

Om pianostemmere og samfunnsøkonomisk analyse

Fermi-problemer, sunn fornuft og det glade vanvidd.

Knut Samset

Den amerikanske fysikeren Enrico Fermi (1901-1954) var kjent for flere ting. Han var den første som bygget en kjernefysisk reaktor og demonstrerte atomspalting eksperimentelt. Han fikk Nobelprisen i fysikk, og var sentral i Manhattan-prosjektet, og omtales ofte som atombombens far. Men han var også en kløpper med tall og en mester i å resonnerer seg frem til (omtrentlig) riktig svar ved hjelp av gjetning og sunn fornuft. Teknikken er senere brukt i undervisning i matematikk og fysikk - i grunnskolen så vel som ved universiteter. Da handler det om å løse såkalte Fermi-problemer.



Enrico Fermi (1901-1954)

Fermi-problemer

Den berømte fysikeren bodde flere år i Chicago og det kanskje mest kjente eksemplet på et Fermi-problem er følgende, som brukes for å illustrere teknikken:

Hvor mange pianostemmere bor det i Chicago?

Prinsippet er enkelt, det handler om å finne fram til noen nøkkeltall og multiplisere dem opp. Dersom nøkkeltallene er riktige blir resultatet korrekt. Men i mangel av informasjon tok Fermi en snarvei og brukte istedenfor gjetning og antakelser for å komme frem til et anslag, for eksempel følgende:

- Det bor omtrent 5 millioner mennesker i Chicago
- Gjennomsnittlig er det fire personer i hver husstand
- Grovt regnet kan en anta at 1 av 10 husstader har et piano som stemmes regelmessig
- Pianoer stemmes omtrent én gang i året
- Det tar en pianostemmer omtrent to timer å stemme et piano inklusiv reisetid
- Hver pianostemmer arbeider åtte timer om dagen, fem dager i uken og 50 uker i året

Med disse forutsetningene kan man enkelt beregne hvor mange pianostemninger som gjøres i løpet av et år:

$$(5 \times 10^6 \text{ personer}) / (4 \text{ personer per husstand} \times 10 \text{ husstader per piano}) \times (1 \text{ pianostemming per piano per år}) = 125 \times 10^3 \text{ pianostemninger per år i Chicago.}$$

Antall pianoer som hver pianostemmer stemmer i løpet av året:

$$(50 \text{ uker per år}) \times (5 \text{ dager per uke}) \times (8 \text{ timer per dag}) / (2 \text{ timer til hvert piano}) = 10^3 \text{ pianostemninger per år per pianostemmer.}$$

Svaret blir altså:

$$(125 \times 10^3 \text{ pianostemninger per år}) / (10^3 \text{ pianostemninger per år per pianostemmer}) = 125 \text{ pianostemmere i Chicago.}$$

En sjekk i telefonkatalogen viste at byen hadde 114 pianostemmere som tilbød sine tjenester, og Fermis anslag var derfor rimelig i nærheten av sannheten.

For interesserte kan man finne mengder av Fermi-problemer på internett¹. Det dreier seg om dagligdagse spørsmål som å gjette hvor mange hår et menneske har på hodet til å resonnerer seg fram til løsningen på kompliserte problemer innenfor fysikken. Fermi var kjent for sin evne til å sjonglere med store tall. Tallene ble avrundet til nærmeste multiplum av ti-potenser slik at man kunne behandle dem logaritmisk ved å stort sett bare regne på eksponentene.

Fermi var en kløpper med tall og en mester i å resonnerer seg fram til (omtrentlig) riktig svar basert på en kombinasjon av gjetning og sunn fornuft.

¹ For eksempel har University of Maryland ved å følge denne linken: <http://www.physics.umd.edu/perg/fermi/fermi.htm>



Jens Stoltenberg fikk seg et kakestykke etter pressekonferansen om Nasjonal transportplan. Foto: Sindre Sverdrup Strand. Kilde: Byggeindustrien

Feilmarginer

At denne teknikken er nyttig er opplagt. Man må tenke igjennom de prinsipielle sidene ved et problem, og deretter raskt komme frem til et realistisk estimat som en første tilnærming. En forsker kan på den måten peile seg inn på det mest fornuftige sporet før vedkommende går dypere inn i problemet. En pianostemmer på flyttefot kan raskt regne ut at han trenger en befolkning på minst ti tusen for å ha et brukbart marked, og bør sjekke befolkningstallet og hvor mange pianostemmere det allerede finnes på stedet før han bestemmer seg for å flytte. Og skoleeleven kan øve på å tenke logisk og utvikle sine regneferdigheter.

En skulle tro at når man multipliserer opp en rekke med tall som alle inneholder feil blir resultatet at feilen forstørres opp i aggregatet. Men det besnærende med Fermi-teknikken er at feilene i estimatene tvert om har en tilbøyelighet til å utjevnes. Forklaringen er ganske enkelt den at noen estimerer vil ligge over og noen under det korrekte tallet. Dersom det ikke er systematiske skjevheter i estimatene, og resultatet beror på multiplikasjon av flere individuelle faktorer, så vil svaret sannsynligvis bli mer presist enn det man hadde forventet. Som i eksemplet ovenfor.

Hvorfor tar vi så opp denne problematikken her?

Fordi estimering og skjønnsmessig vurdering er en viktig del både av dagliglivets utfordringer og i analyser og utredning i den tidligste fasen av store prosjekter. Forskningsprogrammet Concept ved NTNU utga i 2006 en rapport med tittelen *"Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag. Tilnærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase"* (Sunnevaag m.fl.). Tre år senere fulgte en internasjonal antologi med tittelen *"Making Essential Choices with Scant Information. Front-end Decision Making in Major Projects"* (Williams og Samsset ed., 2009). Publikasjonene konstaterer at en i tidligfasen vil mangle sentral informasjon, og i stor grad måtte bygge på antakelser og estimerer. Men påstanden er at dette ikke nødvendigvis er et problem. For det viktigste i tidligfasen er å få et grep om helheten, og avklare de overordnede spørsmålene som er viktige for om prosjektet skal lykkes. Skjønnbasert informasjon og god estimeringsteknikk kan da ha mer for seg enn store mengder detaljkunnskap om de enkelte delene. Fordi vi vet av erfaring at store mengder

detalj kunnskap kan gjøre at vi mister det overordnede perspektivet. Fermi-teknikken kommer inn her som en av mange tilnærminger til systematisk estimering på svakt informasjonsgrunnlag.

Samfunnsøkonomisk analyse

En samfunnsøkonomisk analyse er i prinsippet et Fermi-problem. Den summerer en rekke faktorer som fastsettes skjønnsmessig der mengder, priser og andre faktorer multipliseres opp til aggregerte størrelser. Alle tall skal være basert på forventningsverdier. Det som i utgangspunktet til en viss grad var systematisk gjetning får altså økt troverdighet ved hjelp av Fermi-effekten. Fordi usikkerhet slår ut i begge retninger, utjevnes feilen i det aggregerte estimatet. Med mindre det altså foreligger systematiske skjevurderinger. Troverdigheten av en samfunnsøkonomisk analyse hviler altså sterkt på analytikernes dyktighet og uavhengighet.

Noe som i utgangspunktet i er systematisk gjetning får altså økt troverdighet ved hjelp av Fermi-effekten, ved at usikkerhet som slår ut i begge retninger utjevnes i det aggregerte estimatet.

Fristelsen er nå stor til å sjekke ut om Fermi-effekten virker ved å se på et konkret eksempel. Anta at Fermi-problemet denne gangen er følgende:

Hva er den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved å bygge en skipstunnel gjennom Stadlandet?

Dette eksemplet egner seg spesielt godt til en slik test fordi det hele 11 ganger er foretatt samfunnsøkonomisk lønnsomhetsberegning av prosjektforslaget i løpet av de siste 12 årene. En rekke institusjoner har vært involvert, det gjelder Asplan, Møreforskning, Transportøkonomisk institutt, Kystverket, Terramar, HolteProsjekt/Pöyry, Det Norske Veritas og Sintef.

Det interessante i denne sammenhengen er at hver enkelt analyse i prinsippet er kommet til samme resultat: nemlig at prosjektet ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Samlet sett gir de dermed en klar indikasjon på at Fermi-effekten virker. For ingen av analysene er identiske, nytteelementene er til dels forskjellige og med forskjellige verdier, forutsetninger og antakelser, det varierer noe hvilke effekter som prissettes og hvilke som ikke prissettes, og det er forskjellige fagfolk i hvert enkelt tilfelle. Allikevel blir konklusjonen den samme. Nytte/kostnadsforholdet varierer riktignok, men alle konkluderer med at prosjektet ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Disse analysene ble gjort på bestilling fra Staten, bortsett fra en som ble bestilt av de berørte fylkeskommunene. Men så i 2011 kom det en ny analyse som slo ut i helt motsatt retning. Og det i helt ekstrem grad. Mens Kystverket i desember 2010 fant at netto nytte ville være i størrelsesorden minus 1,6 milliarder – kom den nye analysen til en netto nytte på om lag *pluss* 1,6 milliarder!

Spørsmålet som da må stilles er: Kan Kystverket, og de ti tidligere analysene, ha tatt fullstendig feil, eller har vi i den nye analysen et tilfelle av systematisk skjevurdering av estimatene?

Den nye analysen ble gjennomført på oppdrag fra en lokal interesseorganisasjon hvis formål det er å fremme byggingen av tunnelen, og utført av en lokal bedriftsrådgiver i Ålesund. Allerede på side 5 i rapporten finner man det første tegnet på at noe er galt. Det er en multiplikasjonsfeil med et ekstra 2-tall som har sneket seg inn og dobler den årlige ut- og innpendlingen av personer til 52,800 arbeidsreiser i stedet for 26,400. Dette og andre forhold gjør at trafikantnyttens og transportbrukerens nesten firedobles i forhold til Kystverkets vurdering. To tredjedeler av

Økningen i antatt nytte på over 3 milliarder kroner skyldes at en denne gangen har prissatt gevinster som ikke er prissatt i KVU-en. Blant annet er det lagt til grunn såkalte verdikjedeeffekter for eksisterende næringer på hele 1,5 milliarder kroner, i form av enorme drivstoffbesparelser, økte leveringsmuligheter for fiskeflåten etc. Alle disse elementene er basert på skjønsmessige forutsetninger som multipliseres opp. En har også oppjustert trafikantnytte og andre prissatte gevinster med nær 1 milliarder kroner, mens kostnadene er justert marginalt ned.

Bestiller	Private	Fylke	Stat	Stat	Fylke/ Stat	Stat	Stat	Stat	Private	Stat
År	1990	1991	1993	1994	2001	2003	2007	2010	2011/2012	2012
Analyse	Kostnads- estimat	Lønnsomhet	Lønnsomhet	Lønnsomhet	For-prosjekt	Lønnsomhet	Lønnsomhet	Lønnsomhet	Lønnsomhet	Lønnsomhet
Nettonåverdi	N/A	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Positiv	Negativ

Fermi-effekten opphevet?

Resultatet er svært overraskende og nesten for godt til å være sant. Noe trolig både bestilleren, dvs. Maritimt Forum Nordvest, og utføreren, dvs. Sintef bedriftsutvikling AS i Ålesund kan ha innsett. Året etter kom det nemlig en noe mer edruelig variant der en sammenlignet tallene med det statens innleide kvalitetssikrer hadde kommet frem til i sin rapport mars 2012. Der var nettonytten beregnet til om lag minus 0,9 milliarder, mens den lokale bedriftsrådgiverens nye anslag datert 10. mai 2012 var på om lag pluss 0,9 milliarder. Resultatet var altså i prinsippet akkurat det samme som første gang, dvs. fremdeles i motstrid med konklusjonen til et stort antall kolleger i andre institusjoner som tidligere har gjennomført selvstendige analyser av samme fenomen.

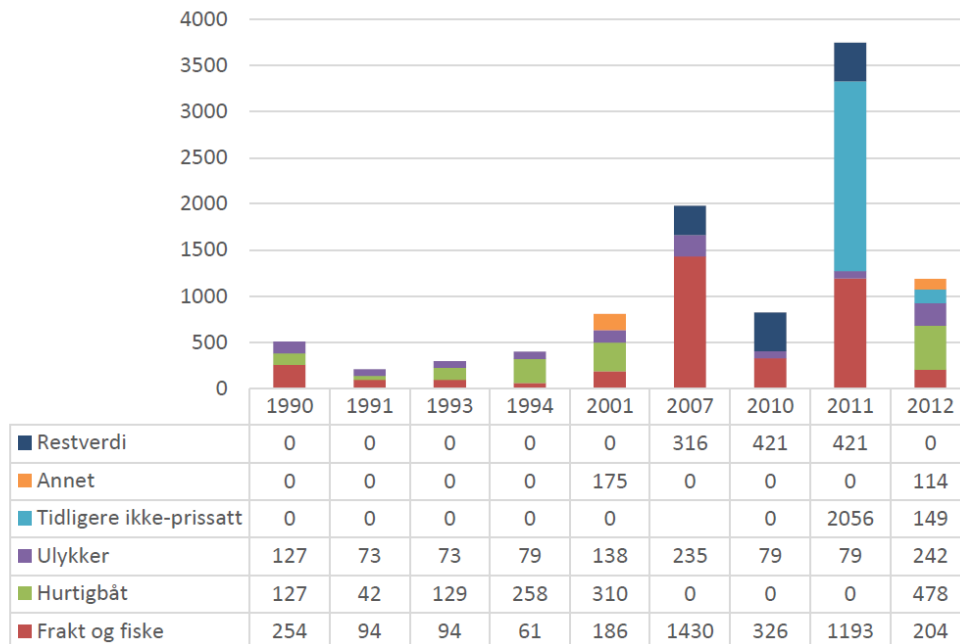
Det store spørsmålet blir denne gangen: har utrederne i Ålesund med dette bevist at Fermi-effekten ikke lenger er gyldig? Eller står vi overfor et tilfelle av systematisk skjev vurdering?

Et annet viktig spørsmål er om de nye beregningene kan ha fått konsekvenser. Forslaget om statlig finansiering av en skipstunnel har vært fremmet gang på gang uten å vinne gjennom hos statlige myndigheter. Men så, på regjeringens pressekonferanse 12. april 2012 år da Nasjonal Transportplan ble presentert, slapp statsministeren nyheten om å bevilge en milliard kroner til prosjektet. Dette kom som en stor overraskelse for mange.

Det neste spørsmålet blir da: Kan denne beslutningen ha vært påvirket av de gode nyhetene i Ålesund-rapporten?

I så fall vil det være betimelig å få avklart om rapporten er troverdig og bygger på sunn fornuft - eller bare er et resultat av det glade vanvidd – som er et annet uttrykk for systematisk skjev vurdering.

Komponentene som inngår i estimert nytte (Millioner kroner)



Uansett, denne saken er unik. Ikke på grunn av de optimistiske nyhetene fra Ålesund, men på grunn av det store antallet samfunnsøkonomiske analyser som har vært gjennomført på ett og samme prosjekttiltak. Concept-programmet og vi som forskere tok derfor tak i denne anledningen til å lære mer om hvordan samfunnsøkonomiske analyser utføres i praksis. Vi gjorde en gjennomgang av alle analysene for å sammenlikne hvordan de er bygget opp og hvilke forutsetninger de baseres på. Og selvsagt hva de kom frem til. (Kvalheim, 2012)

Noen vil påstå at det er sunn fornuft, men historien forteller oss at det er det glade vanvidd.

Det var meget interessant. Resultatet er gjengitt i tabellen ovenfor. Vi ser at de fleste analysene vurderer nytten nøkternt, og at en eventuell forlengelse av hurtigbåtforbindelsen Bergen - Måløy videre til Ålesund utgjør en betydelig del. Men i 2007 skjer det noe.

Kystverket ser helt bort fra hurtigbåten men legger voldsom vekt på nytten i form av frakt og fiske. Noe kvalitetssikrere slår ned på i 2011, samtidig som de priser restverdien av fjellhullet desto høyere. Altså et fullstendig brudd på logikken. Så kommer det lokale Sintefkontoret på banen og blåser opp tidligere ikke-prissatt nytte til gigantiske størrelser, men ser fullstendig bort fra hurtigbåten. Allikevel firedobles nytten i forhold til kvalitetssikrernes analyse. Det er dette glade budskapet pressefolk og politikere fikk seg presentert på PR-konferansen om bord på Hurtigruten 13. – 14. november 2014 mens båten var på vei fra Bergen til Ålesund. Noen vil påstå det er sunn fornuft, men historien forteller oss at det er det glade vanvidd.

Kilder

Kvalheim, E. V., 2012, *Kan man stole på samfunnsøkonomiske analyser? En gjennomgang av elleve analyser av prosjektet Stad skipstunnel*, arbeidsrapport mars 2012, forskningsprogrammet Concept, NTNU

Sunnevåg, Kjell J. (red,), 2006, *Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag. Tilnærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase*, Concept rapport nr. 17, NTNU, Trondheim

Williams T, Samset K (red), 2009, *Making Essential Choices with Scant Information. Front-end Decision Making in Major Projects*, Palgrave MacMillan, London