

# 40-SOK-1006-Mappe2

40

## SOK-1006 V23

### Mappeoppgave 2 - Innføring av bompenger i Tromsø: Effekt på bilisters atferd og velferd

Teller 50% av karakteren i faget.

Innleveringsfrist mandag 5. juni 2023 kl 13.00 i Wiseflow

#### 1. Bakgrunn

En bompengavgift ble innført på Tromsøya 5. januar 2023 som en del av byutviklingsprosjektet [Tenk Tromsø](#). Avgiften er tidsdifferensiert (rush-tid koster mer), og avhenger av type kjøretøy og om man har AutoPass-brikke og avtale. Du skal undersøke hvordan dette har påvirket bilistenes atferd og velferd. Nedenfor nevnes en del punkter som du kan velge å ta med i din analyse.

#### 2. Instruksjoner og oppgaver

Mappeoppgaven besvares individuelt. Det er ikke tillatt å samarbeide med andre om utvikling av tekst og kode. Kode som du henter fra andre kilder må siteres - se [MIT retningslinjer](#) som gir en god pekepinn.

#### ChatGPT/KI

Det er lov å bruke KI tjenester som ChatGPT til å skrive tekst og/eller kode. Dersom du gjør dette **MÅ** du levere et appendiks til besvarelsen som viser hvordan du har brukt dette hjelpemidlet; du kan for eksempel beskrive hvordan du har gått frem, og liste opp de spørsmålene som du har brukt for å komme frem til din besvarelse. Dersom du ikke leverer et slikt appendiks er implikasjonen at du ikke har brukt KI som hjelpemiddel. Du er selv ansvarlig for å sjekke innholdet i besvarelsen fra KI-verktøyet (ikke alt er riktig!), og du må passe på at

besvarelsen din flyter godt (det vil trekke ned dersom sensoren ser tydelige forskjeller mellom egen tekst og tekst som er generert av KI).

Dere skal levere tre ting i Wiseflow:

- en GitHub lenke til en Jupyter notatblokk (eller annen kildefil) som inneholder både Python-kode og tekst
- en PDF fil av Jupyter notatblokken (med evt appendiks om bruk av KI) - en PDF fil med din analyse uten kode (dvs lag en Quarto fil som du kompilerer som PDF). **Denne skal være på maksimum 20 sider inkludert figurer.**

Husk

1. å merke alle filene med ditt kandidatnummer.
2. å prøve å kompilere din notatblokk som PDF underveis (ikke vent til fristen nærmer seg!)

**Problemstilling: Hva observerer vi etter innføringen av bompenger i Tromsø, og hvilke effekter har dette på bilistenes atferd og velferd på kort og lang sikt?**

**Din utredning skal inneholde følgende elementer:**

#### *Kapittel 1 - Innledning*

Gi litt bakgrunn i dette kapitlet.

Du vil muligens komme inn på følgende:

- Hva er en bompengavgift, og hvorfor er den blitt innført? - Hvor ellers i Norge er dette tiltaket i bruk, og hvilke erfaringer er gjort?

Til slutt vil kapitlet forteller leseren om utredningens struktur.

Forslag til en rapport som gir generell beskrivelse (men som avsluttes før bompenger ble innført i Tromsø): [Road Tolls in Norway, 2005-2021](#). Du finner mye informasjon om transport hos [Transportøkonomisk institutt - TØI](#).

#### *Kapittel 2 - Trafikkbildet i Tromsø før og etter innføring av bompenger*

Her gir du leseren et overblikk over “markedet” som du skal analysere. Du vil se i denne utredningen på etterspørsel etter kjørte kilometer fra bilister. Finn data som du bruker til å tegne figurer som viser utviklingen i biltrafikk.

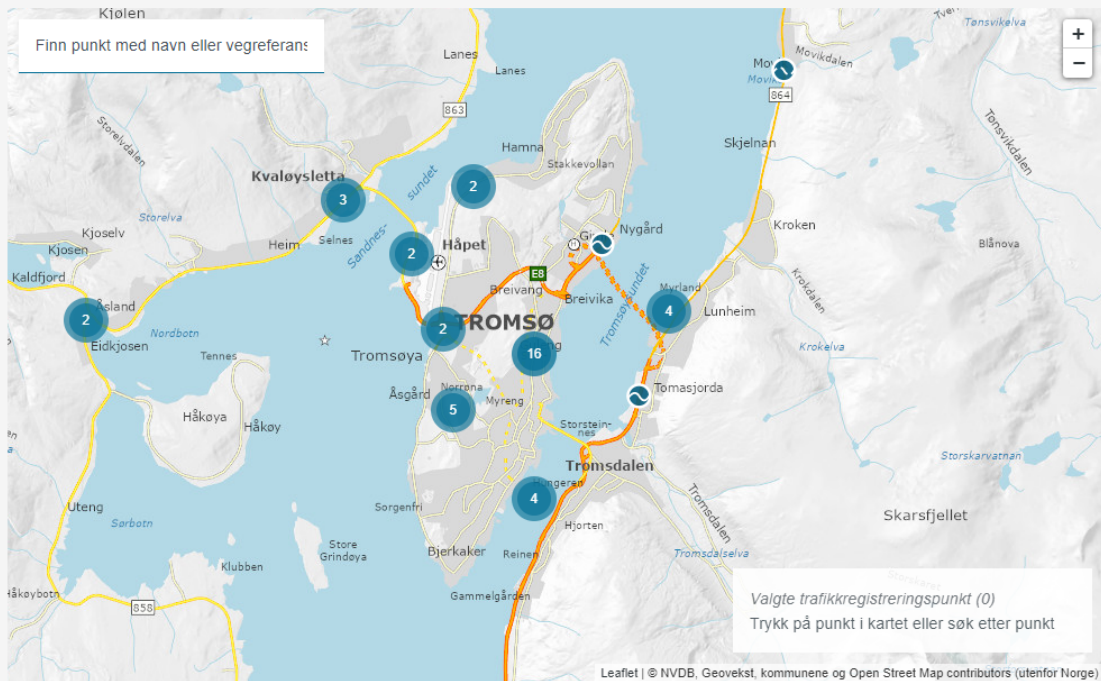
[Datakilde](#) finner du her.

Tallene her viser tellepunkter for trafikk i og rundt Tromsø, og har vært operativ før og etter innføring av bompenger. Data fra passeringer kan brukes til å lage figurer som viser utvikling i kjøremengden og -mønsteret. Ved å zoome inn får du et bilde av hvert observasjonspunkt. Disse kan du klikke på for å legge inn i lista nederst til høyre i bildet (merk at noen av disse punktene måler sykkeltrafikk - kan også være en del av bildet?).

## Eksporter data



Data blir eksportert som en .CSV-fil. Valgte punkter som ikke har data i valgte periode vil ikke bli med i CSV-filen. [Les mer om eksport på denne siden.](#)



Fra

2023-04-19

Til

2023-04-19

Tidsoppløsning

Døgnetrafikk

↓ Last ned døgnetrafikk

Figure 1: image.png

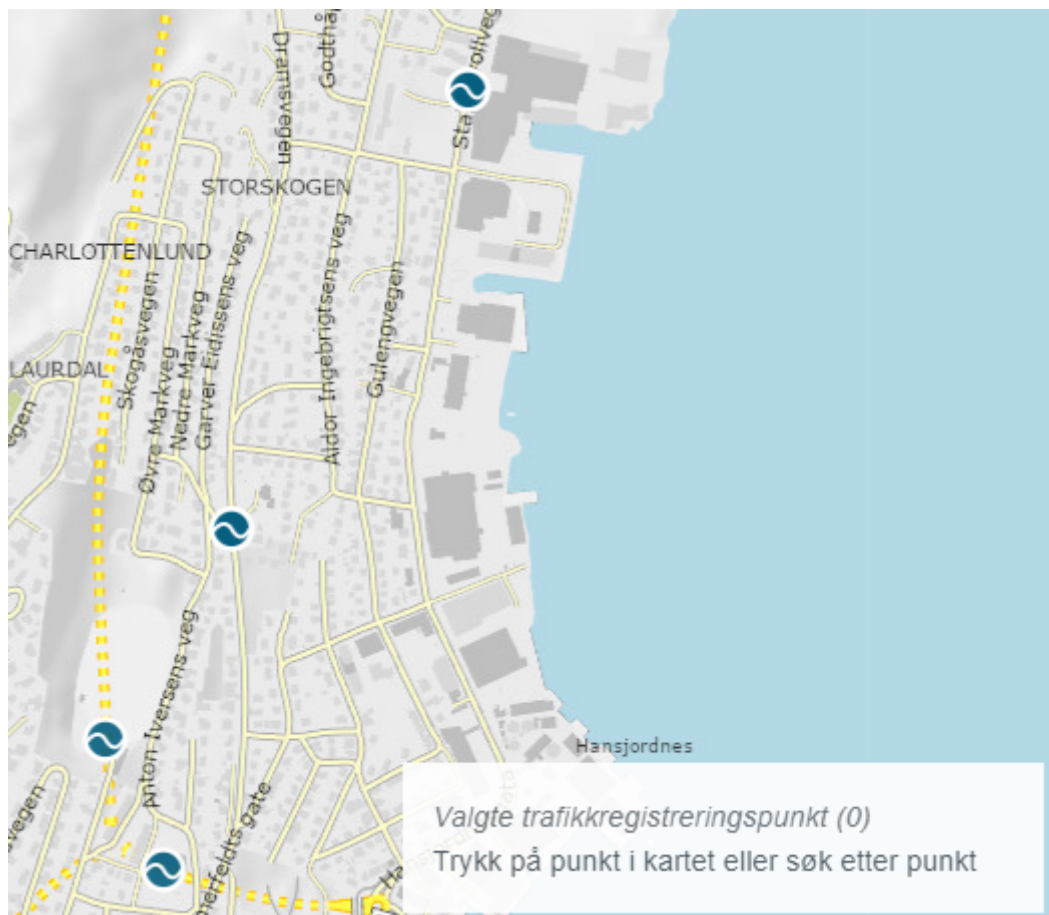


Figure 2: image.png

Du kan velge forskjellige frekvenser på data samt forskjellige tidsrom. Når du har gjort ditt valg kan du laste ned som CSV fil. **NB** Lagre fila som CSV UTF-8 slik at de norske bokstavene kan leses uten problem av pandas. Legg også merke til at delimitter her er “;”.

Slik så min dataframe ut (månedlig data fra januar 2022):

```
df_tot=pd.read_csv("/azhome/dc100@ad.uit.no/sok-1006 v23/Data/total_trafikk_tos_22_23.csv",delimiter=";")
df_tot
```

	Trafikkregistreringspunkt	Navn	Vegreferanse	Fra	Til	År	Måned	Trafikkmengde	Konfidensintervall start	Konfidensintervall slutt	...	Lengdekvalitetsgrad (%)	Felt	< 5,6m	>= 5,6m	5,6m - 7,6m
0	01057V1109432	Hansine Hansens veg	KV12650 S2D1 m20	2022-01-01T00:00+01:00	2022-02-01T00:00+01:00	2022	1	1425	1184	1666	...	99,5	1	1066	352	53
1	01057V1109432	Hansine Hansens veg	KV12650 S2D1 m20	2022-01-01T00:00+01:00	2022-02-01T00:00+01:00	2022	1	1553	1279	1827	...	99,4	2	1191	353	27
2	01057V1109432	Hansine Hansens veg	KV12650 S2D1 m20	2022-01-01T00:00+01:00	2022-02-01T00:00+01:00	2022	1	1553	1279	1827	...	99,4	Totalt i retning UNN			
3	01057V1109432	Hansine Hansens veg	KV12650 S2D1 m20	2022-01-01T00:00+01:00	2022-02-01T00:00+01:00	2022	1	1425	1185	1665	...	99,5	Totalt i retning Planetariet			
4	01057V1109432	Hansine Hansens veg	KV12650 S2D1 m20	2022-01-01T00:00+01:00	2022-02-01T00:00+01:00	2022	1	2978	2464	3492	...	99,4	Totalt	2256	704	80

Figure 3: image.png

Det er mye data her, og du vil sannsynligvis rydde litt. Legg merke til kolonnene “Trafikkmengde” og “Felt” - her ser du at det er 5 observasjoner som dekker samme måler i samme tidsrom. Tallene 1 og 2 viser retning, noe som også “Totalt i retning” gjør. Av de fem observasjonene valgte jeg å beholde den med indeks 4 “Totalt” (men det er opp til deg hvordan du velger å vise utviklingen i trafikken). Basert på 16 målestasjoner på Tromsøya har jeg tegnet følgende bilde (som et eksempel - du forventes å tegne dine egne figurer):

Legg merke til at det er også målepunkter for trafikk på Kvaløysletta og i Tromsdalen, slik at det er også mulig å undersøke om biltrafikk til/fra Tromsøya har endret seg etter innføringen av bompenger.

Det er også mulig (men ikke obligatorisk) å tegne en figur som viser tidstrenden i dataene. Er trenden annerledes etter 5. januar? Her ser du et eksempel hvor dette er gjort for fjerning av bompenger over Askøybrua utenfor Bergen i november 2016:

Dette er tatt fra [Ressursbruk i transportsektoren - noen mulige forbedringer](#) - se kapittel 13.

Her kan du for eksempel laste ned døgndata fra 1. januar 2022 til sist tilgjengelig dato og gjøre en regresjonsanalyse med trafikkmengde som den avhengige variabelen (venstre siden av likningen). Gjør om datoene til observasjoner (dvs 1.1.22 er 1, 2.1.22 er 2 osv) og bruk dette sammen med en konstant (intercept). Så kan du estimere én likning for observasjoner frem til og med 4. januar 2023, og én for observasjoner etterpå. Bruk resultatet til å tegne en figur som likner på den ovenfor (men husk at figuren over gjelder fjerning av bompenger). Alternativt kan du estimere over hele tidsperioden ved å innføre en variabel “bompenger” som tar verdi 1 for alle døgn fra og med 5. januar 2023, og er 0 ellers - dette kalles for en “dummy variabel”.

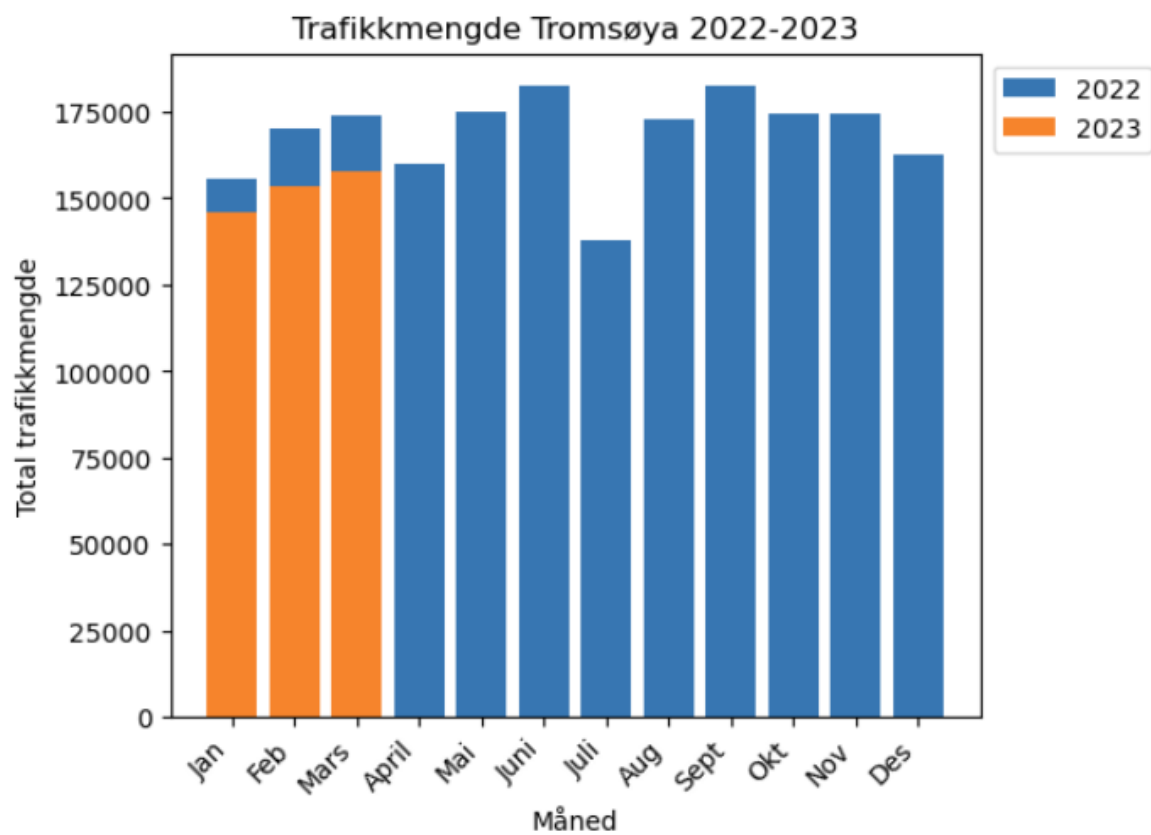
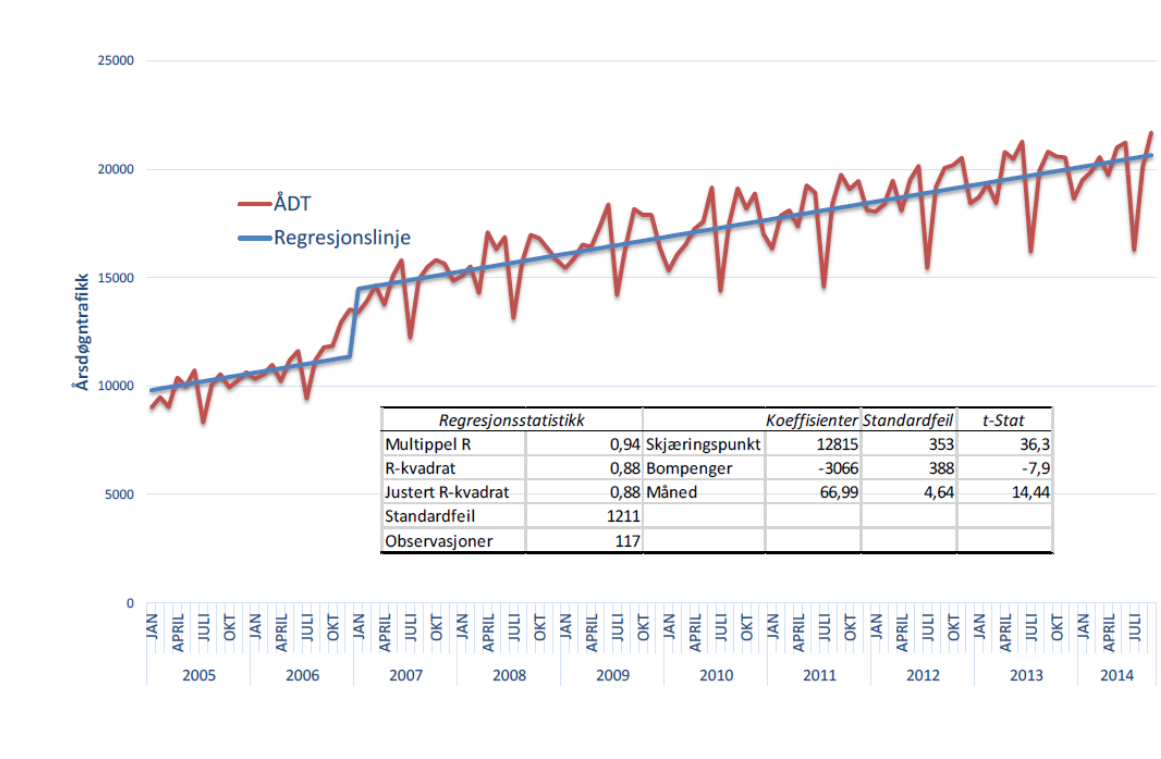


Figure 4: image.png



Figur 13-3: Årsdøgns trafik (ÅDT) Askøybrua, observert trafikk og trendlinje før og etter opphør av bompenger, månedstall. Kilde Statens vegvesen og egne beregninger.

Figure 5: image.png

Da estimerer du “antall passeringer per døgn” = konstant + måned + bompenger. Ved å bruke denne metoden på månedlig data fant jeg frem til denne figuren:

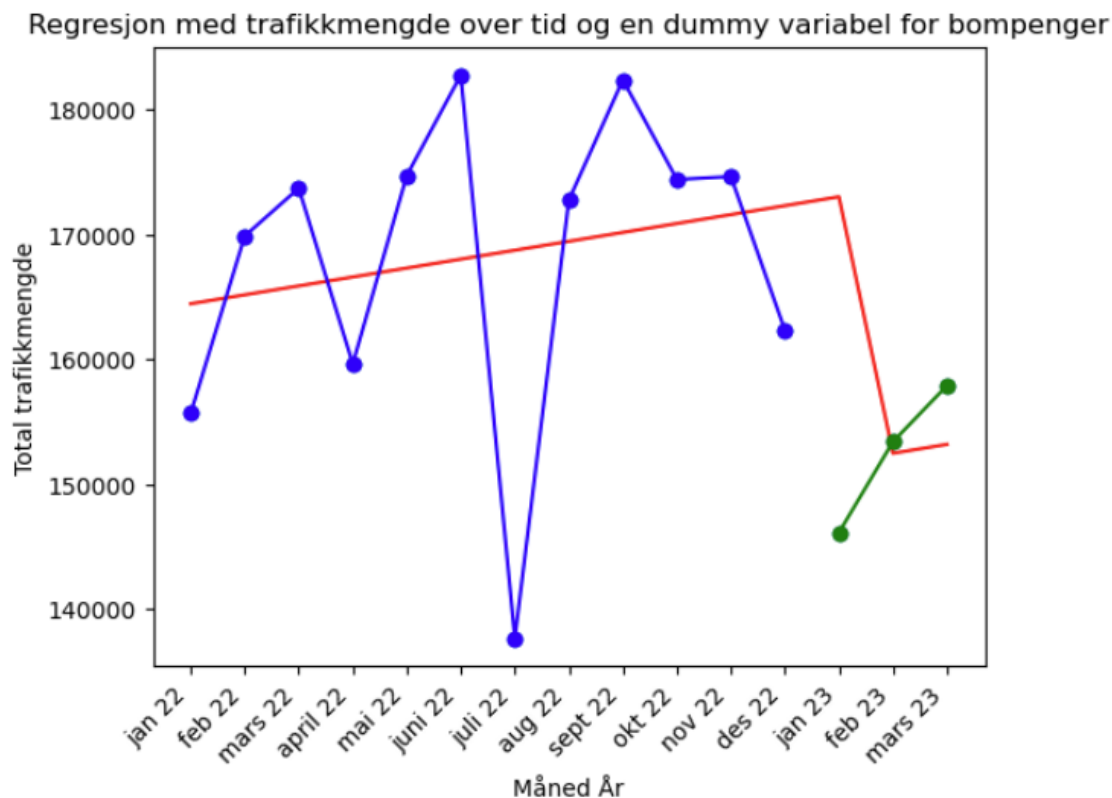


Figure 6: image.png

### Kapittel 3 - Bilisters tilpasning til bompenger

I dette kapitlet gjennomfører du analysen av en bilist som en konsument som kan velge mellom to goder: “antall kilometer kjørt” og “andre goder”. Prisen på andre goder kan du sette til 1 (dvs antall enheter av dette goder er et direkte mål på penger). “Andre goder” tegner økonomer ofte på den vertikale akse. Prisene pr kilometer for bilkjøring for elbiler og biler med forbrenningsmotorer kan du finne på s. 41 i [dette dokumentet fra TØI](#). Takstene for bompenger finner du hos [Bompengeselskap Nord](#) - dette er taksten per passering, så du må prøve å gjøre dette om til en kostnad per kilometer for bilister med ulik bilteknologi (si hvordan du har valgt å gjøre dette).

Du må selv velge hvilken nyttefunksjon du vil bruke til å gjengi konsumentens preferanser (vi har brukt 2 typer: Cobb-Douglas og Stone-Geary). Det er viktig at du begrunner valget av nyttefunksjonen!

Din analyse bør vise konsumentens tilpasning før og etter prisøkningen, og du kan gjerne se på



forskjellige typer bilister (de med elbil kontra de med fossilbil for eksempel). Vis substitusjons- og inntektseffektene, og bruk sistnevnte til å si noe om hvor mye bilistene taper på innføring av bompenger. (Er du virkelig ambisiøs kan du tenke på begrepene “[kompenserende/ekvivalente variasjonen](#)” av en prisendring). Du kan også koble dette til begrepet konsumentoverskudd som for eksempel i kapittel 2.7 i [Ressursbruk i transportsektoren - noen mulige forbedringer](#). Legg merke til hva som brukes på aksene her!

Størrelsen på effekten av en prisøkning henger sammen med etterspørselens priselastisitet (som ofte må måles indirekte for bilkjøring). Estimat på priselastisiteter kan du finne [her](#) (under Figur 1) og her i [Tabell 9](#) for eksempel. Bompenger ble innført for kort tid tilbake. Basert på kort- og langtidselastisitetene hva forventer du om den videre utviklingen i dette markedet?

#### *Kapittel 4 - Konklusjon*

Her oppsummerer du kort dinne funn fra analysen. Hva observerer vi etter innføringen av bompenger og hvilke effekter har dette på bilistenes atferd og velferd på kort og lang sikt?

### **3. Bedømmelse**

Formålet med oppgaven er å gi dere trening i å

- strukturere en selvstendig utredning om et tema
- anvende data og lage figurer ved hjelp av Python-kode
- operasjonalisere mikroøkonomiske begrep og teori i en selvstendig analyse
- trekke konklusjoner basert på analysen.

Opgaven bedømmes ut fra følgende kriterier:

1. evne til å gi kortfattede og presise definisjoner av grunnbegreper i mikroøkonomi
2. evne til å anvende mikroøkonomiske begrep og bruke disse til å analysere et marked
3. evne til å skrive konsist og presist for folk som ikke nødvendigvis er økonomer
4. at utredningen har god struktur, analysen henger sammen og at det går en rød tråd gjennom den
5. at forklaringene til figurene er presise og gode
6. at Python-koden dere bruker til å løse oppgaven er oversiktlig og godt dokumentert

#### 4. Tilbakemelding underveis

Som et **obligatorisk arbeidskrav** må dere presentere prosjektet for Derek. Dere vil få tilbakemelding på innholdet og presentasjonen for å hjelpe med den videre utviklingen av prosjektet. Aktuelle datoer er 11. mai, 15. mai og 22. mai. [Her kan dere registrere tidspunkt](#)

Lykke til!

```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import matplotlib.dates as mdates
import sympy as sp
import pandas as pd
import seaborn as sns
```

#### Kapittel 1

Ettersom at det er blitt etablert en bomring på Tromsøya, så vil jeg gå inn på litt hvordan dette påvirker trafikantene i Tromsø med å finne ut hvor mye dyrere det blir å kjøre bil samtidig som jeg vil se om trafikk mengden endrer seg i tråd med målet til Bypakken Tenk Tromsø.

- Hva er en bompengavgift, og hvorfor er den blitt innført?

Bompenger er en avgift som betales for å få passering gjennom en bom, som ofte er satt opp for å finansiere vedlikehold av eksisterende infrastruktur i området der bomstasjonene er stasjonert. Eller så kan de være satt opp for å starte finansiering av et framtidig prosjekt.

I Tromsø er det satt opp bommer for å finansiere Bypakken “Tenk Tromsø”. Bypakken “Tenk Tromsø” er et prosjekt som skal legge mer til rette for gange, sykkel og kollektivtransporten, slik at Tromsø kan oppnå målet om en nullvekst i personbiltransporten. Altså forsøke å minke trafikkveksten i Tromsø.

- Hvor ellers i Norge er dette tiltaket i bruk, og hvilke erfaringer er gjort?

Bomstasjoner er et utbredt tiltak i Norge, og dem finner du i enhver landsdel. Du finner f.eks. bomstasjoner i Bodø, Trondheim, Ålesund, Bergen, Stavanger og Oslo for å nevne noen. Erfaringen med bomstasjoner er at det er en enkel måte og få dem som bruker trafikken mest til å betale for vedlikehold eller utviklingen av ny infrastruktur. Samtidig som bomstasjonene henter inn penger, kan de også brukes til å regulere trafikk.

Dataen for trafikkmengde i denne analysen er hentet fra tre forskjellige lokasjoner på Tromsøya. Disse tre plassene er, “Giæverbukta Nord”, “Fartstavle Tverrforbindelsen” og fra “Langnestunelen”. Jeg har valg disse ettersom de er sentrale organer i Tromsøyas infrastruktur og mye brukt, noe som kan gi oss et godt stikk prøve på Tromsøyas trafikkmengde.

#### Kapittel 2

```

df1=pd.read_csv("/azhome/mpe208@ad.uit.no/SOK-1006/sok1006-notater/troms2022.csv", delimiter=';', encoding='utf-8')
df2=pd.read_csv("/azhome/mpe208@ad.uit.no/SOK-1006/sok1006-notater/troms2023.csv", delimiter=';', encoding='utf-8')

tromssummert22 = df1.loc[df1['Felt'] == 'Totalt'] #Filtrerer ut trafikkmengde som ikke er totalt
tromssummert23 = df2.loc[df2['Felt'] == 'Totalt']

tromssummert22['Dato'] = pd.to_datetime(tromssummert22['Dato'], format='%d.%m.%Y') #Omformater datoer
tromssummert23['Dato'] = pd.to_datetime(tromssummert23['Dato'], format='%d.%m.%Y')

tromssummert22['Måned'] = tromssummert22['Dato'].dt.month #Legger til en måneds variabel i dataframe
tromssummert23['Måned'] = tromssummert23['Dato'].dt.month

tromssummert22 = tromssummert22.groupby('Måned', as_index=True)['Trafikkmengde'].sum().to_csv('troms2022_måned.csv')
tromssummert23 = tromssummert23.groupby('Måned', as_index=True)['Trafikkmengde'].sum().to_csv('troms2023_måned.csv')

```

/tmp/ipykernel\_66749/1741895895.py:7: SettingWithCopyWarning:  
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame.  
Try using .loc[row\_indexer,col\_indexer] = value instead

See the caveats in the documentation: [https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user\\_guide/10min.html#copying](https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/10min.html#copying)

```

tromssummert22['Dato'] = pd.to_datetime(tromssummert22['Dato'], format='%d.%m.%Y') #Omformater datoer
/tmp/ipykernel_66749/1741895895.py:8: SettingWithCopyWarning:
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame.
Try using .loc[row_indexer,col_indexer] = value instead

```

See the caveats in the documentation: [https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user\\_guide/10min.html#copying](https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/10min.html#copying)

```

tromssummert23['Dato'] = pd.to_datetime(tromssummert23['Dato'], format='%d.%m.%Y')
/tmp/ipykernel_66749/1741895895.py:10: SettingWithCopyWarning:
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame.
Try using .loc[row_indexer,col_indexer] = value instead

```

See the caveats in the documentation: [https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user\\_guide/10min.html#copying](https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/10min.html#copying)

```

tromssummert22['Måned'] = tromssummert22['Dato'].dt.month #Legger til en måneds variabel i dataframe
/tmp/ipykernel_66749/1741895895.py:11: SettingWithCopyWarning:
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame.
Try using .loc[row_indexer,col_indexer] = value instead

```

See the caveats in the documentation: [https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user\\_guide/10min.html#copying](https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/10min.html#copying)

```

tromssummert23['Måned'] = tromssummert23['Dato'].dt.month

```

```
#Plotter figuren med dataen som ligger i dataframen.
```

```
fig1, ax = plt.subplots()
```

```
ax.set_ylabel('Trafikkmengde', loc='top') #Setter navn på Y-akse.
```

```
ax.set_xlabel('Måned', loc='right') #Setter navn på X-akse.
```

```
ax.spines['top'].set_color('none') #Fjerner kanten på toppen.
```

```
ax.spines['right'].set_color('none') #Fjerner kanten på høyresiden.
```

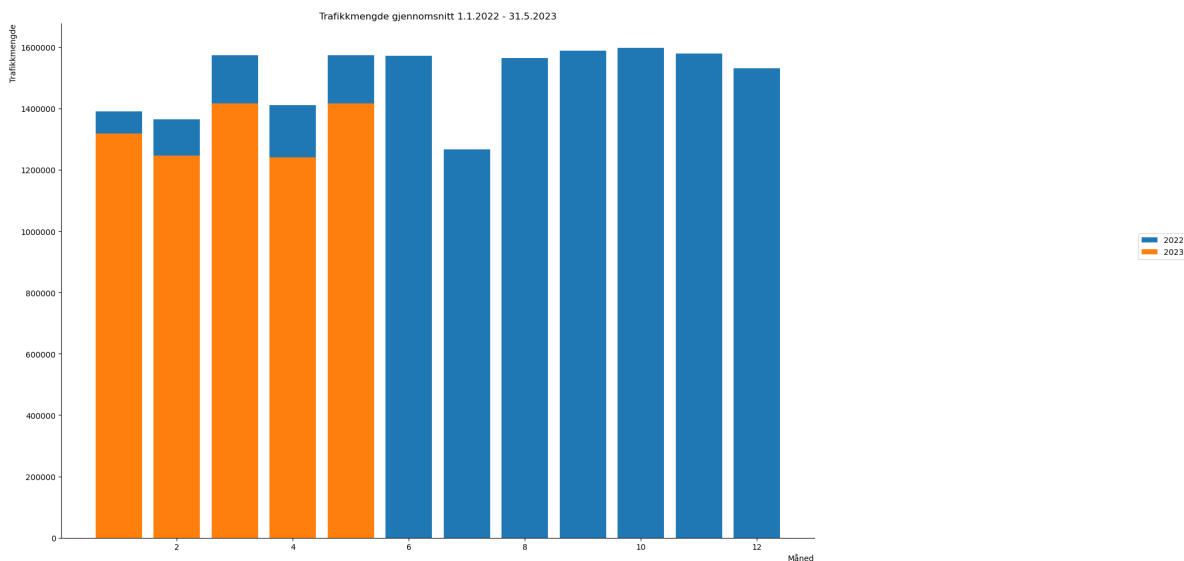
```
ax.bar(tromssummert22['Måned'],tromssummert22['Trafikkmengde'], label='2022') #Plotter de
```

```
ax.bar(tromssummert23['Måned'],tromssummert23['Trafikkmengde'], label='2023') #Plotter de
```

```
ax.set_title('Trafikkmengde gjennomsnitt 1.1.2022 - 31.5.2023') #Lager tittel.
```

```
ax.ticklabel_format(style='plain') #For å forhindre at tall vises i vitenskapelig notasjon
```

```
ax.legend(bbox_to_anchor=(1.5,0.6));
```



I grafen over ser vi at det har vært en nedgang i trafikk fra januar 2022 til mai 2023 på Tromsøya etter at bomstasjonene ble tatt i bruk. Det er også tegn til at det var større nedgang i februar enn i januar. Med ca. 1.5 millioner passeringer i måneden gjennom året, så vet vi at veiene blir påført mye slitasje. Selv etter innføringen av bompenger er det over 1 millioner i måneden. Disse tallene skal vi plotte i flere grafer for å få et bedre innsyn i hvordan bomringen har

påvirket trafikken på Tromsøya.

```
df3 = pd.read_csv("/azhome/mpe208@ad.uit.no/SOK-1006/sok1006-notater/troms2223.csv", delim

df3 = df3.loc[df3['Felt'] == 'Totalt']

df3['Dato'] = pd.to_datetime(df3['Dato'], format='%d.%m.%Y')
df3['Måned'] = df3['Dato'].dt.strftime('%Y-%m')

df3 = df3.groupby('Måned', as_index=True)['Trafikkmengde'].sum().to_frame().reset_index()

fig1, ax = plt.subplots()

fig1.autofmt_xdate(rotation=30)

ax.set_ylabel('Trafikkmengde', loc='top') #Setter navn på Y-akse.
ax.set_xlabel('År og Måned', loc='right') #Setter navn på X-akse.
ax.spines['top'].set_color('none') #Fjerner kanten på toppen.
ax.spines['right'].set_color('none') #Fjerner kanten på høyresiden.

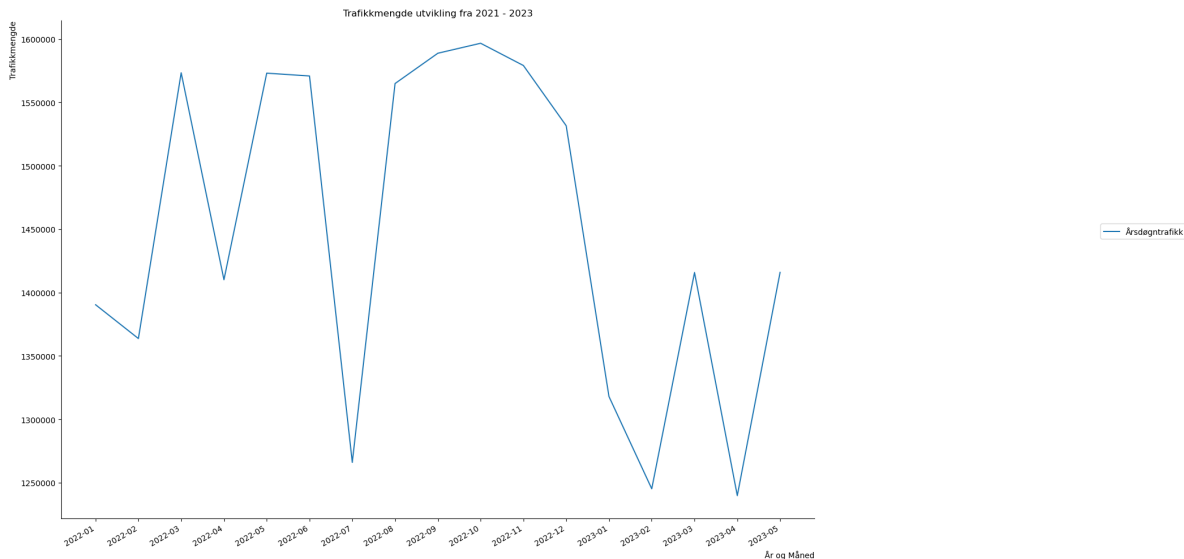
ax.plot(df3['Måned'], df3['Trafikkmengde'], label='Årsdøgntrafikk') #Plotter de totale mån

plt.rcParams["figure.figsize"] = [20, 10]
plt.rcParams["figure.autolayout"] = True

ax.set_title('Trafikkmengde utvikling fra 2021 - 2023') #Lager tittel.

ax.ticklabel_format(style='plain', axis='y') #For å forhindre at tall vises i vitenskapeli

ax.legend(bbox_to_anchor=(1.5,0.6));
```



I denne grafen ser vi at det var et fall i trafikk på Tromsøya i sommeren 22, noe som ikke kan utelates at blir å skje igjen. Men det viktigste her er den store nedgangen i trafikkmengde som starter i slutten av 2022 opp mot 2023. Et fall på nesten 300 000 trafikkanter på et par måneder. Noe man kan spekulere om er grunnet til aktiveringen av bomstasjonene på øya, eller at vinteren satt i gang for fullt. Kanskje en kombinasjon. Trafikkmengden har hentet seg opp en god del, men ikke nok til å være tilbake på tallene de var på i 2022.

```
df3['Måned'] = pd.to_numeric(pd.to_datetime(df3['Måned'])) #Gjør Månedsvariablen i df3 om

fig2, ax1 = plt.subplots()

fig2.autofmt_xdate(rotation=30)

ax1.set_ylabel('Trafikkmengde', loc='top')
ax1.set_xlabel('År', loc='right')
ax1.spines['top'].set_color('none')
ax1.spines['right'].set_color('none')

ax1.plot(df3['Måned'], df3['Trafikkmengde'], label='Årsdøgntrafikk')

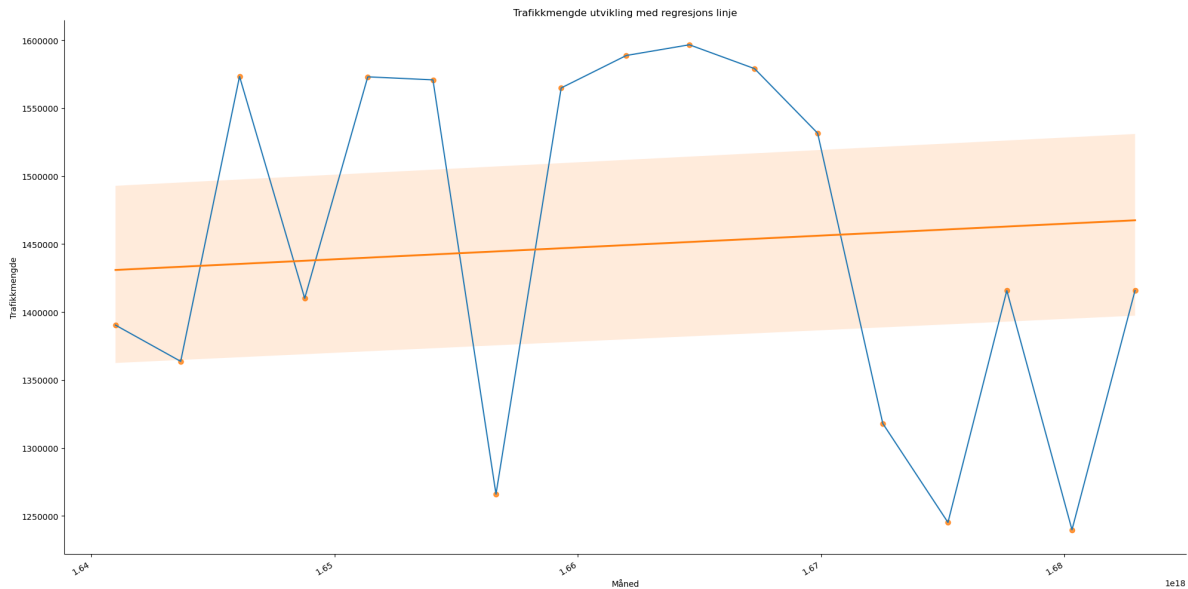
sns.regplot(x='Måned',y='Trafikkmengde',data=df3,fit_reg=True) #Lager regresjons linje.

plt.rcParams["figure.figsize"] = [20, 10]
```

```
plt.rcParams["figure.autolayout"] = True

ax1.set_title('Trafikkmengde utvikling med regresjons linje')
plt.ticklabel_format(style='plain', axis='y') #For å forhindre at tall vises i vitenskapel

ax.legend(bbox_to_anchor=(1.5,0.6));
```



Vi ser her det samme plottet som vi så ovenfor, bare med et regresjonsplot. Her er hvert punkt en måned og starter i januar 2022 fram til mai 2023. Trenden regresjonsplottet viser her er en svak økning i trafikken. Noe som kan spekulere om er en liten innhenting etter vinterens nedgang. Uansett så ser vi at det er en klar nedgang i trafikk mengde på Tromsøya, spesielt rundt januar 2023. Selv om at alle andre tall viser nedgang så viser regresjonsplottet en svak økning. Dette kan være en bieffekt av at de valgte målestasjonene er sentrale for trafikk på øya og vil alltid ha høy trafikk.

Alt i alt så ser vi at det har vært nedgang i trafikk fra slutten av 2022, selvom at regresjons analysen min viste en økning så tror jeg det er en forklaring på det. Sone 1 i bomringen inneholder langnestunellen. Personlig vet jeg at det er mulig å kjøre fra fylkeshuset, til Handels Høgskolen i Tromsø uten å passere gjennom en bom. Kanskje er det en mulighet for at noen benytter seg av tunellens plassering til å snike seg unna bomringer så mye som mulig. Noe som gjør at langnestunellen får en økt mengde med trafikkanter samtidig som den fører direkte til Giæver Bukta og Tverr forbindelsen.

### Kapittel 3

Ifølge SSB er median månedslønn på 47 680kr og gjennomsnittlig kjørelengde på personbiler i måneden på 924.75km i måneden. Hvis vi deler disse på dager i en måned så kan vi lettere produsere en graf som gir oss daglig data i en graf senere. Vi bruker også kilometer prisen for personbiler med forbrenningsmotor (3.03kr pr km). For å komme fram til de tallene vi trenger må vi gjøre litt matte. Nedenfor står det enkelt og greit hva som er gjort.

Når jeg har konvertert månedlig data til daglig, har jeg brukt gjennomsnittets dager i måneden.  $365 / 12 = 30.4$ , men vi bruker 30.

Dagligbudsjett =  $47680 / 30 = 1589.333$

Årlig kjørelengde er 11097km, det vil si at gjennomsnittet for månedlig kjørelengde er 924.75. Det får vi med å dele den årlige kjørelengden på 12.

Daglig kjørelengde =  $924.75 / 30$ . Månedentlig kjørelengde delt på gjennomsnittsdager i en måned Pris pr km personbil = 3.03. Utregning for pris hver km for personbiler uten bomring passeringer blir  $3.03 * \text{kjørelengde}$ .

Med antakelse om at man kjører gjennom bommen 21 ganger i uken, som blir 84 ganger i måneden. Hvis vi deler dette på antall dager i måneden, får vi  $84/30 = 2.8$  ganger om dagen. Så bompassering  $2.8 * 28.80 = 78.4$ . Hvis vi da fjerner 78.4 fra det daglige budsjettet får vi det nye dagsbudsjettet som er justert for mot bomstasjonene.

Budsjett personbil uten bom = dagligbudsjett-pris per km personbil \* daglig kjørelengde = 1495.933

Budsjett personbil med bom = dagligbudsjett-pris per km personbil \* daglig kjørelengde =  $1495.933 - 78.4 = 1417.533$ .

```
# definer symboler
U_0=sp.symbols('U_0', real = True, positive=True)
bta_1, bta_2, gma_1, gma_2 = sp.symbols('\u03B2_1 \u03B2_2 \gamma_1 \gamma_2', real=True,
x_1, x_2, p_1, p_2, m=sp.symbols("x_1 x_2 p_1 p_2 m", real=True, positive=True)

nytte_sg = bta_1*sp.log(x_1-gma_1) + (1-bta_1)*sp.log(x_2-gma_2)

x_1_eq = gma_1 + (bta_1/p_1)*(m-p_1*gma_1-p_2*gma_1)
x_2_eq = gma_2 + (bta_2/p_2)*(m-p_1*gma_1-p_2*gma_2)

def budsjett(M, x_1, p_1, p_2):
    return M/p_2 - (p_1*x_1/p_2)

V = nytte_sg.subs([(x_1, x_1_eq), (x_2, x_2_eq)])
```



```

ind_k = sp.solve(nytte_sg-U_0, x_2)[0]

def ind_k_fn(bta_1,gma_1,gma_2,x_1,U_0):
    return gma_2 + np.exp((bta_1*np.log(x_1-gma_1)-U_0)/(bta_1-1))

#Verdier uten bompenger
x_1_eq_num = float(x_1_eq.subs([(bta_1, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1589.333), (p_1,
x_2_eq_num = float(x_2_eq.subs([(bta_2, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1589.333), (p_1,
nytte_sg_num = float(V.subs([(bta_1, 0.5), (bta_2, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1589.3

#Verdier med bompenger
x_1_eq_ny = float(x_1_eq.subs([(bta_1, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1417.533), (p_1,
x_2_eq_ny = float(x_2_eq.subs([(bta_2, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1417.533), (p_1,
nytte_sg_ny = float(V.subs([(bta_1, 0.5), (bta_2, 0.5), (gma_1, 1), (gma_2, 1), (m, 1417.53

X = np.linspace (1.01,2000,2000)
fig3, ax=plt.subplots()

ax.set(xlim=(0,1000))
ax.set(ylim=(0,2000))
ax.spines['top'].set_color('none')
ax.spines['right'].set_color('none')
ax.set_ylabel('$x_2$', loc='top', rotation=0)

ax.plot(X, budsjett(1589.333, X, 3.03, 1), color='green', label='Opprinnelig budsjett')
ax.plot(X, ind_k_fn(.5,1,1,X,nytte_sg_num), color='lightgreen',label='$U_0$')

ax.plot(X, budsjett(1417.533, X, 3.03, 1), color='red', label='Nytt budsjett')
ax.plot(X, ind_k_fn(.5,1,1,X,nytte_sg_ny), color='pink', label='$U_1$')

ax.vlines(x_1_eq_num, 0, x_2_eq_num, ls='dashed', color='green')
ax.hlines(x_2_eq_num, 0, x_1_eq_num, ls='dashed', color='green')

ax.vlines(x_1_eq_ny, 0, x_2_eq_ny, ls='dashed', color='red')
ax.hlines(x_2_eq_ny, 0, x_1_eq_ny, ls='dashed', color='red')

ax.annotate('$x_1(A)$', (x_1_eq_num-2, -5), annotation_clip=False)
ax.annotate('$x_2(A)$', (-5, x_2_eq_num), annotation_clip=False)
ax.annotate('A', (x_1_eq_num+1,x_2_eq_num+1), color='black')
ax.plot(x_1_eq_num, x_2_eq_num , marker='o', color='black')

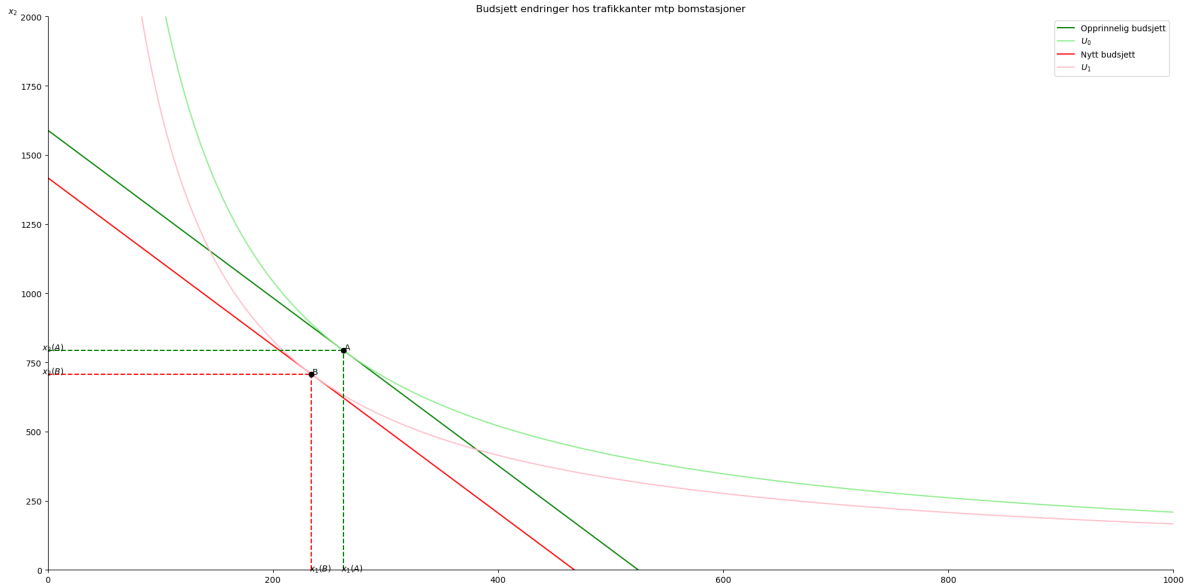
```

```

ax.annotate('$x_1(B)$', (x_1_eq_ny-2, -5), annotation_clip=False)
ax.annotate('$x_2(B)$', (-5, x_2_eq_ny-1), annotation_clip=False)
ax.annotate('B', (x_1_eq_ny+.5,x_2_eq_ny), color='black')
ax.plot(x_1_eq_ny, x_2_eq_ny, marker='o', color='black')

ax.set_title('Budsjett endringer hos trafikkanter mtp bomstasjoner')
ax.legend(loc='best');

```



I grafen over ser vi hvordan trafikkanter i Tromsø området kan tilpasse budsjettet sitt etter at det ble tatt i bruk en bompeng ordning for å finansiere Bypakken Tenk Tromsø. Vi ser at hvis de ofrer litt av budsjettet kan de øke km kjøre lengde, eller hvis de ofrer km med kjøre lengde kan de bevare mer av budsjettet.

I denne grafen er det brukt en Stone-Geary funksjon, fordi det er en mer tilpasningsdyktig funksjon til bruk som lar oss spesifisere flere preferanser enn en COBB-Douglas funksjon. Det at man kan vektlegge preferanser inn i den gjør at plottet ser bedre ut og samtidig at du kan komme fram til et mer realistisk svar i en analyse.

#### Kapittel 4

For å konkludere så ser vi at at det blir mindre trafikkanter på veiene i Tromsø ettersom at det er blitt dyrere å være trafikkkant på Tromsøya. Grunnen til at det er blitt dyrere er at bompengene gjør at prisen å kjøre per km øker. Det vises at flere lar bilen stå, eller unngår å kjøre gjennom bomringene etter deres innføringer for å slippe å bruke eller å spare penger. Dette kan komme av at dem ikke har råd, eller at de føler deres penger kan bedre brukes

bedre andre steder. En mulig tanke som ikke er godt for mye inn på her er at den inntekts desilen som bare akuratt har råd å kjøre bil i Tromsø, har begynt å la bilen stå ettersom at bompengene gjør det for dyrt å kjøre? Kortsiktig så ser vi en umiddelbar nedgang i trafikk som vil fluktuere litt, og vil nok holde seg nede en stund. Samtidig på langsikt vil vi se en mer permanent nedgang som vil bli værende ettersom at det blir investert mer i kollektiv transport.

Kilder:

<https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/lonn-og-arbeidskraftkostnader/artikler/hva-er-vanlig-lonn-i-norge>

<https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/kjorelengder>

<https://tenktromso.no>

<https://bpsnord.no/bypakke-tenk-tromso/>

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=74283>