

Monte Carlo simulering av samfunnsøkonomiske analyser

Usikkerhetsanalyse av veiprosjekter

Statens vegvesen

20. november 2025

Bakgrunn og problemstilling

Metodikk og parametere

Systemarkitektur og implementering

Resultater og tolkningsveiledning

Oppsummering

Bakgrunn og problemstilling

Utfordringen ved tradisjonell NKA

Tradisjonell metode:

- Punktestimater (deterministisk)
- Gir ett enkelt tall for NNV
- Lite informasjon om risiko
- Vanskelig å vurdere robusthet

Konsekvenser:

- Kan overvurdere presisjon
- Skjuler usikkerhet i input
- Begrenset beslutningsgrunnlag
- Mangler risikovurdering

Spørsmål fra beslutningstakere

Hva er sannsynligheten for at prosjektet er lønnsomt? Hvor stort er usikkerhetsintervallet?

Monte Carlo-simulering

Prinsipp:

1. Definer usikkerhet som *sannsynlighetsfordelinger*
2. Trekk tilfeldige verdier (10 000+ simuleringer)
3. Beregn NNV/NNB for hver trekning
4. Analyser fordeling av resultater

Output:

- Gjennomsnitt og standardavvik
- 95% konfidensintervall
- Sannsynlighet for lønnsomhet
- Visuell fordeling (histogram)

Eksempel

I stedet for «NNV = 500 mill. kr», får vi: «NNV = 500 ± 150 mill. kr (95% KI: 200–800), $P(\text{NNV} > 0) = 98\%$ »

Metodikk og parametere

Parametere som varieres

Parameter	Fordeling	Usikkerhet
Trafikantnytte	Normal	$\sigma = 33\%$
Drift & vedlikehold ¹	Normal	$\sigma = 18\%$
Ulykkeskostnader	Normal	$\sigma = 43\%$
Investeringskostnader	Normal	$\sigma = 33\%$

Kilde: Odeck, J., & Kjerkreit, A. (2019). The accuracy of benefit-cost analyses (BCAs) in transportation.
Odeck, J. (2025). Measuring cost and time overruns. Transportation Research Part A, 199, 104587.

¹ Verdien er foreløpig antatt.

Systemarkitektur og implementering

Backend (Python):

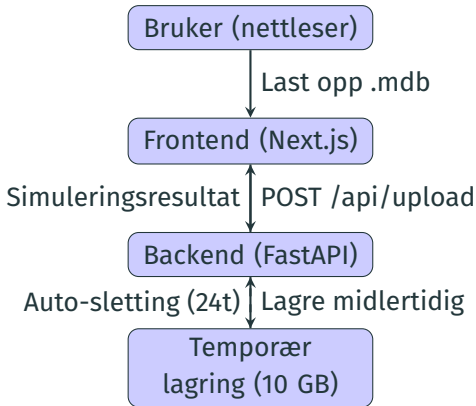
- FastAPI (REST API)
- NumPy/SciPy (Monte Carlo)
- Støtte for EFJEKT-databaser (.mdb/.accdb)

Frontend (TypeScript):

- Next.js 16 (webapplikasjon)
- Interaktive grafer (Recharts)
- Filoplasting med fremdriftsindikator
- PDF-eksport av resultater

Deployment:

- Kubernetes (Atlas Platform, SVV)
- Automatisert CI/CD (PowerShell + Artifactory)
- Ekstern tilgang:
`https://monte-carlo.atlas.vegvesen.no`



Sikkerhetstiltak:

- CORS-begrensning (kun vegvesen.no-domener)
- Automatisk sletting av filer ved lukking/etter 24 timer
- Ingen permanent lagring av prosjektdata

Resultater og tolkningsveiledning

Eksempel: Output fra simulering

Monte Carlo simulering

av nyttekostnadsanalyser

• Tilkoblet

Start simulering

► Om Monte Carlo-simulering

Last opp EFFEKT database



Last opp EFFEKT database

Dra og slipp eller klikk for å velge fil
Støttede formater: .mdb, .acodb (maks 5GB)

Simuleringsinnstillinger



Manuell prosjektregistrering



Ingen resultater å vise ennå.

Legg til prosjekter og kjør simulering for å se resultater.

Eksempel: Output fra simulering

► Om Monte Carlo-simulering

Last opp EFFEKT database



Velg prosjekt fra database

Prosjekt (3 tilgjengelig)

Nytt vegsystem ved Lilleby (Nr. 3)

Utbyggingsplaner (3 tilgjengelig) - Velg en eller flere

- ☐ Full utbygging (Nr. 1) ✓ Allerede lagt til
- ☐ Omlegging først, ny tverrforbindelse etter 10 år (Nr. 2) ✓ Allerede lagt til
- ☐ Ny tverrforbindelse først, omlegging etter 5 år (Nr. 3) ✓ Allerede lagt til

Prosjektinformasjon

Prisnivå 2025	Sammenligningsår 2025	Kalkulasjonsrente 4%
Start analyseperiode 2029	Analyseperiode 40 år	Levetid 40 år

Legg til planer fra database

Start simulering (3 prosjekter)

Manuell prosjektregistrering

Simuleringsinnstillinger

Velg preset

Standard
Standardverdier basert på gjennomsnittlige erfaringer

Konservativ
Høyere usikkerhet for prosjekter med større risiko

Optimistisk
Lavere usikkerhet for godt planlagte prosjekter

Antall simuleringer

5000

Trafikantnytte std.

0,33

Drift & vedl. std.

0,18

Ulykker std.

0,43

Investerings std. (41%)

0,407

Normalfordelt, som de andre parametrene. Basert på empiriske data fra Odeck (2019, 2025).

Random seed

Valgfritt

Et tall som sikrer at simuleringen gir samme resultat hver gang. Nyttig for å reproducere resultater. La feltet stå tomt for tilfeldig seed.

Eksempel: Output fra simulering

Simuleringsresultater

Alle beløp oppgitt i tusen kroner

 Eksporter til PDF

3 prosjekter

Nytt vegsystem ved Lilleby

Full utbygging

5 000 simuleringer

Lønnsom

NNB gjennomsnitt: 0,61

$P(NNV > 0) = 93,7\%$

Netto Nåverdi (NNV)

Gjennomsnitt

309 918 kr

Median

311 273 kr

Standardavvik

202 616 kr

Min - Maks

-379 808 kr - 1 044 297 kr

Konfidensintervall (95%)

-87 210 kr - 707 045 kr

Q25

174 048 kr

Q50

311 273 kr

Q75

445 577 kr

Sannsynlighet for positiv verdi

93,7%

Nettonåverdi per budsjettkrone (NNB)

Gjennomsnitt

0,61

Median

0,61

Standardavvik

0,40

Min - Maks

-0,74 - 2,04

Konfidensintervall (95%)

-0,17 - 1,38

Q25

0,34

Q50

0,61

Q75

0,87

Tolkning av resultater

NNV: Netto nåverdi i kroner. Positiv verdi indikerer samfunnsøkonomisk gevinst.

NNB: Nettonåverdi per budsjettkrone. Verdier over 0.0 indikerer at prosjektet er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Konfidensintervall: 95% sannsynlighet for at den faktiske verdien ligger innenfor dette intervallet.

Eksempel: Output fra simulering

Sammenligning av prosjekter							Eksporter tabell
Prosjekt	NNV Gjennomsnitt	NNV 95% KI	NNB Gjennomsnitt	NNB 95% KI	Preset	Status	
Nytt vegsystem ved Lilleby Full utbygging	306 051 kr	[-88 597 kr, 708 699 kr]	0,60	[-0,17, 1,37]	 Tilpasset	 Lønnsom	
Nytt vegsystem ved Lilleby Omlegging først, ny tverrforbindelse etter 10 år	323 442 kr	[-39 502 kr, 686 387 kr]	0,68	[-0,08, 1,45]	 Tilpasset	 Lønnsom	
Nytt vegsystem ved Lilleby Ny tverrforbindelse først, omlegging etter 5 år	165 845 kr	[-248 691 kr, 580 382 kr]	0,31	[-0,46, 1,08]	 Tilpasset	 Lønnsom	

 **Stokastisk dominansanalyse**

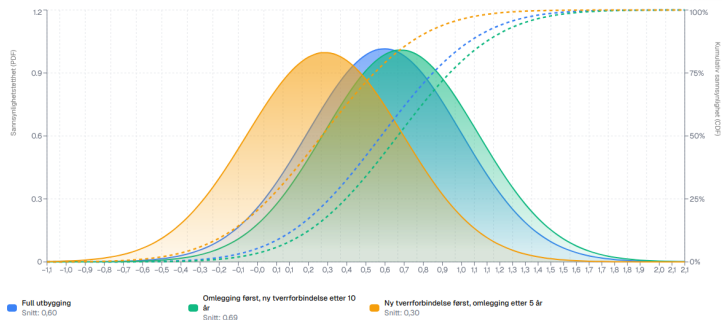
Stokastisk dominans betyr at et prosjekt gir bedre eller lik utfall i ALLE scenarier. Dette er et sterkere kriterium enn bare å sammenligne gjennomsnitt.

 **Ingen stokastisk dominans funnet**

Ingen av prosjektene gir konsekvent bedre resultater enn de andre i alle scenarier. Valg mellom prosjekter avhenger av risikoprofil og beslutningstakers preferanser.

Eksempel: Output fra simulering

Sammenligning av sannsynlighetsfordeling (NNB)



Histogram viser fordeling av NNV fra 5 000 simuleringer.

Når er et prosjekt robust?

- **95% KI nedre > 0 :** Svært liten risiko for ulønnsomhet
- **Gjennomsnitt > 0 , men KI krysser 0:** Moderat risiko
- **95% KI øvre < 0 :** Svært lav sannsynlighet for lønnsomhet

Viktig

Monte Carlo erstatter ikke faglig vurdering, men *supplerer* med kvantifisert usikkerhet.

Begrensninger og forbehold

Viktige forutsetninger

- Simuleringen forutsetter at trafikkvolum/ruter er *konstante* (RTM-output ligger fast)
- Parametrene (33% std for trafikantnytte, osv.) er erfaringsbaserte

Ikke modellert:

- Geografisk omfordeling av trafikk (nettverkseffekter)
- Endringer i trafikkgenerering (indusert trafikk)
- Samvirkninger mellom flere samtidige prosjekter

Konklusjon

Verktøyet gir *robust usikkerhetsvurdering* innenfor gjeldende metoderamme (EFFEKT, NTP-metode).

Kort sikt (2026):

- Etterprøving, for estimering av bedre fordelinger og usikkerhetsestimater

Mellomlang sikt (2026–2027):

- Scenarioanalyse (f.eks. høy/lav trafikkvekst)
- Kobling mot RTM for dynamisk trafikkvariasjon (forskningsprosjekt)

Oppsummering

1. Verktøyet løser et reelt beslutningsproblem

Tradisjonell NKA gir punktestimater uten usikkerhetsinformasjon. Monte Carlo kvantifiserer risiko.

2. Metodisk forsvarlig tilnærming

Basert på erfaringsdata og faglige vurderinger. Dokumenterer alle forutsetninger.

3. Produksjonsklart system

Tilgjengelig eksternt, integrert med EFFEKT-databaser.

Takk for oppmerksomheten!

Kontakt:

Marius Fossen, Statens vegvesen

marius.fossen@vegvesen.no

URL:

monte-carlo.atlas.vegvesen.no