

Dette udvidet resumé er udgivet i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

<https://journals.aau.dk/index.php/td>

Økonomi og LCA for flåder med elbiler – hvordan kan økonomi og CO₂ forenes til et samlet overblik?

Kim Winther, kwi@teknologisk.dk

Teknologisk Institut

Abstrakt

Oplægget præsenterer en operationel metode til at integrere livscyklusbaserede CO₂-beregninger og totaløkonomi (TCO) i ét samlet beslutningsgrundlag for flåder, der overvejer omstilling til elbiler. Metoden omfatter både produktionsrelateret CO₂, driftsudledninger og centrale økonomiske parametre som anskaffelse, energi, service og restværdi. Herved kan både CO₂- og økonomisk break-even beregnes på køretøjs- og flådeniveau. Oplægget viser desuden, hvordan værktøjet kan anvendes til at prioritere udskiftning af køretøjer, analysere scenarier for elmix og håndtere brugte elbiler. Formålet er at give flådeejere et mere overskueligt og anvendeligt grundlag for strategiske beslutninger om elektrificering.

Baggrund og formål

Overgangen til elbiler i offentlige og private flåder drives både af klima- og økonomihensyn. Men i praksis er beslutningsgrundlaget ofte fragmenteret:

- Klimadelen fokuserer på direkte CO₂ fra drift (el vs. diesel/benzin),
- Økonomidelen fokuserer på anskaffelsespris, service, brændstof/eludgift, afskrivning.

Samtidig melder en række centrale spørgsmål sig:

- Hvad er den samlede CO₂-udledning for en elbil, når bil- og batteriproduktion medregnes?
- Hvor lang tid tager det at "betale CO₂-gælden af" i drift?
- Hvilke biler i flåden bør udskiftes først, hvis man både ser på klima og økonomi?
- Hvor mange kilometer om året skal man køre, før en elbil kan betale sig – både økonomisk og klimamæssigt?
- Hvordan håndteres brugte elbiler, herunder delvis afskrevet CO₂-gæld?

Formålet med oplægget er at præsentere en operationel metode og et værktøj, der integrerer:

1. **LCA-baserede CO₂-beregninger** (produktion, drift, evt. skrot), og
2. **Totaløkonomi/TCO** (Total Cost of Ownership) på køretøjsniveau,

så flådeejere kan få ét samlet, overskueligt beslutningsgrundlag for omstilling til el.

Metode: Fra LCA-data til køretøjs- og flådeniveau

1. CO₂ fra produktion: "CO₂-gæld"

For hvert køretøj beregner vi en initial "CO₂-gæld" ved indfasning:

- **Forbrændingsbil:** CO₂ fra produktion af bil inkl. drivlinje.
- **Elbil:** CO₂ fra produktion af bil inkl. batteri (og evt. senere batteriskift).

Typisk vil elbiler have en højere CO₂-gæld ved start på grund af batteriet.

Gælden kvantificeres f.eks. som:

$$\text{CO}_2^{\text{produktion}} = \text{kg CO}_2/\text{bil}$$

værdi baseret på LCA-studier, EPD'er og/eller fabrikantdata. Den kan evt. opdeles på bil og batteri, så effekten af batteristørrelse kan analyseres.

2. CO₂ fra drift

I drift beregnes årlig CO₂ som:

- **Forbrændingsbil:**

$$\text{CO}_2^{\text{drift}} = \text{forbrug (l/år)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg CO}_2/\text{l)}$$

- **Elbil:**

$$\text{CO}_2^{\text{drift}} = \text{elforbrug (kWh/år)} \cdot \text{el-CO}_2\text{-faktor (kg CO}_2/\text{kWh)}$$

Elens CO₂-faktor kan varieres for at teste:

- national "standardel",
- grøn indkøbsel (PPA/garantier),
- fremtidige scenarier (f.eks. mere VE i elmixet).

3. CO₂ over livscyklus og "break-even"

Summen af produktions- og driftsudledning over en analyseperiode T (f.eks. 10–15 år) giver:

$$\text{CO}_2^{\text{livscyklus}} = \text{CO}_2^{\text{produktion}} + \sum_{t=1}^T \text{CO}_2^{\text{drift}}(t)$$

"CO₂-break-even" mellem elbil og reference (diesel/benzin) findes ved at løse for det tidspunkt, hvor:

$$\text{CO}_2^{\text{elbil, kumulativ}}(t) = \text{CO}_2^{\text{forbrændingsbil, kumulativ}}(t)$$

Visuelt kan det præsenteres som to kurver over tid, hvor krydspunktet viser, hvor hurtigt CO₂-gælden er "betalt" via lavere driftsudledning.

Totaløkonomi (TCO) – integreret med CO₂

Parallelt beregnes totalomkostninger over samme periode:

- anskaffelse (købspris eller leasingydelse),
- finansiering/kapitalomkostning,
- service og vedligehold,
- brændstof/el,
- afgifter og evt. fordele (grøn ejerafgift, elbilsfordele),
- restværdi.

Dette giver:

- **TCO pr. km**

$$\text{TCO/km} = \frac{\sum \text{omkostninger over perioden}}{\sum \text{kørte km}}$$

- **CO₂/km** over hele perioden

$$\text{CO}_2/\text{km} = \frac{\text{CO}_2^{\text{livscyklus}}}{\sum \text{kørte km}}$$

Dermed kan hvert køretøj (eller køretøjsscenario) placeres i et koordinatsystem med:

- x-akse: kr/km (økonomi)
- y-akse: kg CO₂/km (klima)

Og man kan direkte se, hvilke løsninger der er “win-win”, og hvor man betaler ekstra for CO₂-besparelse – eller omvendt.

Prioritering: Hvilke biler bør udskiftes først?

Ved at anvende metoden på en hel flåde, kan vi opstille et beslutningsværktøj, der:

- rangordner eksisterende biler efter:
 - højt CO₂/km
 - højt km/år
 - ugunstig TCO ift. mulige elbilalternativer
- beregner scenarier for:
 - udskiftning af x biler/år,
 - minimumskrav til årlig kørsel for, at elbiløkonomi/CO₂ giver mening,
 - “pakker” af udskiftninger (f.eks. alle biler i en bestemt størrelse/segment).

Resultatet kan præsenteres som:

- en “omstillingstrappe” – år for år – med estimeret CO₂-reduktion og mer-/mindreomkostning,
- eller som en investeringsplan med NPV/tilbagebetalingstid og CO₂-effekt.

Brugte elbiler og CO₂-gæld

En særlig udfordring er brugte elbiler: Hvordan håndteres CO₂-gælden, når man ikke “ejer” hele bilens livscyklus?

I værktøjet håndterer vi dette ved f.eks.:

- at allokere produktions-CO₂ til bilens afskrivningsprofil (afskrivning pr år og pr km) i ejertiden,
- at tilskrive den resterende andel af CO₂-gælden til den næste ejer.

Hvis en elbil i første ejerperiode har mistet 80.000 kr. ud af nyprisen på 200.000 kr., vil:

$$\text{Resterende CO}_2^{\text{produktion}} = \text{CO}_2^{\text{produktion}} \cdot \frac{\text{Nyværdi} - \text{Brugtværdi}}{\text{Nyværdi}}$$

tilskrives den første ejer. På den måde kan både første- og andenhåndsbrugere forholde sig til en retvisende LCA-andel.

Hvad vi konkret kan lave og byde ind med

I oplægget vil vi:

- demonstrere et konkret, regnebaseret værktøj, hvor brugeren kan:
 - indtaste/flere køretøjer i en flåde (type, alder, km/år, forbrug, priser),
 - vælge referenceel-mix og scenarier (nuværende/fremtidig el-CO₂),
 - vælge elbil-alternativer (model, batteristørrelse, pris, forventet forbrug),
 - se både CO₂-, økonomi- og break-even-resultater.
- vise cases, hvor:
 - en kommunal/personlig serviceflåde analyseres,
 - forskellen mellem “rent økonomisk optimal” og “CO₂-optimal” strategi vises,

- effekten af forskellige elmix-antagelser illustreres.
- give deltagerne konkrete nøgletal og tommelfingerregler for:
 - hvornår (km/år) en elbil typisk betaler sin CO₂-gæld tilbage i DK-kontekst,
 - typiske forskelle i TCO mellem elbil og forbrændingsbil i forskellige segmenter.

Udbytte for deltagere

Deltagerne får:

- en praktisk metode til at integrere økonomi og CO₂ i samme beslutningsramme,
- indsigt i, hvordan LCA-data kan anvendes uden at drukne i kompleksitet,
- konkrete eksempler på, hvordan omstillingsplaner for flåder kan opbygges,
- et bedre grundlag for at svare politiske beslutningstagere og ledelser på:
 - "Hvad koster det?"
 - "Hvor meget CO₂ sparer vi?"
 - "Hvornår kan vi sige, at elbilerne klimamæssigt 'kan betale sig'?"