

Kunstig intelligens for strategisk transportplanlegging - muligheter og begrensninger

TØI rapport 2076/2025 • Forfatter: Stefan Flügel • Oslo 2024 • 58 sider

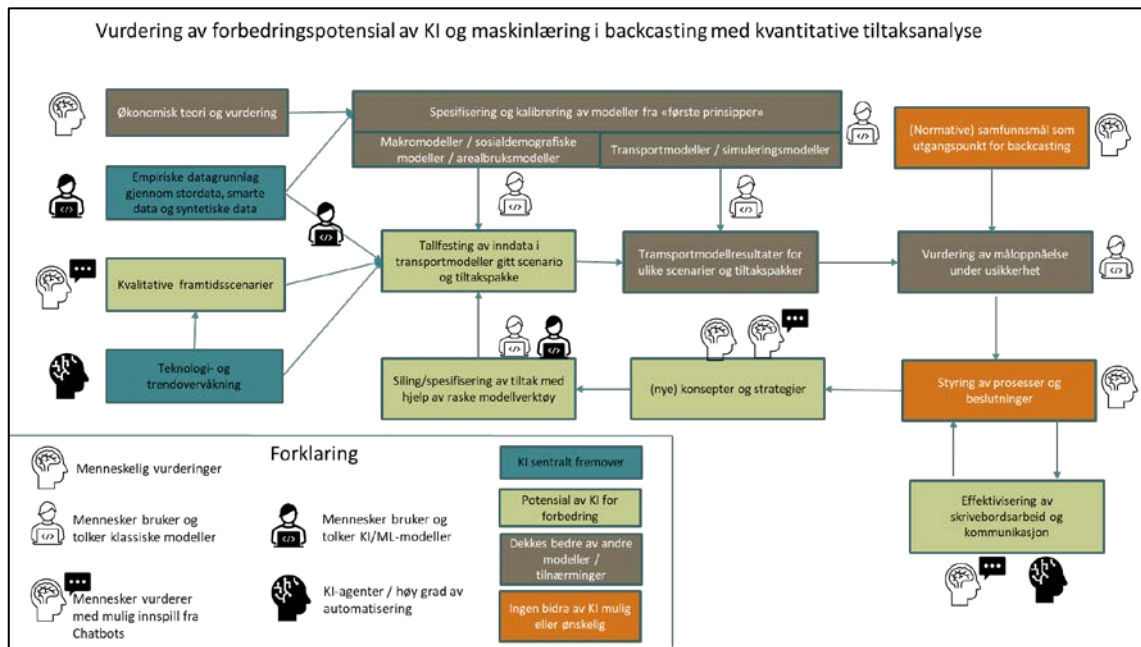
En økende tilgang til store og kontinuerlige datakilder innenfor transport (sensordata, app/mobildata mm) gjør maskinlæringsmodeller svært attraktive for operasjonell planlegging og i ITS. For strategisk transportplanlegging er mulighetsrommet for maskinlæring derimot mer uklart. Dette skyldes at man i strategisk planlegging må kunne predikere fremtiden i ulike scenarier der mange scenarier vil involvere mekanismer som ennå ikke er observert og dermed ikke gjenkjennbare for maskinlæringsmodeller via treningsdatasettet. I denne rapporten kartlegger vi dagens og mulig fremtidig bruk av kunstig intelligens (KI) og maskinlæring for strategisk planlegging. Vår vurdering viser at maskinlæring og generativ KI har størst potensial for å forbedre det empiriske datagrunnlaget for transportplanlegging, samt (delvis) automatisering og effektivisering av enkelte oppgaver innenfor utredning, administrasjon og interessenthåndtering. KI kan trolig ikke erstatte funksjonen til transportmodeller og simuleringmodeller siden maskinlæringsmodeller ikke egner seg til å gjøre langsiktige prognoser eller analyser av kontrafaktiske tiltak.

Denne rapporten oppsummerer funnene fra et prosjekt som hadde som formål å kartlegge bruken og mulighetsrommet for kunstig intelligens (KI) innen strategisk transportplanlegging. Strategisk transportplanlegging har en lengre planleggingshorisont enn operasjonell planlegging. Mens operasjonell planlegging brukes for daglig drift og trafikkstyring, prediksjon av kortsiktig transportetterspørsel og planlegging av kortsiktige transporttilbud, er strategisk transportplanlegging relevant for store infrastrukturprosjekter, langsiktig politikktutforming eller analyse av nye tiltak. Sistnevnte er særlig relevant i forbindelse med Nasjonal transportplan og strategier for å oppfylle klimamålene. I forbindelse med temaene KI og maskinlæring kan man *definere strategisk transportplanlegging som transportanalyser hvor man ikke har tilstrekkelig treningsdata fra faktiske observasjoner.*

Siden utviklingen innenfor KI er så rask, kan det være relevant å nevne at rapporten ble skrevet rundt årsskiftet 2024/2025 og dermed representerer kunnskap på dette tidspunktet (inkludert januar 2025). I denne rapporten konsentrerer vi oss om maskinlæringsmodeller basert på nevralt nettverk og dyp-læring, og innenfor der igjen på metoder som kan brukes til å klassifisere og predikere ulike typer data, modeller og produkter innenfor generativ KI.

Vurderingene i rapporten er basert på en litteraturgjennomgang og informasjonsinnhenting fra internett og eksterne og interne dokumenter. Tidsrammene i prosjektet muliggjorde ikke å gjennomføre systematiske fagekspertintervjuer.

Figur S1 forsøker og gi en helhetlig oversikt over vurderingen som ble gjort i denne rapporten.



Figur S1: Oppsummeringsfigur over vurderinger gjort i prosjektet.

Vi starter (i figuren øverst på høyre side) med **formulering av samfunnsmålene** som utgangspunkt for transportplanlegging. En slik målformulering kan sees på som en anvendelse av en (implisitt eller eksplisitt) backcasting prosess. Vi vurderer målformuleringen som en oppgave hvor KI er uegnet. Disse målene bør samfunnsborgere selv formulere (markert derfor i oransje i figuren), ideelt sett via demokratiske prosesser, og vi burde unngå å automatisere dette.

Samfunnsmålene bør videre være utgangspunkt for **vurdering av måloppnåelse** under usikkerhet. Dette bør være i stor grad basert på systematiske modeller og prinsipper og verktøy. Her er det mennesker som tar i bruk klassiske tilnærminger som er forholdsvis godt tolkbart og forklarbart. KI og maskinlæring er heller ikke en naturlig tilnærming for dette.

Vurdering av forventet oppnåelse av samfunnsmålene bør være styrende for **beslutninger** for prioritering. Igjen bør denne oppgaven være forbeholdt menneskene.

Prioriteringer må iverksettes i planleggingsprosesser og i denne forbindelse ser vi betydelig potensial for KI systemer til å **effektivisere skrivebordsarbeid og kommunikasjon** (boks på høyre siden helt til nederst). For noen oppgaver kan KI brukes som verktøy av mennesker, mens andre oppgaver kan trolig automatiseres i større grad. Selv om innfasing av KI kan ta tid og kan være forbundet med utfordringer og risiko, virker en dette som en «naturlig» videreutvikling og konsistent med regjeringens ønske om å ta bruk av KI i alle offentlige etater på sikt.

Ved en backcastingtilnærming er det viktig å oppdatere og fornye strategier iterativt for å sikre størst mulig sjans for måloppnåelse også under endrete rammebetingelser. **Nye konsepter** for tiltak og strategier bør komme fra mennesker, men vi ser muligheter for å bruke (resonnerende) språkmodeller til å finne logiske og – ved behov – kreative nye løsninger.



Strategier må dekomponeres i et sett av tiltak. Ved **siling av aktuelle tiltak** kan det være et behov for noen foreløpige effektberegninger og prediksjoner. Raskere versjoner av RTM er i utvikling for dette behovet. I tillegg kan det ligge muligheter med maskinlæringsmodeller, som meta-modeller beskrevet i denne rapporten.

Når det gjelder etablering av **framtidsscenarioer** relevant for transportplanlegging ser vi for oss at språkmodeller kan brukes som idemyldringspartner (med menneskene i førersetet), mens den integrerte oppgaven av trend- og teknologiovervåkning kan automatiseres i stor grad.

Maskinlæring forventes å ha en sentral rolle i etablering av **bedre empiriske datagrunnlag** for spesifisering og kalibrering av modeller. Det gjelder både makromodeller/arealbruksmodeller og transportmodeller som omtales som «modeller fra første prinsipper (grunnprinsipper)» i denne rapporten. Disse modellene bygger på økonomisk teori som typisk er tolket av mennesker (boks øverst til venstre).

Vi har vurdert om maskinlæringsmodeller kan erstatte «modeller basert på første prinsipper», slik som makroøkonomiske modeller, transportmodeller (RTM) og simuleringmodeller. Disse modellene bygger på matematiske funksjoner (ofte forankret i økonomisk teori) og grunnleggende mekanismer, som representerer en forenklet, men teoretisk velbegrunnet forståelse av hva som er fysisk mulig. Slike modeller har ofte gode generaliseringsevner sammenlignet med datadrevne tilnærminger, som i større grad er avhengige av observerte mønstre i data. Siden maskinlæringsmodeller typisk ikke er særlig egnet for langsiktige prognoser og kontrafaktiske analyser, **tror vi ikke at makroøkonomiske modeller og transportmodeller kan erstattes av kunstig intelligens**. Muligheter ved å kombinere transportmodeller og KI (utover bedre datagrunnlag) anses som kommende forskningsfront og bør utredes videre.

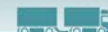
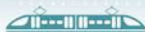
Et viktig diskusjonspunkt for bruk og betydning av ny teknologi på ulike anvendelsesområder er tidsaspektet. Når er dyp-læring og generativ KI moden nok til å brukes aktivt i strategisk transportplanlegging?

Gartner-syklusen for teknologiens forventningskurve illustrerer hvordan vi ofte overestimerer effekten av ny teknologi på kort sikt og undervurderer dens langsiktige betydning. Overestimeringen på kort sikt reflekteres i "toppen av **overdrevene forventninger**" i Gartners hype-syklus, der optimisme rundt teknologiens potensial dominerer. På den andre siden representerer "produktivitetsplataet" i syklusen det punktet hvor teknologiens langsiktige og transformative innvirkning blir tydelig, og gjerne langt overgår tidligere skepsis. Generativ KI nådde toppen av hype-syklusen i 2023 og beveget seg allerede i 2024 ned i «dalen av nøkternhet». Ifølge Gartners analyse vil det ta ytterligere 2-5 år før generativ KI som teknologi når sitt fulle og stabile potensial.

Det er ikke bare tekniske grunner for det (at teknologien fortsatt er noe umoden for noen oppgaver), men ikke minst fordi det tar tid for ansatte å omstille seg. I tillegg kan omstillingen på systemnivå (f.eks. innenfor en virksomhet eller bedrift) ta lenger tid enn på individnivå. Enkelte ansatte kan være flinke å ta i bruk ny teknologi, men endring av prosesser og arbeidsflyter på tvers av personer kan ta mye lenger tid.

Denne rapporten har forsøkt å gi en første kartlegging av muligheter og begrensninger ved bruk av kunstig intelligens for strategisk transportmodellering og planlegging. Det er imidlertid mange åpne spørsmål som bør undersøkes videre, og oppfølgingsprosjekter bør igangsettes for å fordype seg i spesifikke muligheter.

Når det gjelder implementering av KI som verktøy i arbeidslivet, er det viktig å forstå bedre hvilke barrierer som hindrer adopsjon av KI i organisasjoner. Manglende kunnskap og opplæring i KI kan være en betydelig hindring, noe som kan motivere til å **prioritere videreutdanning** av ansatte.



Flere forskningsspørsmål er verdt å utforske videre. **Hvordan maskinlæring kan kombineres med klassiske transportmodeller er et sentralt tema** for å forbedre kvantitative metoder. I tillegg bør potensialet som ligger i kombinasjonen av simuleringsmodeller, forsterket læring og generative agenter undersøkes nærmere. Med dagens beregningskapasitet og teknologi er det mulig å gjennomføre store samfunnssimuleringer med digitale tvillinger, noe som kan bane vei for fremtidens transportmodeller som i større grad etterligner virkelige prosesser.

Språkmodeller og generativ KI har også mange mulige **anvendelser innen kvalitative analyser**, inkludert idemyldring, scenarioutvikling og skrivehjelp. Likevel mangler det en klar «best-practice» på dette området. Ytterligere forskning og eksperimentering kan være nødvendig for å forstå hvordan samspillet mellom KI og mennesker best kan organiseres.

Med den raske teknologiske utviklingen er det en risiko for at forskningen – inkludert denne rapporten – raskt blir utdatert. Det kan derfor være hensiktsmessig å jobbe kontinuerlig med denne problemstillingen. Gitt de potensielt store endringene og samfunnsforstyrrelsene som avansert KI kan medføre, virker det fornuftig å sette av **ressurser til å følge utviklingen og identifisere nye forbedringsmuligheter** som kunstig intelligens muliggjør.