

Sammendrag

Logistikk, miljø og kostnader

TØI rapport 1861/2021

Forfattere: Inger Beate Hovi, Christian S. Mjosund, Eirill Bø, Daniel Ruben Pinchasik og Stein Erik Grønland

Oslo 2021 90 sider

LIMCO-prosjektets formål har vært å generere ny kunnskap og innovasjoner som kan bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og økt kunnskap om hvordan nye typer data kan utnyttes effektivt. Gjennom to datafangstløsninger for kjøretøydata og et utstrakt samarbeid med og en rekke deltakerbedrifter er det gjort mange innsiktsfulle analyser rundt fire hovedtemaer: Kjøreadfærd, drivstofforbruk og miljø, kjøretøybevegelser og transportkostnader. Gjennom prosjektet er det gjort metodiske framsteg for å foredle GPS-posisjoner til informasjon om turer og stopp for lasting og lossing. Det er utført bedriftsspesifikke analyser av bl.a. kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad, og oppnådd økt innsikt i kostnadsdrivere. Det er også gjort analyser av potensialet for utslippsreduksjon gjennom forbedret kjøreadfærd («økokjøring»). Innsikt fra prosjektet gir grunnlag for nye logistikkløsninger og forbedret innsikt i godstransportens komplekse behov og aktiviteter i byområder. Det er videre generert viktig forbedret input til bl.a. Nasjonal Godstransportmodell.

Bakgrunn og formål

Utviklingen innen digitalisering, programvaresystemer for logistikk, ERP-plattformer (Enterprise Resource Planning) og sensorer fra lastebiler har løftet mengden data om transport og logistikk til et nytt nivå. Til tross for økt datagenerering gjenstår et uutnyttet potensial med hensyn til utnyttelse av disse dataene for transportplanlegging og -optimalisering. Disse dataene benyttes sjeldent mer enn overfladisk og er sjelden tilgjengelige for forskning og offentlig planlegging.

Med LIMCO-prosjektet har vi etablert et utstrakt samarbeid med industrielle partnere og noen større transportbedrifter, transportkjøpere, samarbeidsbedrifter og Handelshøyskolen BI for å sikre tilgang til data og for å kunne utføre vitenskapelig og kommersielt relevante analyser. Prosjektet har hatt som formål å generere ny kunnskap og innovasjoner som kan bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og gi økt kunnskap om hvordan man kan utnytte nye typer data på en effektiv måte.

Datafangstløsning

I prosjektet er det etablert to separate datafangstløsninger for kjøretøydata. Den ene er basert på det fabrikkmontererte Fleet Management System (FMS)-API, mens den andre løsningen er fra et flåtestyringssystem med fysisk installert hardware i bilene. I begge løsningene er datafangsten todelt og består av 1) Data for kjøreadfærd og drivstofforbruk og 2) GPS-data for hvert kjøretøy. Datafangsten startet i januar 2019 og har siden bygget seg opp gjennom resten av prosjektets levetid. Databasen teller nærmere 250 millioner posisjoner fra ca. 1650 lastebiler og 200 varebiler, fordelt på 22 transportbedrifter av ulik størrelse og fra ulike transportsegmenter.

Data

Begge datafangstløsningene genererer informasjon om drivstofforbruk, utkjørte kilometer, driftstimer, tomgangstid og kjøreadferd. Kjøreadferd måles i form av variabler som utrulling (i hvilken grad sjåførene utnytter massefart i kjøringen til å spare drivstoff), bruk av cruisekontroll, overhastighet (andel av tiden kjøretøyet kjører over en definert tillatt hastighet for lastebiler), bremseadferd, osv. GPS-dataene inneholder tidfestede lokasjonsdata. Mot slutten av prosjektet er også informasjon om dynamisk kjøretøyvekt (totalvekt), samt vekt på for- og bakaksel både for lastebil og tilhenger registrert sammen med hver GPS-posisjon for et mindre antall kjøretøy i ett av systemene. Videre ble dataene fra hver bil påkoblet kjøretøyteknisk informasjon.

Tidsopløsning

Frekvensen på GPS-dataene varierer mellom datafangstløsning og bilmerke og har vanligvis en frekvens på fra 1-2 minutter og opp til hvert 15. minutt. I perioder har det imidlertid vært utfordringer med en mye lavere GPS-frekvens, noe som også illustrerer at påliteligheten til posisjonsdata fra kjøretøyleverandørene kan være en utfordring dersom man skal benytte dataene som grunnlag for detaljerte analyser for bedrifter eller for statistikkproduksjon. I denne sammenhengen er det også gjort en rekke sammenlikninger med offisiell statistikk for SSB.

Metodisk rammeverk

Det metodiske rammeverket i prosjektet kan deles inn i fire elementer: Kjøreadferd og drivstofforbruk; Miljø; Kjøretøybevegelser og Transportkostnader.

Kjøreadferd

Drivstofforbruk påvirkes av mange faktorer, hvorav de fleste vanskelig kan påvirkes av transportøren. Noe som kan påvirkes mer direkte og relativt raskt, og som også er en betydelig driver av drivstofforbruk, er sjåførens kjøreadferd, her forstått som sjåførens kjøretøyhåndtering under kjøringen. Kjøring består hovedsakelig av tre faser: Akselerering, utrulling og bremsing. I alle disse fasene kan kjøretøyets drivstofforbruk påvirkes, der målet med økonomisk kjøring (økokjøring) er å gi mest mulig effektivitet (kjøreytelse) med minst mulig energibruk. Teorien om økokjøring gir en rekke innsikter i konkrete forbedringer på ulike kjørefaktorer som kan bidra til lavere drivstofforbruk.

Kjøretøybevegelser

En viktig oppgave i prosjektet har vært å utvikle metode for å foredle de enkelte GPS-posisjoner til turer og stoppobservasjoner. Arbeidet tar utgangspunkt i etablert metodikk fra internasjonal litteratur for foredling av informasjon fra GPS-observasjoner til turgenerering og stoppidentifisering, og er videreutviklet til å bli bedre egnet for bydistribusjon for hhv varebiler og lastebiler spesifikt. Metodikken er dessuten validert mot et mindre utvalg innrapporteringer til SSBs lastebilundersøkelse. Dette har dannet grunnlag for flere analyser, både generelle og bedriftsspesifikke.

Miljø

Det er gjort en rekke analyser med hensyn til at drivstofforbruket er nyttig informasjon til kostnadsmodeller både for spesifikke bedrifter og for mer generiske kostnadsmodeller til

Nasjonal godsmodell. Det er en utfordring at dataene ikke har informasjon om hvor mye last bilene har om bord, og hvordan dette påvirker drivstofforbruket, men det gir likevel et godt grunnlag for estimater om hvordan drivstofforbruk avhenger av daglig kjøredistanse, motorstørrelse, antall aksler, bilens maksimalt tillatte totalvekt osv., i gjennomsnitt for ulike kjøretøytyper. Dette er videre knyttet opp mot hvor bilene kjører og utgjør informasjon som man hittil har manglet for norsk godstransport.

Vi har laget en generell regel for beregning av CO₂-utslipp basert på drivstofforbruk i liter pr km, samt oppgitt gjennomsnittlig drivstofforbruk for ulike transportsegmenter, kjøretøykategorier, motorstørrelser, antall aksler, firehjulstrekk og daglig kjørelengde basert på faktisk kjøring i Norge for lastebilene som inngår i datafangsten. Dette kan brukes som grunnlag for bedrifter som må rapportere miljøbelastningen ved transport, men som ikke kjenner drivstofforbruket, f.eks. fordi de kjøper transporttjenester av underleverandør.

Transportkostnader

Det er utviklet bedriftsspesifikke kostnadsmodeller som tar utgangspunkt i eierskapskostnader og bruksmønster til spesifikke lastebiler som kan brukes til analyser av kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad overfor kunder (se egne avsnitt). Databehovet for slike modeller er omfattende og kvaliteten på inputdata er avgjørende for resultatet. Dataene innsamlet i prosjektet, har blant annet bidratt med informasjon om drivstofforbruk på et detaljert nivå og detaljert innsikt i tur- og stoppaktiviteter og tidsbruk ved dette, som er en viktig kostnadsdriver gjennom både lønns- og kapitalkostnader. Transportkostnadsmodellen åpner for mange interessante simuleringer, hvorav et antall omtales i senere avsnitt.

Parallelt med utviklingen av bedriftsspesifikke kostnadsmodeller har det vært arbeidet med å utvikle mer generiske kostnadsmodeller basert på rammeverket som er utviklet til Nasjonal godsmodell (NGM). Dette er kostnadsmodeller som i tillegg til å dekke en rekke biltyper, også omfatter ulike transportenheter for jernbane, sjø og fly. Rammeverket i kombinasjon med GPS- og kjøreadferdsparametere for et stort antall biler, gjør at det er mulig å forbedre modellene med faktisk bruk av kjøretøy, tidsbruk knyttet til laste- og losseprosesser og drivstofforbruk for ulike kjøretøykategorier. Formålet er å få bedre grunnlag for drivstofforbruk, årlig kjørelengde og timer i bruk for ulike kjøretøytyper. Samtidig kan materialet brukes til å analysere geografiske variasjoner i disse faktorene. For oppdatering av kostnadsmodellen for enkelte biltyper har dataene innsamlet i prosjektet vist seg å være nyttige for revisjon av spesielt drivstofforbruk i siste versjon av kostnadsmodellene for NGM.

Innsikter og resultater

GPS-data var en kilde til ny informasjon for deltakerbedriftene, og tilbakemeldingene har vært at prosjektets analyser er interessante fordi de gir innsikt i kostnadsdriverne i transportgjennomføringen, slik som laste- og lossetider på ulike lokasjoner, kjøretider og turstatistikk på rutenivå.

For at kostnadsmodeller skal gi et best mulig bilde av transportkostnadene, er det viktig at data om kostnadsdrivere bygger på et best mulig faktagrunnlag. En fordel med lastebildataene er at de gir et objektivt bilde av transportomfanget, og at dataene samles automatisk så lenge abonnement på flåtestyringssystemet (inkludert GPS-data) er aktivt. Det vil si at faktagrunnlag til kostnadsmodeller enkelt kan oppdateres til nye perioder uten nye undersøkelser eller omfattende datainnsamling. Videre vil dataene og kostnadsmodeller kunne være sentrale i arbeid med kontinuerlig forbedring av transportene. Tallgrunnlaget kan

synliggjøre områder der det er forbedringspotensialer, tiltak som kan gjennomføres, og man kan måle de kostnadsmessige effektene av tiltakene.

Miljøeffekter av økt fokus på kjøreadferd

Til analyser av kjøreadferd og drivstofforbruk ble det i samarbeid med to av deltakerbedriftene gjennomført en minipilot for å måle effekten på kostnader og miljø av endret sjåføradferd etter kurs i økonomisk kjøring, samt aktiv oppfølging av fører gjennom kjøreadferdsparametere i en flåtestyringsløsning (FMS).

I prosjektet er det utført et randomisert kontrollert eksperiment med en «kontrollgruppe» og en sjåførggruppe som fikk kurs i økonomisk kjøring og oppfølging i etterkant. Begge sjåførggruppene kjører faste distribusjonsruter på Østlandet. Gjennom eksperimentet ble det gjennomført en minipilot for å måle kostnads- og miljøeffekten av endret sjåføradferd. Langtidseffektene ble undersøkt og resultatene publisert i en artikkel i *Energy Research & Social Science* (Pinchasik m.fl., 2021). I hovedtrekk tyder resultatene på at et økokjøringskurs, kombinert med aktiv oppfølging og ikke-monetære insentiver kan gi mer effektiv kjøreadferd blant lastebilsjåførere og en signifikant og vesentlig reduksjon i drivstofforbruk, estimert til 5,2 - 9 %. I likhet med tidligere studier fant vi stor variasjon mellom sjåførere og tegn på en læringskurve: Effekter inntreer raskt og tiltar så før de når en topp. I motsetning til tidligere funn finner vi at effektene ikke forsvinner eller avtar signifikant over tid, noe som tyder på at ved å følge opp økokjøringskurset med andre tiltak kan bidra til å styrke effekten.

Av fire faktorer som representerer økokjøringsstrategier finner vi at forbedringer i motor- og girhåndtering gir størst potensiale for reduksjoner i drivstofforbruk, etterfulgt av forbedringer i hastighet og trafikktilpasning (bruk av cruisekontroll og å unngå overhastighet). Videre finner vi indikasjoner på at det skal relativt lite til for at mindre men likevel ikke-neglisjerbare forbedringer i kjøreadferd kan oppnås.

Kjøretøybevegelser

Etter at metoden for å følge kjøretøybevegelser ble etablert er det gjort ulike analyser av stopp for lasting og lossing i byområder, stopp for hviletid og parkering og identifisering av stoppesteder. Videre er det lagt inn et arbeid med å koble turer mot ruter og analyser av rutevalg, og at dataene er brukt i bedriftsspesifikke analyser.

I stort framkommer det at fordelingen av laste- og lossestopp over døgnet er nokså likt fordelt for ulike transportsegmenter, men noen forskjeller kan likevel observeres. For eksempel har bygg- og anlegg størst andel av laste-losseaktiviteter som skjer om morgenen og midt på dagen, mens byggevarer og næringsmidler har størst andel som utføres ettermiddag og kveld. For byområder er det gjort analyser for lastebiler og varebiler av hvor de stopper for lasting og lossing og hvor lang tid slike aktiviteter tar både i indre og ytre by. Dette gir innsikter både for bedriftene som utfører transportene og for planleggingsformål. Her finner vi påfallende forskjeller mellom ulike byer.

I tillegg til laste- og lossetider er GPS-dataene også en kilde til informasjon om hvor og når sjåførene tar ut lovpålagt hviletid. Informasjon om tid og sted for disse stoppene kan være verdifullt for eksempel ved planlegging av framtidig infrastruktur for hurtiglading av elektriske lastebiler. Resultatene viser at hviletidsstopp foretas gjennom hele døgnet med en topp mellom kl. 13-16 og at ukedagene, med noen unntak, har samme fordeling. Videre finner vi et tydelig mønster der flest lastebiler settes til parkering utover ettermiddagen og kvelden, med et toppunkt i tidsrommet 19-21. Dette mønsteret går igjen for de fleste ukedagene.

For deltagerbedriftene er det i tillegg gjort et arbeid med å identifisere lokasjoner der lastebilstoppepene fant sted, noe som blant annet er brukt i bedriftsspesifikke analyser.

Vektdata

Hva gjelder sensordata om lastvekt er dette som tidligere omtalt først mot slutten av prosjektet, blitt tilgjengelig for et mindre utvalg biler. Analyser vi har utført tyder på fortsatt betydelige datautfordringer samt at det selv ved gode data er nødvendig med flere krevende steg og systematisering for å utnytte disse dataene, og for å kunne skille mellom data med god og dårlig kvalitet.

Eksempler på anvendelser

Arbeidet har gitt viktige innsikter i avveiningen mellom servicegrad (f.eks. hvor ofte det hentes varer, når og hvilke mengder) og kostnader. Analysene gir også innsikt i hhv «faste» og variable kostnader ved ulike transportaktiviteter og har avdekket at henting av returlast ofte utføres selv om returlasten er mindre enn minimumsnivået som egentlig er satt. For eksempel er det analysert betydningen av mengde lastet og effekten av å ta med varer på returer, både fra et kostnads- og CO₂-perspektiv. Et interessant funn er at det er differanser mellom minimumslast på retur fra et økonomisk og miljømessig perspektiv.

Videre er det jobbet med metodeutvikling som gir grunnlag for å identifisere flaskehalsen i logistikkopplegget og dermed legge grunnlag for mer målrettet forbedringsarbeid i bedriftene. Det er gjennom brukercase utført kobling av GPS-data med ordrededata om leveranser. Selv om datakvaliteten har gjort det utfordrende å gjøre dette på enkeltsendingsnivå, synliggjør det likevel områder med forbedringspotensial, tiltak som bør gjennomføres og måling av de kostnadsmessige effektene av tiltakene.

I prosjektet har vi sett på hvordan GPS-data kan prosesseres og operasjonaliseres for å gi informasjon om godsaktiviteter i byområder, på et mer detaljert nivå enn trafikktelegger og mer hyppig og kostnadseffektivt enn tradisjonelle observasjonsstudier. For eksempel er det behov for å få mer detaljert informasjon om leveranse- og henteaktiviteter i byområder. Eksempler på dette er hvor aktivitetene finner sted, hvor lang tid laste-/losseoperasjoner tar og hvordan bruksmønstre kan endres over tid som følge av f.eks. infrastrukturendringer, varierende trafikksituasjoner, endringer i transporttettersspørsmål, eller som følge av politiske tiltak.

For å få god innsikt i bylogistikken er det også behov for informasjon om hva slags type og mengde gods transportene består av. GPS-data gir ikke slik informasjon og andre kilder er derfor nødvendige. Pr i dag er tilgang til slike kilder og koblinger med GPS-data utfordrende.

Vi har sett på dagens muligheter og utfordringer, samt fremtidsutsikter for å integrere kjøretøydata med data fra ERP-systemer (Enterprise Resource Management). Der foreligger det pr i dag fortsatt betydelige barrierer. Dette viser også våre forsøk på å koble sendingsdata og kjøretøydata basert på informasjon om tid og sted. Vi har utviklet en metode som identifiserer turer der det med høy sannsynlighet er vellykkede koblinger mellom kjøretøy- og sendingsdata. Det må imidlertid fortsatt utvikles en metode som er mer treffsikker for slike turer med svært få stopp.

Behov for mer detaljerte data

Transportmodellene som brukes av transportvirksomhetene og Samferdselsdepartementet i deres planarbeid stiller høye krav til grunnlagsdata. Økt omfang av godstransport og spesielt av bylogistikk utfordrer også dagens transportmodeller og medfører økt behov for mer detaljerte data. TØI publiserte i desember 2020 en litteraturstudie på State of the Art for framtidens godstransportmodeller (Mjøsund, Pinchasik og Hovi, 2021). Gjennomgangen viste at utviklingen av godstransportmodeller internasjonalt i stor grad er styrt av tilgjengeligheten til data om varestrømmer og kjøretøybevegelser.

En gjennomgang av dagens datagrunnlag om godstransport viser at de viktigste datautfordringene er manglende konsistent på tvers av transportformer, utvalgsundersøkelser som har høy oppgavebyrde og forenklet rapportering av turer (varebilundersøkelsen) og distribusjonsruter (lastebilundersøkelsen) og at det kan ta lang tid fra innsamling til publisering. Tidsdimensjon er heller ikke mulig å rapportere i utvalgsundersøkelser fordi det vil gi store følger for oppgavebyrden.

Vi finner at det store tilfanget av data som genereres i forbindelse med hvert transportoppdrag genererer store muligheter for framtidig datafangst. Dette gjelder både data for transportmodellering, men også forenklet rapportering av data til SSB, og kan konkretiseres til ERP-systemer (varestrømmer), foretakenes fagsystemer (varestrømmer med kobling til kjøretøy ut fra planlagt/faktisk aktivitet), elektroniske fraktbrev (varestrømmer med kobling til kjøretøy), transportstyringssystemer (TMS) (varestrømmer med sporing underveis i leveringskjeden) og smarte fartsskrivere (GPS-data og informasjon om sjåføren stopper for lasting/lossing, hvile, eller andre aktiviteter).

Behov for videre arbeid

Den største utfordringen i elektronisk datafangst er eierskap til data. En transportør frakter varer for andre bedrifter og det er derfor viktig at data aidentifiseres før rapportering. Problemstillingen blir enda viktigere ved datafangst fra TMS-leverandører, som kan være en svært effektiv datafangst til erstatning for SSBs varestrømsundersøkelse. Det gjenstår videre metodiske utfordringer knyttet til kvantifisering av totalpopulasjonen når denne er ukjent.

GPS-data gir et rikt datatilfang, men må prosesseres for å gi informasjon om godsaktiviteter. Vi har også erfart gjennom prosjektet at det er utfordringer med datatilgang (transportøren må både ha aktive abonnement og være villig til å dele data). GPS-data gir i seg selv en problematikk som er knyttet til GDPR. Vår oppfatning er likevel at dette er mer hypotetisk enn reelt og at det kun er mulig å spore sjåføren dersom sjåføren eier bilen selv og parkerer bilen regelmessig på egen eiendom. Vi har ikke gjort noen forsøk på å undersøke i hvilken grad dette er tilfelle i dette prosjektet.

Med digitale fartsskrivere vil det potensielt være mulig med GPS-data uavhengig av at transportøren har aktive abonnementer på flåtestyringsdata. Det vil også være mulig å samle data til en felles hub uavhengig av kjøretøymerke eller FMS-leverandør, f.eks. Statens vegvesen. Det vil videre være mulig å koble GPS-data med kjøretøyteknisk informasjon fra kjøretøyregisteret og næringskode via virksomhetsnummer i kjøretøyregisteret. Dette åpner for et skille mellom transportbedrifter og egentransportører og hvilken næring sistnevnte opererer for.