vi i tillegg har kommet fram til i dette hjerneeksploderende (🤯) prosjektet er at muffins blir forttere avkjølt i et kjøleskap enn på en benk eller en stekeplate. Enhver professor ved NTNU bør skjonne at om en vil spise muffinsene forttere bør en da avkjøle de i et kjøleskap. Denne rapporten er derfor spesielt utviklet for de som ikke er professorer ved NTNU.

PS. Vedder på at vi hadde det mye kjekkere, og lærte mye mer enn alle andre ☺ Fortsatt god helg!

**Kilder:**

Morten Andreas Nome (aka Polynome)

**Laget av:**

*Andy Wilkins, Celine Burton Gran, Guro Åvendal, Jenny Helene Wetterwald og Matilde Nedregotten*