

Energieprestatie- indicator

Definitie voor goederenvervoer



Energieprestatie-indicator

Definitie voor goederenvervoer

Dit rapport is geschreven door:
Roy van den Berg, Matthijs Otten en Daan van Seters

Delft, CE Delft, januari 2026

Publicatienummer: 26.240306.013

Opdrachtgever: Topsector Logistiek

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn
verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de
projectleider Roy van den Berg (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft – Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Aanleiding en doel onderzoek	4
	Bestaande energieprestatie-indicatoren	4
	Definitie Energieprestatie-indicator (EPI)	5
	Gebruik van de EPI	5
	Praktijktest	5
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doel en onderzoeksvragen	7
	1.3 Afbakening	8
	1.4 Leeswijzer	8
2	Eigenschappen van een energieprestatie-indicator	9
	2.1 Voorbeelden van prestatie-indicatoren uit andere sectoren	9
	2.2 Wensen vanuit de sector	11
	2.3 Scope van energiegebruik	11
	2.4 Conclusie	13
3	Definitie EPI	14
	3.1 Voorstel voor definitie van de hoofdindicator	14
	3.2 Componenten die energiegebruik transport bepalen	15
	3.3 Voorstel voor definitie deelindicatoren	16
	3.4 Rekenmethode	19
4	Gebruik van de EPI	22
	4.1 Vergelijken	22
	4.2 Operationele impact	25
	4.3 Communicatieve waarde	27
5	Praktijktest	28
	5.1 Weg	28
	5.2 Binnenvaart	30
	5.3 Spoor	33
	5.4 Bevindingen	36
6	Conclusies en aanbevelingen	39
	Literatuur	41

Samenvatting

Aanleiding en doel onderzoek

Topsector Logistiek ziet toegevoegde waarde in een Energieprestatie-indicator (EPI), om naast CO₂-uitstoot ook het energiegebruik van transport te kunnen meten. Deze indicator moet verladers en vervoerders inzicht geven in de energie-efficiëntie van hun transportprestatie, waarbij onder andere verschillende transportmodaliteiten, voertuigen en routes een rol kunnen spelen. De EPI is een toevoeging op de reeds bestaande indicatoren, zoals de COFRET prestatie-indicator (CPI), die inzicht geeft in de CO₂-emissies van transport, en de Load Performance Indicator (LPI), die een beeld geeft over de belading van het voertuig. De toegevoegde waarde van de EPI is dat modaliteiten met elkaar vergeleken kunnen worden met name als die voertuigen geen of nauwelijks CO₂ uitstoten. In die (toekomstige) situatie kunnen er met de EPI toch uitspraken gedaan worden over de efficiëntie van de ingezette vervoersmiddelen. In dit rapport hebben wij een voorstel uitgewerkt voor de definitie van de EPI met een eerste opzet voor de berekeningsmethodiek. De praktische toepasbaarheid van de methodiek vormt geen onderdeel van deze studie.

Bestaande energieprestatie-indicatoren

Binnen deze studie hebben we bestaande energieprestatie-indicatoren onderzocht. Een relevante bevinding is het onderscheid dat wordt gemaakt tussen indicatoren die gericht zijn op het design van een vervoersmiddel en indicatoren die gericht zijn op het gebruik van het vervoersmiddel. Het is van nut als beide onderdelen met de EPI berekend kan worden. Een andere bevinding is dat het zinvol kan zijn om aparte indicatoren te hanteren voor het gebruik van fossiele brandstoffen en hernieuwbare energie. Dit biedt niet alleen inzicht in het totale energiegebruik, maar maakt het ook mogelijk om de voortgang van de transitie naar duurzame energie te monitoren.

Definitie Energieprestatie-indicator (EPI)

We definiëren de EPI als de hoeveelheid energie die nodig is voor een bepaalde transportprestatie, vanuit een Well-to-Wheel-perspectief.

$$\text{EPI Totaal} = \frac{\text{WTW energiegebruik [MJ]}}{\text{Transportvraag [tonkm}_{vv}\text{]}}$$

Door het Well-to-Wheel-perspectief komen zowel de effecten van logistieke keuzes (belading, routing), rijstijl, voertuigkeuze (energiegebruik per kilometer) en brandstofkeuze tot uiting in de indicator. Om onderscheid te maken tussen voertuiggebruik en voertuigdesign, hebben we naast de totaalindicator ook een voorstel uitgewerkt voor twee deelindicatoren: één voor het design van het voertuig (EPI A) en één voor de logistieke efficiëntie (EPI B).

EPI A geeft informatie over de energieprestatie van een voertuig of van een vloot, en wordt gegeven in termen van MJ/km (WTW). Dit is een combinatie van twee factoren:

$$\text{EPI A} = \text{testwaarde [TTW MJ/km]} \times \frac{\text{WTW MJ}}{\text{TTW MJ}}$$

EPI B geeft informatie over de logistieke efficiëntie van de vervoersvraag in een bepaalde periode, en wordt gegeven in de eenheid km/tonkm. EPI B kan per voertuig worden berekend door de EPI Totaal van het voertuig te delen door het design gebruik (EPI A) van het voertuig uitgedrukt in MJ/km.

Gebruik van de EPI

De EPI maakt het mogelijk om transportprestaties te vergelijken, zowel binnen een modaliteit (bijvoorbeeld diesel vs. elektrisch) als tussen modaliteiten (bijvoorbeeld wegtransport vs. spoor). Daarnaast geeft de EPI ook inzicht in hoe veranderingen in routeplanning, rijgedrag en beladingsgraad het energiegebruik beïnvloeden. Met de opsplitsing in de design-indicator en de logistieke efficiëntie-indicator kan een vervoerder een genuanceerder beeld krijgen over optimalisatiekansen. De EPI kan zo zowel vervoerders als beleidsmakers helpen bij het maken van strategische keuzes richting duurzamer transport.

Praktijktest

De berekening van de EPI met praktijkdata laat zien dat de indicator toepasbaar is voor de modaliteiten weg, binnenvaart en spoor. Databeschikbaarheid is echter een belangrijk aandachtspunt dat in ieder geval bij het spoor niet van één bron verkregen kan worden. De uitkomsten van deze eerste praktijktest zijn conform de verwachtingen: het energiegebruik per tonkilometer is het hoogste voor het wegvervoer, daarna de binnenvaart en ligt het laagste voor het spoorvervoer.

Alhoewel opgemerkt moet worden dat er substantiële variatie mogelijk is waardoor de verschillen beperkt kunnen zijn. De praktijktest liet ook zien dat de interpretatie van de uitkomsten om logistieke context vraagt: de EPI zegt in de praktijk vaak meer over logistieke inzet (belading, route, rij-/vaarprofiel, verstoringen) dan puur over technische efficiëntie van het materieel.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Topsector Logistiek wil graag meer indicatoren ontwikkelen die bijdragen aan sturing op duurzaamheid (dat meer behelst dan alleen CO₂) om zo tot betere inzichten en afwegingen te komen. Voor het berekenen van CO₂-efficiëntie van transport bestaat al enige tijd [de COFRET Prestatie Indicator](#) (CPI). Hiermee wordt de CO₂ per tonkilometer vogelvlucht-afstand weergegeven. Een tweede indicator die medio 2024 is gelanceerd is [de Lading Performance Indicator](#) (LPI). Dit is een indicator die aangeeft hoe efficiënt het laadvermogen op vervoerstrajecten wordt ingezet.

Een derde indicator waarmee het energiegebruik kan worden weergegeven, de Energieprestatie-indicator (EPI), wordt door Topsector Logistiek gezien als nuttige aanvulling op de eerdergenoemde indicatoren. De gedachte achter de Energieprestatie-indicator is om verladers en vervoerders inzicht te bieden in hoeveel energie het kost om een bepaalde hoeveelheid lading van A naar B te verplaatsen, zodat ook verschillende modaliteiten, voertuigen en routes met elkaar vergeleken kunnen worden. Daarbij speelt mee dat sturen op energiegebruik relevanter wordt naarmate er meer gebruik wordt gemaakt van elektrisch aangedreven voertuigen. Dit komt doordat bij elektrische voertuigen de CO₂-emissies gedurende de gebruiksfase nauwelijks nog aan de orde zijn.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Om te komen tot de Energieprestatie-indicator is de eerste stap om te komen tot een duidelijke definitie. Een indicator, vergelijkbaar aan de CPI en LPI, bestaat uit een teller en een noemer. Het doel is om beide te definiëren. Het ligt voor de hand om voor de definitie van de noemer aan te sluiten bij de CPI: ton.km_vogelvlucht. De definitie van de teller (gebruikte energie) is minder vanzelfsprekend, zo kan energie (uitgedrukt in joules) op verschillende manieren worden gedefinieerd. In dit rapport gaan we in op de vraag welke verschillende opties er zijn en welke consequenties dat heeft. Daarnaast testen we op basis van praktijkdata of de EPI berekent kan worden voor de verschillende modaliteiten.

1.3 Afbakening

Bij het opstellen van een definitie van een indicator ontstaat automatisch de vraag hoe de indicator exact berekend moet worden. Waarbij tevens de vervolgvraag wordt gesteld in hoeverre dat in de praktijk berekend kan worden, bijvoorbeeld met behulp van kentallen. Alhoewel de exacte methodiek, praktische toepasbaarheid en kentallen van belang zijn voor het gebruik van de indicator vormt dit geen onderdeel van dit rapport. We richten ons hier primair op de definitie van de EPI, die zich specifiek richt op het energiegebruik van vervoersmiddelen voor goederen. Dit betekent niet dat we geen aandacht besteden aan de berekening van de EPI, want dit vormt onderdeel van de definitie. Daarvoor geven we in dit rapport een eerste uitwerking.

1.4 Leeswijzer

We starten in Hoofdstuk 2 met een verkenning van de mogelijke eigenschappen van een EPI, nadere introductie van wat in algemene zin een energieprestatie-indicator is. Daarvoor laten we eerst zien welke relevante energieprestatie-indicatoren er al bestaan binnen én buiten het goederenvervoer. Daarnaast identificeren we de voorwaarden waar een EPI zou moeten voldoen, en onderzoeken we welke afbakeningen gemaakt moeten worden. De inzichten die we hiermee opdoen gebruiken we bij de uitwerking van de definitie.

In Hoofdstuk 3 hebben we de definitie van EPI uitgewerkt. We geven een algemene definitie en lichten toe uit welke componenten de EPI bestaat. We sluiten af met een voorbeeld hoe de EPI berekend kan worden.

In Hoofdstuk 4 werken we uit hoe de EPI gebruikt kan worden voor het vergelijken. Daarnaast bespreken we op welke manier de EPI operationele impact kan hebben en wat de communicatieve waarde kan zijn. Daarbij baseren we ons mede op inzichten vanuit de praktijk die we onder andere hebben verkregen vanuit de klankbordgroep met stakeholders die is geïnstalleerd ten behoeve van de ontwikkeling van de indicator.

In Hoofdstuk 5 testen we met behulp van praktijkdata of de EPI voor de verschillende modaliteiten (weg, binnenvaart en spoor) berekend kan worden en in hoeverre de modaliteiten met elkaar vergeleken kunnen worden.

We eindigen dit rapport in Hoofdstuk 6 met de conclusies op basis van de verkennende studie en sluiten af met een aanbeveling voor de definitie.

2 Eigenschappen van een energieprestatie-indicator

Een EPI is, in de meest algemene zin, een maatstaf om het energiegebruik en/of de energie-efficiëntie te meten van een proces, gebouw, installatie of apparaat. Het geeft aan hoeveel energie er wordt gebruikt per eenheid van een bepaalde activiteit of output.

Er bestaan echter verschillende manieren om de EPI te definiëren. In dit hoofdstuk verkennen wij de mogelijkheden, waarbij we kijken naar hoe EPI's in andere sectoren worden gedefinieerd en gebruikt (Paragraaf 2.1), welke wensen en randvoorwaarden vanuit de logistieke sector zelf bestaan (Paragraaf 2.2), en welke activiteiten binnen de scope van de EPI vallen (Paragraaf 2.3). Deze informatie dient als kennisinbreng voor de definitie van de EPI, die in het volgende hoofdstuk gegeven wordt.

2.1 Voorbeelden van prestatie-indicatoren uit andere sectoren

In verschillende sectoren worden al algemene EPI's gebruikt, zoals de gebouwde omgeving, de zeevaart en de datacenter-industrie. Wij zullen de vormgeving van deze indicatoren analyseren en de relevante aspecten voor de invulling van een EPI voor transport hieruit destilleren.

2.1.1 EPI's in de zeevaart

In de zeevaart worden meerdere EPI's gehanteerd, waarvan de Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) en de Energy Efficiency Design Index (EEDI) de belangrijkste zijn (Faber et al., 2020).

Hoewel beide namen suggereren dat de efficiëntie in termen van energie (joules) wordt gemeten, is in feite de gemeten grootheid in elk van deze indicatoren de hoeveelheid uitgestoten CO₂. Voor zeevaart is de CO₂-uitstoot momenteel een goede proxy voor de gebruikte energie, omdat vrijwel alle energie opgewekt wordt door fossiele brandstoffen.

Zodra biobrandstoffen en zero-emissie-aandrijving een groter aandeel in de markt krijgt, wordt de overeenstemming tussen energie en CO₂ minder rechtlijnig.

De EEOI is een indicator voor de empirische energie-efficiëntie van een schip. De eenheid van de EEOI is gram CO₂ per ton-zeemijl. Dit wordt berekend door de jaarlijkse CO₂-emissies (berekend vanuit het brandstofgebruik) te delen door daadwerkelijk transport-werk (massa × afstand). De EEOI is dus een maat voor de *totale* energie-efficiëntie, waarin geen expliciet onderscheid wordt gemaakt in de verschillende aspecten die hieraan bijdragen, zoals bijvoorbeeld het type schip, het type brandstof, het vaargedrag en route-keuze. Deze indicator is geschikt om het daadwerkelijke energiegebruik van schepen te handhaven en te monitoren.

De EEDI meet daarentegen slechts een enkel aspect van de energie-efficiëntie, namelijk het design van het schip. De eenheid van deze index is kg CO₂/(capaciteit × design-snelheid). Deze index kan worden gezien als een energielabel van het schip zelf en is dus onafhankelijk van het werkelijk gebruik van het schip.

De emissies worden aan de hand van het motorvermogen bepaald en de capaciteit en design-snelheid zijn bepaald door de vormgeving van het schip. Deze indicator is geschikt als norm bij voertuigproductie en als algemene indicator van de energiezuinigheid van een schip.

2.1.2 Gebouwde omgeving

Vanaf 2021 gelden in Nederland de BENG-eisen (Bijna EnergieNeutrale Gebouwen) voor de nieuwbouw (RVO, 2025). De energieprestatie van gebouwen wordt volgens deze eisen op drie aspecten gemeten:

- de maximale energiebehoefte in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar;
- het maximale primair fossiel energiegebruik, eveneens in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar;
- het minimale aandeel hernieuwbare energie in procenten.

Aan deze eisen moet voldaan zijn bij een nieuwbouwaanvraag. De BENG-eisen zijn dus eerder een energieprestatie-*norm* dan een indicator. Interessant aan de vormgeving van de eisen is het onderscheid in fossiel energiegebruik en gebruik van hernieuwbare energie. Zo wordt niet alleen gestuurd op totale energievraagvermindering, maar ook op vermindering van de vraag naar fossiele energie.

2.1.3 Datacenters

Een andere sector waarbij het verschil tussen fossiele en hernieuwbare energie expliciet gemaakt wordt is de datacenter-industrie. Hier wordt gebruik gemaakt van twee indicatoren: de Carbon Free Energy score (CFE-score) en de CO₂-intensiteit van de gebruikte netstroom (in g CO₂/kWh) (Google, lopend). De eerste geeft het gemiddelde percentage groene energie dat gebruikt wordt.

De tweede geeft aan hoeveel broeikasgasuitstoot gepaard gaat met de gemiddelde netstroom op een gegeven locatie. Dit laatste wordt bepaald door de methode van elektriciteitsopwekking en ligt grotendeels buiten de macht van de datacentereigenaar.

Met deze twee indicatoren kan onderscheid worden gemaakt tussen de eigen inspanningen voor groene energie (door de CFE-score) en de onafhankelijke CO₂-intensiteit.

2.2 Wensen vanuit de sector

De stakeholders die betrokken zijn geweest bij de totstandkoming van dit rapport hebben duidelijk aangegeven dat de EPI idealiter onderdeel gaat vormen van een bestaande procedure. Met andere woorden: het is onwenselijk om met de komst van de EPI een extra label of rapportageverplichting in het leven te roepen (bovenop bijvoorbeeld de CSRD). Het is juist wenselijk om toe te gaan naar één standaard eenheid (bijvoorbeeld energie per tonkm). Op basis daarvan is het ook mogelijk om de CO₂-emissies te berekenen, mits uiteraard meegenomen wordt welk type brandstof wordt gebruikt. Dit biedt tevens de mogelijkheid om inzicht te verkrijgen in de energieprestaties van de verschillende delen in de keten én hoe deze zich tot elkaar verhouden.

De scope van de EPI heeft een grote invloed op de toegevoegde waarde die wordt gezien. Is deze te klein of bevat het onderdelen die al tot uitdrukking komen in andere indicatoren dan voegt het mogelijk weinig toe. Is de scope te breed dan is het misschien moeilijk in te zetten als sturingsmechanisme en het effect van verbeteringen te zien.

Bij de ontwikkeling van de EPI moet rekening gehouden worden met mogelijk misbruik van de indicator. Door bewust gebruik te maken van uitgangspunten of metingen die de uitkomst beïnvloeden waardoor de prestatie gunstiger lijkt dan dat die in werkelijkheid is kan een dienstverlener zijn positie versterken. Dit is niet wenselijk, daarom moet daar kritisch naar gekeken worden bij het opstellen van de richtlijnen voor het gebruik van de EPI.

2.3 Scope van energiegebruik

Voor goed gebruik van de energieprestatie-indicator is het belangrijk dat goed gedefinieerd wordt welke activiteiten binnen de scope van de gemeten prestatie vallen.

Twee zaken zijn hiervoor van belang:

1. Het al dan niet meenemen van de energie die benodigd is voor de productie en het vervoer van brandstoffen.
2. Het al dan niet meenemen van randactiviteiten, zoals overslag, voertuigonderhoud, etc.

Het voorstel in deze paragraaf is om *wel* de energie voor productie en vervoer van brandstoffen mee te nemen, maar *niet* het energiegebruik voor randactiviteiten. Hierna lichten wij deze keuzes verder toe.

2.3.1 Tank-to-Wheel vs. Well-to-Wheel

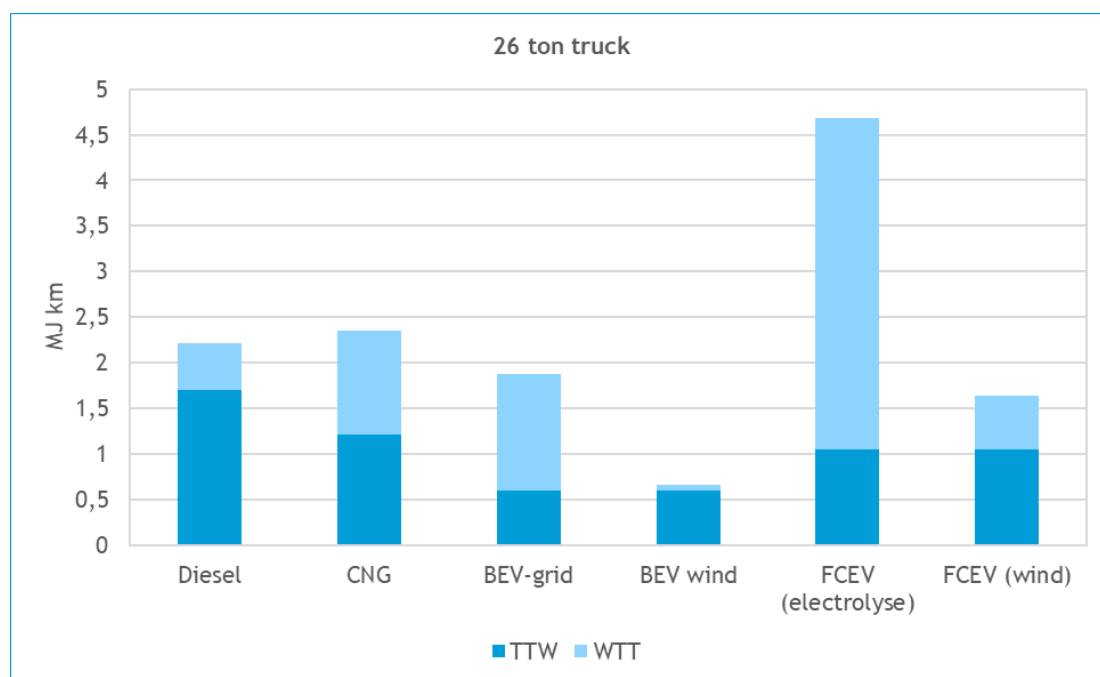
Een energie-indicator kan zich alleen richten op het energiegebruik van het voertuig (Tank-to-Wheel (TTW)-benadering). Een andere mogelijkheid is om ook de energie die benodigd is voor de productie en het vervoer van brandstoffen mee te nemen (Well-to-Wheel (WTW)-benadering).

Voor een bepaald type voertuig (bijvoorbeeld een 26 ton truck, zie Figuur 1) is de gemiddelde benodigde energie per kilometer sterk afhankelijk van de aandrijving enerzijds en de energiedrager anderzijds. In een TTW-benadering zou alleen type aandrijving naar voren komen. In een WTW-benadering komt ook het type energiedrager naar voren.

Dit is bijvoorbeeld belangrijk in de vergelijking tussen diesel- en elektrische voertuigen. Een elektrisch voertuig gebruikt minder energie per kilometer dan een diesellootvoertuig. De productie van elektriciteit kan echter, afhankelijk van de productiemethode, veel energie kosten.

Met andere woorden, de WTW-benadering geeft een completer beeld van de benodigde energie voor een logistieke operatie. Omdat de EPI bedoeld is om de totale druk op het energiesysteem tot uitdrukking te brengen, gebruiken we in dit voorstel de WTW-benadering.

Figuur 1 – Verschil in energiegebruik 26 ton truck per km WTW voor verschillende energiedragers



2.3.2 Randactiviteiten

Mede op basis van de input van stakeholders stellen wij voor om randactiviteiten, zoals schoonmaak en onderhoud van voertuigen en overslag van goederen, niet mee te nemen in de berekening van de EPI. Hiervoor is gekozen omdat het energiegebruik van zulke activiteiten in de praktijk moeilijk te meten is: waar het brandstofgebruik van het voertuig relatief eenvoudig te monitoren is, is de energie van zulke randactiviteiten vaak afkomstig van externe energiebronnen (buiten het voertuig, of zelfs buiten eigen beheer), waardoor de toedeling naar het voertuig moeilijk te maken is. Bovendien is het lastig om voor zo'n toedeling een eenduidige methode te definiëren. Inclusie van zulke activiteiten zou dus tot mogelijk scheve vergelijkingen leiden.

2.4 Conclusie

In dit hoofdstuk is een verkenning uitgevoerd naar de mogelijke vormgeving van een energieprestatie-indicator (EPI) voor de logistieke sector. Door voorbeelden uit andere sectoren, de zeevaart, de gebouwde omgeving en de datacenter-industrie, te analyseren, blijkt dat een effectieve definitie van een EPI duidelijk moet maken welke energiestromen worden meegenomen. De voorkeur gaat uit naar een Well-to-Wheel-benadering, waarbij ook de energie voor de productie en het transport van brandstoffen wordt meegeteld. Randactiviteiten zoals onderhoud en overslag worden bewust buiten de scope gehouden vanwege meetproblemen en onduidelijke toedeling. Daarnaast is het van belang dat de EPI aansluit op bestaande rapportageverplichtingen en niet leidt tot extra administratieve lasten. Ook moet de indicator robuust zijn tegen strategisch gebruik of manipulatie van uitgangswaarden. Deze inzichten vormen gezamenlijk de basis voor de definitie en verdere ontwikkeling van de EPI in het volgende hoofdstuk.

3 Definitie EPI

In dit hoofdstuk geven we de voorgestelde definitie van de hoofdindicator, die we de *EPI Totaal* noemen (Paragraaf 3.1). Vervolgens lichten we welke componenten in een rol spelen in deze definitie (Paragraaf 3.2), en hoe de rol van deze verschillende componenten inzichtelijk gemaakt kan worden aan de hand van mogelijke deelindicatoren (Paragraaf 3.3).

3.1 Voorstel voor definitie van de hoofdindicator

De *EPI Totaal* is de hoofdindicator, die inzicht geeft over de totale energieprestatie. Deze is gedefinieerd als

$$\text{EPI Totaal} = \frac{\text{WTW energiegebruik [MJ]}}{\text{Transportvraag [tonkm}_{vv}\text{]}}$$

en wordt gemeten in termen van MJ/tkm_{vv}¹. Hoe lager de EPI Totaal, hoe efficiënter het transport.

De EPI Totaal kan, analoog met de CPI, worden berekend door het totale energiegebruik van bepaalde leveringen over een bepaalde periode te delen door de som van de vervoersvraag (uitgedrukt in tonkm vogelvlucht), die hoort bij deze leveringen. Om de totale energie te berekenen zijn energiekentallen nodig (MJ/liter; MJ/kWh; MJ/kg H₂, etc.) die hoeveelheden energiedrager (liters diesel, kWh elektriciteit, kg H₂, etc.) kunnen omzetten naar MJ energie TTW en WTW. Met de beschikbaarheid van deze kentallen kan de berekening vrij makkelijk worden uitgevoerd indien ook al CPI-berekeningen worden gemaakt.

De waarde van de EPI moet gezien worden als een indicatie en niet als exacte waarde, zoals dat ook geldt voor andere prestatie-indicatoren (denk aan de LPI). EPI's van verschillende voertuigen kunnen daardoor niet standaard één-op-één met elkaar vergeleken worden. Zo kunnen alleen EPI's van vervoerders met elkaar vergeleken worden wanneer zij actief zijn binnen dezelfde sector of op eenzelfde vervoerstraject.

¹ Tonkm_{vv} is de vervoersvraag in termen van gewicht (tonnen) dat vervoerd wordt over een bepaalde vogelvlucht (vv) afstand (km_{vv}). De daadwerkelijke afstand komt alleen indirect tot uitdrukking in de totale gebruikte energie.

EPI Totaal van een vloot

De EPI Totaal van een hele vloot is eenvoudig te berekenen door het totale energiegebruik van de vloot in een periode te delen door de totale transportvraag van die vloot in die periode. Dat geeft een EPI Totaal (in termen van MJ/tonkm_{vv}), die beschouwd kan worden als gemiddelde energieprestatie van de gehele vloot.

3.2 Componenten die energiegebruik transport bepalen

Wanneer de EPI Totaal voor een bepaalde situatie berekend wordt, spelen meerdere componenten een rol in de hoogte hiervan. Figuur 2 geeft aan hoe het energiegebruik van transport in verschillende componenten kan worden opgesplitst. We beschrijven erna de componenten die worden getoond.

Figuur 2 – Componenten energiegebruik transport



- **Vervoersvraag:** De vervoersvraag is de totale hoeveelheid goederen (in ton, pakketten, pallets, etc.) die van een herkomst naar een bestemming moet worden vervoerd, waar door *de markt* wordt gevraagd. De meest ondubbelzinnige manier om de afstand van herkomst naar bestemming uit te drukken is in kilometer vogelvluchtafstand. Deze manier van afstand kwantificeren wordt ook gehanteerd in ISO14083. De vervoersvraag kan dan worden uitgedrukt in tonkm-vogelvluchtafstand of elk alternatief hiervan dat een hoeveelheid goederen aangeeft (bijvoorbeeld TEU-km, pallet-km of rolcontainer-km).
- **Transportlogistiekeprestatie:** De transportlogistiekeprestatie is het aantal kilometer dat nodig is om in de vervoersvraag te voorzien (in ISO-terminologie Actual Distance Driven). Dit aantal kilometers is in hoge mate afhankelijk van de capaciteit van het gebruikte voer- of vaartuig. Binnen een concurrerende markt van bijvoorbeeld wegvervoer gaat het echter om zaken die bepalen hoe efficiënt de goederen van herkomst naar bestemming kunnen worden gebracht door een goede routeplanning en een optimale belading. Een goed netwerk van klanten kan van belang zijn om de vervoersvraag van verschillende klanten efficiënt te kunnen combineren.

- **Energiebehoefte van voertuig:** Deze component geeft aan hoe het energiegebruik van het voertuig wordt beïnvloed door de gebruiker en de ritomstandigheden. De bestuurder of schipper heeft met zijn rij- of vaargedrag invloed op het energiegebruik van het voertuig. Zo heeft langzamer varen en rijden over het algemeen een lager energiegebruik tot gevolg. Het energiegebruik van het voer- of vaartuig wordt echter ook beïnvloed door factoren zoals het weer, het landschap (vlak of bergachtig) en de infrastructuur (type asfalt, aantal stoplichten, vaarwegdimensies, sluizen, etc.)
- **Gebruik voertuig:** Deze component heeft deels te maken met het type marktsegment waarin de vervoerder opereert (lokaal of internationaal wegvervoer, spoor, binnenvaart, etc.) en de grootte van het voer- of vaartuig. Gegeven het type voertuig kan een vervoerder daarnaast nog kiezen voor verschillende aandrijvingen en brandstoffen en energiegebruikcijfers. Gebruikcijfers per kilometers worden voor wegvoertuigen voor typegoedkeuring bepaald door een rollerbanktest. Voor schepen en treinen wordt dit voor de motor per kWh gedaan.
- **Energie voor productie energiedrager:** De energiedrager van het voer- of vaartuig moet worden geproduceerd. De energie die daarvoor nodig is, is onderdeel van het totale energiegebruik. De hoeveelheid energie die nodig is kan worden uitgedrukt als een opslagfactor op de Tank-to-Wheel-energie die nodig is.

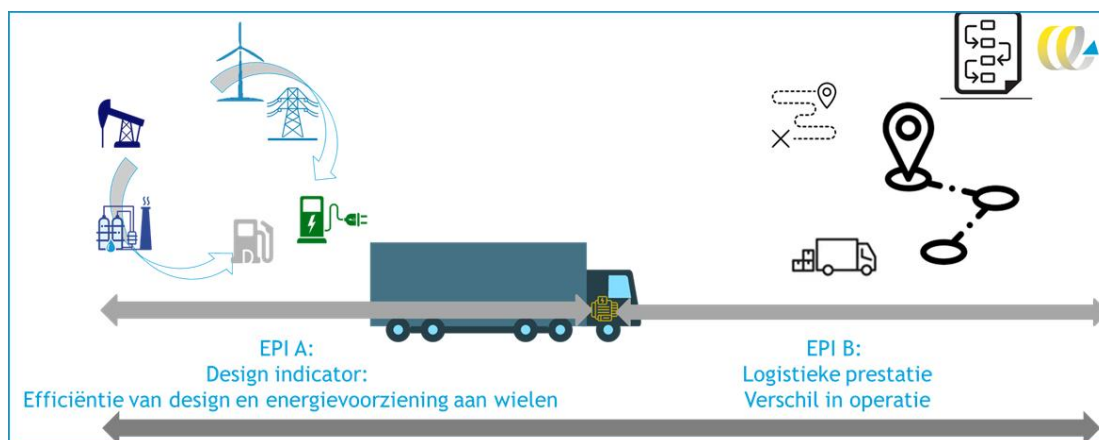
3.3 Voorstel voor definitie deelindicatoren

Om meer inzicht te krijgen in de werking van de verschillende componenten die meespelen in het energiegebruik, is het, onder bepaalde voorwaarden, mogelijk om de EPI Totaal onder te verdelen in twee deelindicatoren, die we *EPI A* en *EPI B* noemen. We hebben de splitsing geïllustreerd in Figuur 3. Deze deelindicatoren zijn zodanig gedefinieerd, dat geldt:

$$\text{EPI Totaal} = \text{EPI A} \times \text{EPI B}.$$

De totale indicator EPI Totaal geeft het totale energiegebruik het beste weer en komt daarmee tegemoet aan de behoefte van de gebruikers. De *design indicator* EPI A geeft weer hoe goed de voertuigen zijn, terwijl de *logistieke prestatie-indicator* EPI B aangeeft hoe goed het voertuig wordt ingezet voor transport. Hierna lichten wij verder toe hoe EPI A en EPI B berekend kunnen worden, en welk nut zij hebben.

Figuur 3 – Scope van de totale indicator en de deelindicatoren



Tabel 1 – Scope van de totale en deelindicatoren

Energieprestatie van:	EPI Totaal	EPI A	EPI B	Beïnvloedingsfactoren
Logistieke efficiëntie	x		x	Beladingsgraad Routekeuzes Netwerkefficiëntie
Gebruikersefficiëntie	x		x	Rij-/vaarsnelheid Mate van remmen/optrekken Weersomstandigheden
Voertuigefficiëntie	x	x		Motorefficiëntie Aerodynamica voertuig Capaciteit voertuig
Brandstofefficiëntie	x	x		Type brandstof Brandstofproductie

3.3.1 EPI A: Designindicator

De EPI A geeft informatie over de energieprestatie van een voertuig of van een vloot, en wordt gegeven in termen van MJ/km (WTW). Dit is een combinatie van twee factoren:

1. De testwaarde van het energiegebruik van het voertuig (in MJ/km TTW) en;
2. De energie voor de productie en levering van de gebruikte brandstof (MJ/km WTT).

In de praktijk is de EPI A het makkelijkst uit te rekenen aan de hand van de testwaarde en de verhouding tussen de benodigde WTW-energie en de geleverde TTW-energie van de energiedrager in kwestie:

$$EPI A = \text{testwaarde} [TTW MJ/km] \times \frac{WTW MJ}{TTW MJ}$$

De testwaarde betreft bijvoorbeeld een rollerbank-testcijfer, waarbij voor een bepaalde ritcyclus het energiegebruik wordt bepaald, zoals ook toegepast wordt bij het vaststellen van de CO₂-labels van voertuigen. De testwaarde is een eigenschap van het voertuig zelf, onafhankelijk van het gebruik. Voor lichte wegvoertuigen kan bijvoorbeeld het energiegebruik van het voertuig gebruikt worden dat is vastgesteld met de Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP), en voor zware wegvoertuigen de VECTO-data-base.²

De energie voor *provisie* (productie en levering van de gebruikte brandstof) is per brandstoftype verschillend. In de WTW benadering wordt hierbij de impact van het energiegebruik in de voorketen van de energiedrager meegenomen. Door deze bij elkaar op te tellen, wordt een totaal energiegebruik per kilometer (MJ/km WTW) bepaald.

Een dergelijke indicator is met name relevant om beslissingen te maken bij de aankoop van het voertuig en bepaald hoe efficiënt energie van de energiedrager (en de productieketen) wordt overgebracht om het voertuig aan te drijven. De EPI A wordt lager als een efficiënter voertuig wordt gebruikt, of wanneer een brandstof wordt gebruikt die minder energie kost om te produceren. De logistieke efficiëntie (bijv. beladingsgraad, routekeuzes) en het gebruik van het voertuig (bijvoorbeeld rij-/vaarstijl, weersomstandigheden) hebben geen invloed op EPI A, omdat deze indicator een theoretisch gebruik aangeeft.

3.3.2 EPI B: Logistieke efficiëntie-indicator

De EPI B geeft informatie over de logistieke efficiëntie van de vervoersvraag in een bepaalde periode, en wordt gegeven in de eenheid km/tkm_{vv}. EPI B kan per voertuig worden berekend door de EPI Totaal van het voertuig te delen door het design gebruik (EPI A) van het voertuig uitgedrukt in MJ/km.

Een energie-indicator gericht op logistieke efficiency geeft weer hoe het voertuig gebruikt wordt los van de aspecten die te maken hebben met het design van het voertuig. Voor een logistieke efficiency indicator is er in principe geen verschil in de waarde tussen een batterij-elektrisch voertuig en een dieselloertuig als beiden voertuigen op een gelijke manier worden ingezet. Deze indicator bekijkt hoe efficiënt wordt vervoerd en hoeveel energie het voertuig relatief gebruikt ten opzichte van het design.

De EPI B wordt lager als het de logistieke efficiëntie van de levering beter wordt (omdat er 'minder kilometers' nodig zijn voor dezelfde hoeveelheid tkm_{vv}), en wanneer de gebruikersefficiëntie beter wordt, bijvoorbeeld door een zuinigere rij-/vaarstijl. De gekozen brandstof en de testwaarde van het voertuig hebben *geen* invloed op de EPI B.

² Voor andere type voer- en vaartuigen zijn deze waarden mogelijk niet voorhanden. Dit moet verder worden uitgezocht als deze route wordt gekozen.

3.4 Rekenmethode

In deze paragraaf lichten we toe hoe de zowel de EPI Totaal als de EPI A en EPI B berekend worden en welke inputwaardes hiervoor nodig zijn. Deze voorbeeldberekening wordt voor de duidelijkheid gedaan voor een enkele rit van een enkel voertuig. Daarna leggen we uit hoe deze methode veralgemeniseerd kan worden om de EPI van een totale vloot te berekenen.

3.4.1 Voorbeeldberekening

We berekenen de EPI van een vrachtwagen die in van Rotterdam naar Duisburg rijdt (200 km) met een vracht van 15 ton en een lege terugrit maakt.

Om de energiestaat te berekenen levert de vervoerder het brandstofgebruik van de vrachtwagen en de vervoersprestatie (in tkm_{vv}) aan. Verder specificeert de vervoerder het type brandstof en de testwaarde van het voertuig. Deze laatste invoer is alleen nodig voor de berekening van de deelindicatoren. De voorbeeldinvoer is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 – Invoerwaardes voor de berekening van de indicatoren (voorbeeld)

Parameter	Waarde	Toelichting
Brandstof	Diesel	De vervoerder kiest de brandstof van zijn voertuig.
Brandstofgebruik	104 liter	De eigenaar van het voertuig dient informatie te hebben over het brandstofgebruik. Alleen het totale brandstofgebruik in een periode is nodig.
Herkomst	Rotterdam	
Bestemming	Duisburg	
Vracht	15 ton	Enkele rit
Testwaarde voertuig	12,8 MJ/km	De testwaarde van het voertuig (in MJ/km), zoals de WLTP-waarde of de VECTO-testwaarde. Deze is alleen nodig voor de berekening van EPI A en EPI B.

Op basis van deze invoergegevens wordt de berekening van het energieverbruik en van de totale vervoersvraag gemaakt. Voor het energieverbruik zijn kentallen over de brandstoffen nodig (de stookwaarde en de energiefactor voor productie en levering van brandstof). Deze kentallen zijn intrinsieke waardes van de brandstof. Daarom worden deze kentallen worden niet ingevoerd door de gebruiker, maar zouden zij bijvoorbeeld uit een achterliggende algemene database kunnen komen. Het resultaat van de energieberekening is het WTW-energiegebruik, zoals geïllustreerd in Tabel 3. De totale vervoersvraag wordt berekend door de vogelvluchtafstand tussen herkomst en bestemming te bepalen en dit te vermenigvuldigen met de vracht, zoals weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3 – Berekening van het energiegebruik (voorbeeld)

Parameter	Waarde	Toelichting
TTW Energiefactor (Stookwaarde)	32 MJ/liter	Deze factor geeft aan hoeveel energie een liter brandstof bevat.
WTT Energiefactor (Productie/levering brandstof)	0,1 MJ(WTT)/MJ(TTW)	Deze factor geeft de benodigde energie in de voorketen per MJ stookwaarde aan.
TTW Energiegebruik	3.379 MJ	Berekening: <i>TTW Energiefactor × Brandstofgebruik</i>
WTT Energiegebruik	338 MJ	Berekening: <i>WTT Energiefactor × TTW Energiegebruik</i>
WTW Energiegebruik	3.716 MJ	Berekening: <i>TTW energie + WTT energie</i>

Tabel 4 – Berekening van de vervoersvraag

Parameter	Waarde	Toelichting
Vogelvluchtafstand	200 km _{vv}	Deze afstand wordt bepaald door de invoer van herkomst en bestemming.
Totale vervoersvraag	3.000 tkm_{vv}	Berekening: <i>Lading × Vogelvluchtafstand</i>

Door de energie en de vervoersvraag te delen wordt de EPI Totaal berekend. Indien de testwaarde bekend is, kan de EPI A ook uitgerekend worden volgens de methode zoals weergegeven in Tabel 5. De EPI B is dan ook te bepalen door EPI Totaal door EPI A te delen.

Tabel 5 – Outputwaarden van de berekening: hoofdindicator en deelindicatoren

Parameter	Waarde	Toelichting
EPI Totaal	1,1 MJ/tkm _{vv}	Dit is de energieprestatie indicator, berekend als <i>WTW Energiegebruik/Totale vervoersvraag</i>
EPI A	14,1 MJ/km	Dit is de designindicator. Berekening: <i>Testwaarde voertuig × (1 + WTT Energiefactor)</i>
EPI B	0,1 km/tkm _{vv}	Dit is de gebruiksindicator. Berekening: <i>EPI Totaal EPI A</i>

3.4.2 EPI van een vloot

De EPI Totaal voor een hele vloot over een bepaalde periode wordt op dezelfde manier berekend als de EPI Totaal van een enkel voertuig voor een enkele rit: het totale energiegebruik van alle voertuigen in de periode wordt gedeeld door de totale vervoersvraag in die periode. Zo wordt de gemiddelde energieprestatie van de vloot bepaald.

De EPI A is ook voor een gehele vloot te bepalen. Deze waarde kan geïnterpreteerd worden als de gemiddelde designindicator van de vloot. Hierbij is het van belang om het gemiddelde te wegen naar de hoeveelheid energie die elk voertuig heeft gebruikt in een gegeven periode. Met andere woorden, elk voertuig wordt evenredig naar zijn gebruik meegenomen in het gemiddelde.

De EPI A van een vloot kan als volgt worden berekend:

$$EPI A_v = \frac{E_v}{\sum_i \frac{E_i}{EPI A_i}}$$

Waarvoor geldt:

- $EPI A_v$ is de EPI A van de totale vloot (MJ/km);
- $EPI A_i$ is de EPI A van elk voertuig i in de vloot (MJ/km);
- E_i is het WTW energiegebruik van elk voertuig i in een periode (MJ);
- E_v is de totale energievraag van de hele vloot in een periode (MJ).

De EPI A van een vloot is (in tegenstelling tot de EPI A van een enkel voertuig) veranderlijk in de tijd, omdat de waarde afhangt van de mate waarin voertuigen in de vloot worden ingezet.

De EPI B van een gehele vloot kan worden geïnterpreteerd als de logistieke energieprestatie van de hele vloot. Deze is het gemakkelijkst te berekenen met behulp van EPI A van de gehele vloot. Alternatief is deze te berekenen met behulp van de totale transportvraag en het energiegebruik per voertuig en de EPI A per voertuig:

$$EPI B_v = \frac{EPI Totaal_v}{EPI A_v} = \frac{1}{T_v} \sum_i \frac{E_i}{EPI A_i}$$

Waarvoor geldt:

- $EPI Totaal_v$ is de EPI Totaal van de hele vloot (MJ/tkm_v);
- $EPI A_v$ is de EPI A van de totale vloot (MJ/km);
- $EPI A_i$ is de EPI A van elk voertuig i in de vloot (MJ/km);
- E_i is het WTW energiegebruik van elk voertuig i in een periode (MJ);
- T_v is de totale transportvraag van de hele vloot in een periode (tkm_v).

Uit deze formules blijkt dat de EPI Totaal voor een vloot in principe niet moeilijker uit te rekenen is voor een vloot dan voor een enkel voertuig: alleen het totale brandstofgebruik en de totale vervoersvraag is benodigd. Voor de EPI A en B is echter specifiekere informatie nodig, namelijk het energiegebruik van elk individueel voertuig en de testwaarde van elke voertuig.

4 Gebruik van de EPI

Het gebruik van een indicator valt of staat met de toegevoegde waarde van de informatie die het de gebruikers biedt. In dit hoofdstuk staan we stil bij de (mogelijke) toegevoegde waarde van de EPI voor zowel de vervoerders (degene die de EPI kunnen berekenen) en de verladers (klanten). De toegevoegde waarde van de EPI hebben we getoetst bij de leden van de klankbordgroep die door Topsector Logistiek is betrokken bij het project.

4.1 Vergelijken

De essentie van een indicator is dat het iets zegt over een geleverde prestatie. Of deze prestatie goed of slecht is, hangt in sterke mate af van wat de prestatie van een andere optie is. Kortom, een indicator helpt om prestaties met elkaar te vergelijken. Dit wordt door stakeholders als de belangrijkste toegevoegde waarde van de EPI gezien.

Vergelijken kan met voertuigen van eenzelfde modaliteit, bijvoorbeeld een dieselvrachtauto met een elektrische vrachtauto, die ingezet worden binnen dezelfde sector. Afhankelijk van de scope van de EPI is het mogelijk dat dienstverleners met voertuigen die gebruik maken van dezelfde energiedrager worden vergeleken op basis van hun energie-efficiëntie wanneer deze binnen dezelfde sector actief zijn. De EPI kan per dienstverlener anders zijn door verschillen in bijvoorbeeld routes, netwerken en rijgedrag.

Ook vergelijken van verschillende modaliteiten is waardevol. Met name voor programma's die zich richten op het stimuleren van een modal shift is het van toegevoegde waarde om de impact daarvan, niet alleen op basis van CO₂-uitstoot, uit te kunnen drukken. Ten slotte kan er vergeleken worden over tijd: hoe verandert het energiegebruik van één specifieke vervoerder? Bijvoorbeeld door de implementatie van maatregelen die tot efficiëntieverbeteringen moeten leiden. Dit is in potentie een belangrijk onderscheidend kenmerk van de EPI ten opzichte van een indicator die zich alleen richt op CO₂, want CO₂-emissies zeggen niets over energiegebruik als er gebruik wordt gemaakt van verschillende energiedragers én zeker niet als alle voertuigen elektrisch worden aangedreven.

Een vraag die de vergelijking binnen en tussen modaliteiten overstijgt, maar door de focus op energiegebruik mogelijk meer en meer naar voren zal komen: waar worden schaarse energiebronnen voor ingezet? Een EPI kan duidelijk maken hoeveel beslag een bepaalde transportvraag legt op de hoeveelheid beschikbare energie.

We plaatsen hierbij wel de kanttekening dat een overall indicator niets zegt in de mate waarin de energie schaars is. Het aantal MJ dat nodig is voor het gebruik van groene elektriciteit wordt gelijk gewogen met de hoeveelheid MJ die nodig is voor het gebruik van HVO of fossiele diesel. Deze drie energiebronnen zijn niet in gelijke mate schaars. Terwijl de inzet van 1 MJ fossiele diesel niet wenselijk is vanwege CO₂-uitstoot en uitputting van de (nog zeer grote) voorraden olie, leggen een MJ HVO en groene elektriciteit beslag op de nog schaarse productiecapaciteit van HVO en groene elektriciteit. Een overstap van een diesel aangedreven voertuig naar een batterij-elektrisch voertuig zal leiden tot een lagere MJ per transportprestatie en minder beslag op de totale energievoorraad, maar tot een hoger beslag op de groene elektriciteitsproductie.

Meer inzicht kan worden verkregen door onderscheid te maken naar de verschillende type energiedragers. Omdat hernieuwbare energiedragers op dit moment over het algemeen schaars zijn en fossiele in principe niet kan ook gekozen worden voor een onderscheid tussen hernieuwbare energie en fossiele energie.

4.1.1 Voorbeelden

Wij maken drie voorbeeldvergelijkingen, om te laten zien hoe de EPI Totaal hiervoor gebruikt kan worden. Behalve de EPI Totaal laten we ook de EPI A en EPI B in deze vergelijking zien. Dit is echter vooral bedoeld om te illustreren dat het gebruik van de deelindicatoren als vergelijking gelimiteerd zijn. De EPI Totaal is in alle gevallen de beste manier om de energieprestatie tussen verschillende situaties te vergelijken.

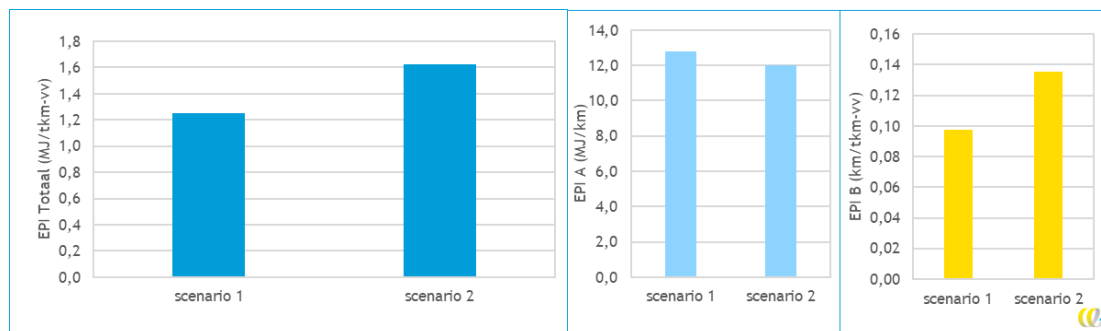
Vergelijking 1: Verschil in voertuigcapaciteit

In deze vergelijking rijden twee vrachtwagens dezelfde vracht van 3.000 ton van Rotterdam naar Duisburg (vogelvluchtafstand van 200 km). In Scenario 1 wordt deze vracht gereden door een grotere vrachtwagen met een capaciteit van 27 ton, terwijl in Scenario 2 een kleinere vrachtwagen van 19,5 ton deze vracht rijdt. Omdat de kleinere vrachtwagen vaker moet rijden, gebruikt deze netto meer energie. Dat wordt direct duidelijk uit de EPI Totaal, die voor de kleinere vrachtwagen hoger is.

Uit EPI A blijkt dat het energiegebruik per kilometer van de grotere vrachtwagen in principe hoger is, omdat dit een zwaardere en groter voertuig is.³ Uit EPI B blijkt dat de logistieke efficiëntie van de grotere vrachtwagen daarentegen hoger is, wat in dit geval wordt veroorzaakt doordat deze minder ritten hoeft te maken voor dezelfde vracht.

³ Deze waarde is niet afhankelijk van de belading, omdat het een gestandaardiseerde testwaarde betreft.

Figuur 4 – Vergelijking tussen een vrachtwagen van 27 ton (Scenario 1) en een vrachtwagen van 19,5 ton (Scenario 2), gegeven dezelfde vervoersvraag

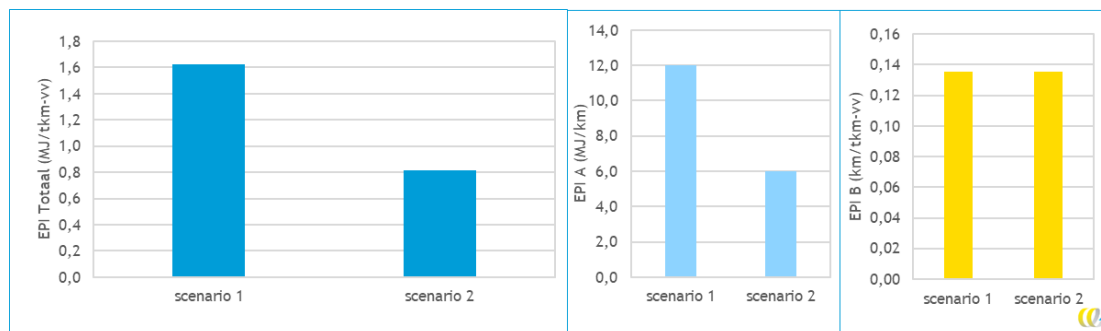


Vergelijking 2: Verschil in brandstof

In deze vergelijking rijden opnieuw twee vrachtwagens dezelfde vracht van 3.000 ton van Rotterdam naar Duisburg (vogelvluchtafstand van 200 km). In Scenario 1 wordt deze vracht gereden door een vrachtwagen met een capaciteit van 19,5 ton die op diesel rijdt, terwijl in Scenario 2 een vrachtwagen van dezelfde capaciteit elektrisch rijdt. Omdat de elektrische vrachtwagen per kilometer minder energie gebruikt dan de dieselvrachtwagen, is de EPI Totaal in Scenario 2 lager.

Uit EPI A blijkt dit verschil in energiedrager, terwijl uit EPI B blijkt dat de logistieke efficiëntie in beide situaties precies gelijk is: men rijdt in beide situaties immers precies dezelfde route met dezelfde beladingsgraad.

Figuur 5 – Vergelijking tussen een dieselvrachtwagen van 19,5 ton (Scenario 1) en een elektrische vrachtwagen van 19,5 ton (Scenario 2), gegeven dezelfde vervoersvraag

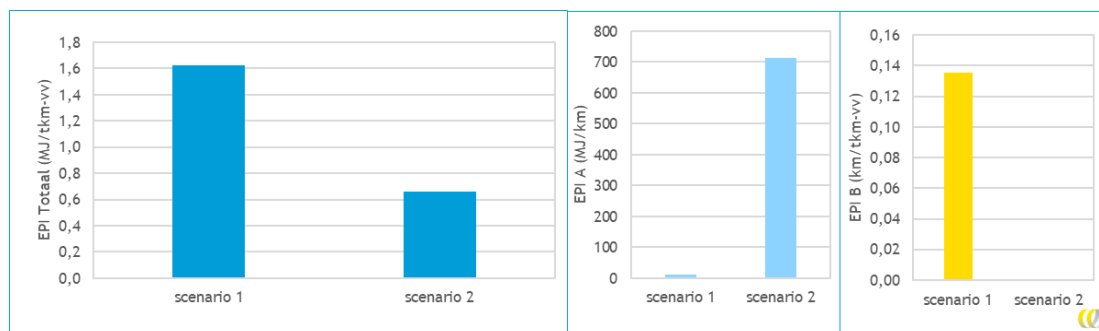


Vergelijking 3: Verschil in modaliteit

In deze vergelijking vervoert in Scenario 1 een vrachtwagen een vracht van 3.000 ton van Rotterdam naar Duisburg (vogelvluchtafstand van 200 km). In Scenario 2 wordt deze vracht in één keer vervoerd door een binnenvaartschip met een capaciteit van 4.200 ton. Omdat het binnenvaartschip maar één keer de afstand hoeft af te leggen, is de EPI Totaal in dit scenario lager.

Uit EPI A blijkt dit het energiegebruik per kilometer van het binnenvaartschip veel hoger is dan van de vrachtwagen. Dat is logisch, omdat deze ook een veel grotere capaciteit heeft. De logistieke efficiëntie (EPI B) is daarentegen juist veel lager, omdat er veel meer vracht in één keer vervoerd wordt.

Figuur 6 – Vergelijking tussen een dieselvrachtwagen van 19,5 ton (Scenario 1) en een binnenvaartschip van 4.200 ton (Scenario 2), gegeven dezelfde vervoersvraag



Uit deze laatste vergelijking blijkt ook dat de EPI A en EPI B geen geschikte indicatoren zijn om de prestatie van verschillende vervoerswijzen te vergelijken: de ordegrrootte van de deelindicatoren kan zodanig verschillen, dat vergelijkingen niet zinvol zijn. De EPI Totaal is juist een goede algemeen inzetbare indicator ter vergelijking, omdat alle informatie over de energieprestatie hierin zit.

4.2 Operationele impact

Vanuit de EPI kan naar voren komen wat de impact is van veranderingen in de transport-operatie. De doorgevoerde veranderingen kunnen specifiek als doel hebben om tot efficiëntieverbeteringen te leiden, maar kunnen ook het gevolg zijn van nieuwe voertuigen, nieuwe klanten en daarmee een ander netwerk en/of routing van de voertuigen.

Vervoerders ervaren nu al dat de wens om CO₂ te reduceren een reden is om het vervoer anders in te richten. Een aanvullende indicator, gericht op energiegebruik, kan helpen om de keuze voor een andere inrichting te onderbouwen of nieuwe inzichten bieden om de inrichting te heroverwegen.

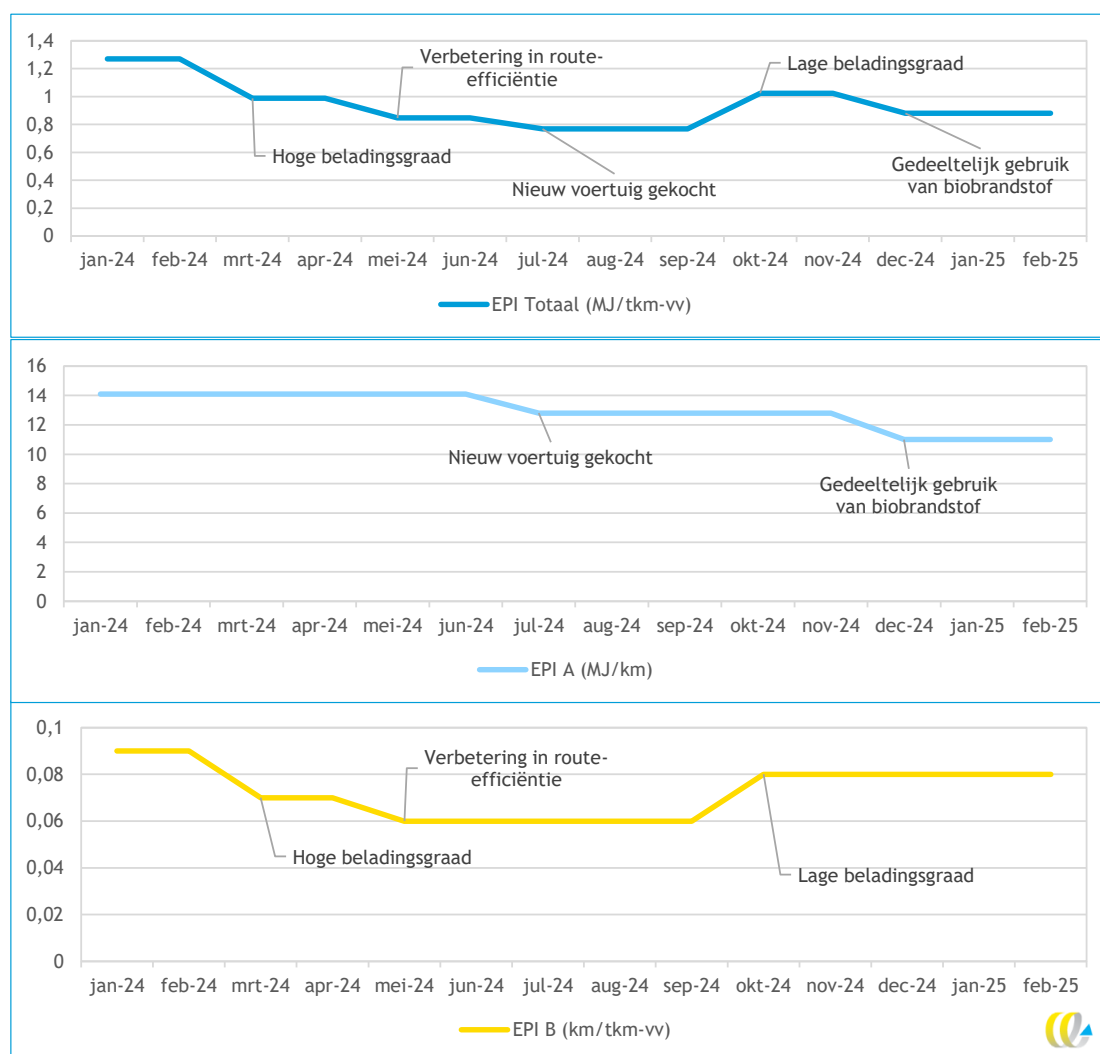
Binnen de logistieke sector wordt veel gesproken over de *logistieke efficiëntie*, waarbij de peilen veelal gericht worden op beladingsgraad, maar er is meer waarop ingezet kan worden. De EPI kan dat concreet en inzichtelijk maken. Het verbeteren van de logistieke efficiëntie is ook één van de onderwerpen waarop ingezet wordt vanuit de middelen die beschikbaar komen vanuit de opbrengsten van de vrachtwagenheffing. Er zijn echter nog geen vormen ontwikkeld om logistieke efficiëntie te meten of aan te tonen. De EPI kan een middel zijn om efficiëntieverbetering, in de vorm van energiegebruik, inzichtelijk te maken.

4.2.1 Voorbeeld

In Figuur 7 is geïllustreerd hoe de monitoring van het energiegebruik op operationele impact valt voor te stellen. In de EPI Totaal zijn de gevolgen te zien van bijvoorbeeld een hoge of lage beladingsgraad, van een nieuw voertuig (dat energie-efficiënter is), en van het gebruik van een andere brandstof.

Wanneer de EPI A en EPI B ook gebruikt worden, is de invloed van deze factoren te onderscheiden naar logistieke efficiëntieverbeteringen en vlootverbeteringen: in EPI A is de aanschaf van het nieuwe voertuig en het gebruik van biobrandstoffen zichtbaar, terwijl EPI B onafhankelijk daarvan de veranderingen in beladingsgraad en de route-efficiëntie laat zien. Zo kan inzicht ontstaan in de logistieke efficiëntie los van de specifieke vloot-samenstelling en vice versa. Dit inzicht kan helpen om slim te kiezen op welke manier het best of meest energie bespaard kan worden, gegeven de situatie.

Figuur 7 – Illustratie van monitoringsmogelijkheden van operationele en voertuigsefficiëntie aan de hand van de energieprestatie-indicator



4.3 Communicatieve waarde

In het verlengde van het vergelijken en beoordelen van de prestaties van de vervoerder(s) om op basis daarvan keuzes te maken/verbeteringen door te voeren, heeft de EPI ook een duidelijke communicatieve waarde. Zo wordt energiegebruik ervaren als tastbaarder effect van handelen dan CO₂. Waardoor het zowel intern als in de discussie met de klant goed gebruikt kan worden:

- intern om te laten zien wat het effect is van bijvoorbeeld rijgedrag;
- met de klant om te bespreken wat het effect is van bijvoorbeeld bestelgedrag, beladingsgraad en routeplanning en op welke manier daar besparingen te realiseren zijn.

In meer algemene zin wordt het als nuttig gezien om de EPI in te zetten bij voorlichting aan bedrijven, waarbij dan met name gedacht wordt aan modal shift, maar dat kan uiteraard ook alleen gericht zijn op logistieke efficiency.

5 Praktijktest

Voor de verdere ontwikkeling van de EPI is de methodiek in de praktijk getoetst aan data van vervoerders uit verschillende sectoren. Door de EPI toe te passen op praktijkdata is onderzocht in hoeverre de gehanteerde formules werkbaar zijn, welke waarden zij opleveren, hoe deze waarden zich onderling tot elkaar verhouden en op welke wijze de resultaten het meest geschikt kunnen worden gepresenteerd en geïnterpreteerd.

Voor deze praktijktest is de EPI berekend voor drie verschillende modaliteiten: wegvervoer, binnenvaart en spoorvervoer. Voor elk van deze modaliteiten is data verzameld van partijen die actief zijn binnen de betreffende sector. Voor zowel de binnenvaart als het wegvervoer is gebruikgemaakt van data afkomstig van vervoerders. Voor het spoorvervoer is data ontvangen van een partij die betrokken is bij het energiebeheer van het spoor.

Om de juiste en meest relevante data te verkrijgen, is intensief contact onderhouden met de betrokken partijen. Op basis van de aangeleverde datasets is vervolgens de EPI berekend. De uitkomsten en bevindingen zijn daarna teruggekoppeld aan de betreffende partijen, zodat de interpretatie van de data kon worden gevalideerd en eventuele onduidelijkheden konden worden opgehelderd. Hoewel de partijen in staat waren het merendeel van de relevante data aan te leveren, bleek het niet in alle gevallen mogelijk om volledige datasets te verkrijgen.

In dit hoofdstuk zijn de resultaten per modaliteit gepresenteerd. Om herleidbaarheid naar individuele partijen te minimaliseren, zijn sommige cijfers veralgemeniseerd. Het hoofdstuk is afgesloten met conclusies over de toepasbaarheid en bruikbaarheid van de EPI-methode op basis van de uitgevoerde praktijktest.

5.1 Weg

Voor het wegvervoer is praktijkdata beschikbaar gesteld door een vervoerder voor vier vrachtauto's over een periode van één jaar. De dataset omvat per rit in deze periode onder meer de afgelegde afstand, het laadvermogen, de herkomst en bestemming, en tankdata.

Van de vier vrachtauto's reden er twee uitsluitend op diesel. Eén reed voornamelijk op diesel en gebruikte daarnaast gedurende twee maanden HVO. De vierde reed op LNG.

5.1.1 Databeschikbaarheid

Een belangrijke beperking van de dataset betreft de beschikbaarheid van brandstofdata. In plaats van brandstofverbruik per rit was uitsluitend tankdata beschikbaar. Het gaat hier om data over hoeveel brandstof op welke datum werd getankt. Dit leidt tot een timing-probleem bij het toerekenen van energieverbruik aan specifieke ritten of perioden. Wanneer bijvoorbeeld op 31 januari wordt getankt, wordt de volledige getankte hoeveelheid administratief aan januari gekoppeld, terwijl een deel van deze brandstof in werkelijkheid wordt verbruikt tijdens ritten in februari. Hierdoor is het niet mogelijk om het energiegebruik eenduidig toe te wijzen aan afzonderlijke ritten of korte tijdsintervallen.

Deze beperking is met name relevant wanneer de EPI op een hoog detailniveau (bijvoorbeeld per rit, dag, week of maand) wordt berekend. Op een meer geaggregeerd niveau, zoals jaarlijks en op vlootniveau, is deze beperking minder zwaarwegend. Schommelingen in het moment van tanken middelen elkaar dan gemiddeld uit.

Voor de berekening van EPI A en EPI B zijn testwaarden ontleend aan WLTP-datasets. Deze datasets bevatten testwaarden van een groot aantal vrachtauto's, maar bleken niet voor alle voertuigen in deze praktijktest volledig beschikbaar. De vervoerder heeft daarom aanvullende testcertificaten van de betrokken trucks aangeleverd, zodat EPI A en EPI B alsnog konden worden berekend.

5.1.2 Interpretatie van de EPI

Gezien de beperkingen in de beschikbare brandstofdata bleek het in deze praktijktest het meest zinvol om de EPI te berekenen over de volledige meetperiode per vrachtauto, in plaats van op het niveau van afzonderlijke ritten of kortere tijdsintervallen. Alternatieve methoden, zoals het werken met gemiddelde verbruiken per kilometer over een lange periode of het analyseren van verbruik van tankbeurt tot tankbeurt, zijn overwogen, maar binnen de scope van deze test niet verder uitgewerkt.

De resultaten van de EPI-berekeningen per truck zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 – Praktijktest weg EPI resultaten per truck

Vrachtauto	EPI totaal (MJ/tkm _{v,w})	EPI A (MJ/km)	EPI B (km/tkm _{v,w})
1. Diesel	1,2	14,2	0,083
2. Diesel	1,2	14,8	0,080
3. Diesel + 2 maanden HVO	0,9	13,0	0,072
4. LNG	1,4	14,6	0,096

De twee dieselvrachtauto's worden voornamelijk ingezet voor kortere afstanden. Dit is relatief minder efficiënt, omdat korte ritten doorgaans gepaard gaan met een hoger aandeel niet-productieve kilometers en tijd, zoals stadsverkeer en veel optrekken en afremmen. Deze factoren leiden tot een hoger energieverbruik per gerealiseerde vervoersprestatie-eenheid en daarmee tot een hogere EPI Totaal.

De vrachtauto die (deels) op HVO reed, werd ingezet op langere afstanden. Langeafstandstransport is doorgaans efficiënter, omdat het voertuig langduriger met een constante snelheid kan rijden en minder vaak hoeft te stoppen. Dit resulteert in een gunstigere verhouding tussen energie-inzet en vervoersprestatie, wat terug te zien is in de lagere EPI Totaal.

De LNG-vrachtauto werd eveneens ingezet op langere afstanden, maar vervoerde voornamelijk levensmiddelen. In deze goederenstroom was de beladingsgraad over het algemeen lager, waardoor per gereden kilometer minder tonkilometers werden gerealiseerd. Dit resulteert in een hogere EPT Totaal, ondanks dat het energiegebruik per kilometer vergelijkbaar kan zijn met dat van andere vrachtauto's.

Deze resultaten laten zien dat de EPI niet alleen wordt beïnvloed door het voertuig of de gebruikte brandstof, maar in sterke mate door de logistieke inzet en het type goederen. Verschillende goederenstromen vragen om verschillende logistieke aanpakken, wat zich direct vertaalt in verschillen in de EPI.

De resultaten van alle vier de vrachtauto's zijn samengevat in Tabel 7.

Tabel 7 – Resultaten praktijktest weg

Aspect	Resultaat
Modaliteit	Weg
Detailniveau	4 vrachtauto's
Periode	1 jaar
EP Totaal (MJ/tkm _v)	1,2
EPI A (MJ/km)	14,2
EPI B (km/tkm _v)	0,08

5.2 Binnenvaart

Voor de binnenvaart is praktijkdata beschikbaar gesteld van één containerschip over de periode van zes maanden. Gedurende deze periode voer het schip een vaste containerlijndienst tussen twee havens (één binnenhaven en één zeehaven), waarbij telkens dezelfde route werd afgelegd.

5.2.1 Databeschikbaarheid

Over het algemeen was goede data beschikbaar voor zowel de vervoerde lading als de vogelvluchtafstand. Deze gegevens zijn ontvangen van de vervoerder en bleken voldoende gedetailleerd en consistent om te kunnen worden gebruikt in de EPI-berekeningen.

Voor het brandstofgebruik was de databeschikbaarheid en nauwkeurigheid beperkter. De vervoerder beschikte niet over gedetailleerde brandstofdata op het gewenste detailniveau. Daarom is aanvullend gebruikgemaakt van data van een externe partij die het brandstofverbruik afleidt op basis van het toerental van de motor. Het koppelen van deze datasets aan de operationele gegevens van de vervoerder vergde enige tijd, onder andere vanwege verschillen in de gehanteerde datastructuur.

Daarnaast is deze brandstofdata niet volledig accuraat, omdat bepaalde verbruikscomponenten niet zijn meegenomen. Zo is het brandstofgebruik van hulpaggregaten aan boord buiten beschouwing gebleven. Deze beperking is met name relevant bij berekeningen op een hoog detailniveau, bijvoorbeeld per omloop of per traject. Voor berekeningen op vlootniveau is echter vooral tankdata (brandstofinnames en/of verbruiksregistraties op hoger aggregatieniveau) van belang, en dergelijke gegevens waren bij de vervoerder wel beschikbaar.

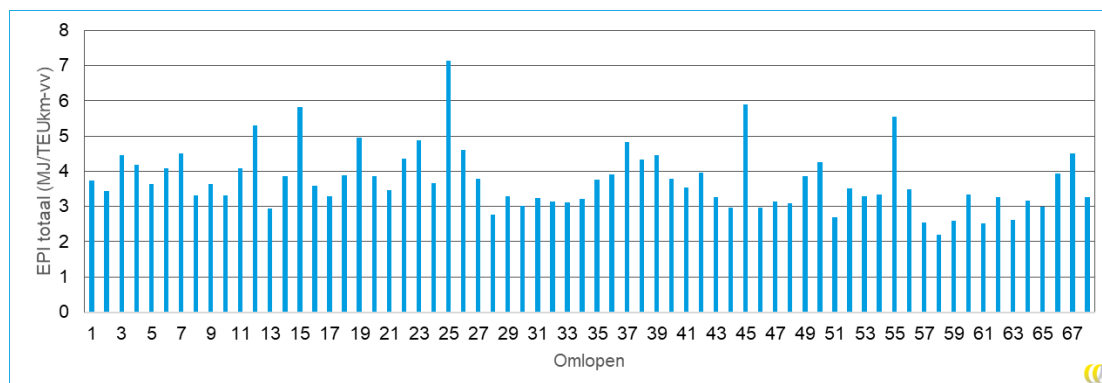
Tot slot zijn de testwaarden van het schip voor het berekenen van EPI A en EPI B afkomstig uit [STREAM Goederenvervoer](#). Daarbij geldt dat de onderliggende methodiek voor het bepalen van de testwaarde minder robuust is dan de methodiek die voor het wegvervoer wordt gehanteerd, wat consequenties kan hebben voor de vergelijkbaarheid en betrouwbaarheid van de resultaten binnen deze modaliteit.

5.2.2 Interpretatie van de EPI

Op basis van de beschikbare data kon de EPI in eerste instantie worden bepaald op het niveau van afzonderlijke omlopen. Dit bleek het meest zinvolle gedetailleerde niveau, omdat er een significant verschil bestaat in brandstofverbruik tussen stroomopwaartse en stroomafwaartse vaarten. Dit verschil heeft een invloed op de EPI. Tijdens stroomopwaartse vaarten is het brandstofverbruik hoger, wat resulteert in een hogere (minder efficiënte) EPI dan bij stroomafwaartse vaarten.

Figuur 8 toont de totale EPI per omloop. Daarbij is de prestatie-eenheid uitgedrukt in TEUkilometer in plaats van tonkilometer. De keuze voor TEU-kilometer is gemaakt omdat in de containerlogistiek niet alleen het vervoerde gewicht relevant is, maar ook het aantal containers. Lege containers hebben weliswaar een laag gewicht, maar zijn logistiek noodzakelijk om te vervoeren. Door gebruik te maken van TEUkilometers wordt deze logistieke realiteit beter weerspiegeld in de EPI. Voor de vergelijkbaarheid met de andere modaliteiten is aan het einde van deze sectie ook de resultaten beschreven wanneer tonkilometer als eenheid voor de EPI gebruikt wordt.

Figuur 8 – Praktijktest binnenvaart EPI totaal (in MJ/TEUkm_{vv})



De fluctuaties in de EPI Totaal tussen afzonderlijke omlopen zijn voornamelijk toe te schrijven aan variaties in de bezettingsgraad van het schip. Wanneer het schip niet het maximale aantal containers vervoert dat het kan laden, stijgt de EPI. Dit is onder andere zichtbaar bij omlopen 15, 25, 45 en 55, waar de bezettingsgraad relatief laag was en de EPI daardoor hoger uitviel dan het gemiddelde. Ook eb en vloed en de sterkte van de stroming, wat zorgt voor fluctuaties in het brandstofgebruik per omloop, verklaart een deel van de variabiliteit in de EPI.

In de bespreking van de resultaten met de vervoerder kwam naar voren dat een EPI-bepaling op scheepsniveau slechts in beperkte mate representatief is voor de efficiëntie van de binnenvaart als modaliteit. Dit komt doordat de uiteindelijke efficiëntie van een schip sterk wordt beïnvloed door logistieke keuzes en operationele randvoorwaarden, zoals routekeuze, vaarschema's, wachttijden bij terminals en de planning van ladingstromen. De EPI is daarmee niet alleen een afspiegeling van de technische prestaties van het schip, maar vooral van de wijze waarop het schip binnen het logistieke proces wordt ingezet.

Een concreet voorbeeld hiervan is het optreden van vertragingen bij terminals. Wanneer een schip door wachttijden achterloopt op de planning, kan ervoor worden gekozen om met een hoger vermogen te varen om alsnog op tijd de volgende haven te bereiken. Dit leidt tot een hoger brandstofverbruik en daarmee tot een hogere EPI, zonder dat dit noodzakelijkerwijs iets zegt over de structurele efficiëntie van het schip zelf.

In veel gevallen zal daarom de EPI totaal op vlootniveau representatiever zijn dan op scheepsniveau. Voor de volledigheid zijn in Tabel 8 ook EPI A en EPI B opgenomen.

Tabel 8 – Resultaten praktijktest binnenvaart, op basis van TEUkilometer

Aspect	Resultaat
Modaliteit	Binnenvaart
Detailniveau	1 schip
Periode	6 maanden
EPI Totaal (MJ/TEUkm _{vv})	3,2
EPI A (MJ/km)	902
EPI B (km/TEUkm _{vv})	0,0040

Zoals eerder in deze paragraaf is aangegeven, is voor de eenheid van deze casus gekozen voor TEUkilometer in plaats van tonkilometer omdat in de containerlogistiek niet alleen het vervoerde gewicht relevant is, maar ook het aantal containers. TEUkilometer weerspiegelt daarmee de logistieke realiteit beter. Om toch een idee te krijgen van hoe de EPI voor de binnenvaart zich verhoudt ten opzichte van de andere modaliteiten, geeft Tabel 9 de resultaten weer wanneer de EPI berekend is op basis van tonkilometer

Tabel 9 – Resultaten praktijktest binnenvaart, op basis van tonkilometer

Aspect	Resultaat
Modaliteit	Binnenvaart
Detailniveau	1 schip
Periode	6 maanden
EPI Totaal (MJ/tkm _{vv})	0,3
EPI A (MJ/km)	902
EPI B (km/tkm _{vv})	0,00039

5.3 Spoor

Voor de praktijktest in het spoorgoederenvervoer is gebruikgemaakt van een dataset die alle treinbewegingen voor goederenvervoer in Nederland omvat over een maand. De dataset bevat data op het niveau van individuele treinen en per baanvaksector. Per trein en baanvak zijn onder meer de afgelegde afstand, het brutogewicht, de netto energieconsumptie en de herkomst- en bestemmingscoördinaten beschikbaar.

De dataset omvat bovendien ook lege treinbewegingen, evenals shunting (rangeerbewegingen) en stabling (opstellen/parkeren).

5.3.1 Databeperkingen

Een eerste beperking van de spoordataset is het ontbreken van netto ladingsgewicht. Dit gewicht is noodzakelijk voor de EPI-methodiek, omdat de vervoersprestatie (tonkilometers) gebaseerd is op het daadwerkelijk vervoerde laadgewicht. De dataleverancier verzamelt deze informatie niet voor de eigen doeleinden, waardoor het netto ladingsgewicht niet in de ontvangen dataset is opgenomen.

Om desondanks een EPI-berekening mogelijk te maken, is het netto ladingsgewicht geschat op basis van aannames. Daarbij deed zich echter een tweede complicatie voor. Om van het bruto treingewicht naar netto lading te komen, moet het eigengewicht van locomotief en wagons (tare weight) worden afgetrokken van het brutogewicht in de dataset.

Dit eigengewicht varieert sterk per treintype en samenstelling. De dataset bevatte echter geen indicatie van het type goederen of het treintype, waardoor het eigengewicht en daarmee het netto ladingsgewicht niet eenduidig zijn af te leiden.

Een aanvullende beperking is dat de dataset zowel lege als beladen treinbewegingen bevat. Omdat de EPI-methodiek alleen van volle treinen uitgaat, dienen de lege treinbewegingen uit de data worden gefilterd. Echter, omdat de dataset alleen brute treingewicht bevat, is het niet mogelijk deze lege treinen betrouwbaar uit de dataset te halen. Een lege trein kan namelijk een brutogewicht hebben dat vergelijkbaar is met een beladen trein in een andere categorie. Een lege kolentrein kan bijvoorbeeld circa 1.200 ton wegen, wat in dezelfde orde van grootte ligt als het brutogewicht van sommige beladen intermodale treinen.

Voor de volledige dataset was het daardoor niet mogelijk om uitsluitend beladen ritten te selecteren of om het netto ladingsgewicht systematisch en nauwkeurig te bepalen.

5.3.2 Interpretatie van de data

Hoewel een accurate bepaling van het nettogewicht voor de volledige dataset niet haalbaar was, bleek het wel mogelijk om een aantal ritten te identificeren waarbij het aanmerkelijk is dat sprake was van een specifiek treintype en een beladen rit. Voor deze ritten was het mogelijk de EPI te bepalen. Het gaat daarbij om een rit met een ertstrein, een rit met een kolentrein, en twee ritten met een intermodale trein. Hiervoor zijn de volgende indicatieve gemiddelde waarden gebruikt om bruto naar netto te converteren:

- Ertstrein: circa 5.400 ton bruto, circa 3.800 ton netto;
- Kolentrein: circa 4.000 ton bruto, circa 2.500 ton netto;
- Intermodaal: circa 1.300 ton bruto, circa 600 ton netto.

Tabel 10 laat de resultaten van de vier voorbeeldritten zien.

Tabel 10 – EPI-resultaten spoor voor verschillende treinritten

Type	EPI totaal [MJ/tkm _{v_v}]	Opmerking
Ertstrein	0,05	Deze rit gaat van Rotterdam naar de Duitse grens via de Betuweroute.
Kolentrein	0,06	Idem als hierboven, het betreft een rit van Rotterdam naar de Duitse grens.
Intermodale trein #1	0,06	Idem als hierboven, het betreft een rit van Rotterdam naar de Duitse grens.
Intermodale trein #2	0,50	Deze rit gaat van Tilburg via Den Bosch naar Rotterdam. Dit is een voorbeeld van een relatief inefficiënte route. Waarschijnlijk was het door omstandigheden noodzakelijk voor deze trein om uit te wijken via Den Bosch. Deze rit is gekozen als voorbeeld van een relatief inefficiënte route.

Een eerste observatie is dat efficiënte ritten, waarbij een goederentrein relatief weinig hoeft af te remmen en een stabiel rijprofiel kan aanhouden, uitkomen op een EPI Totaal rond 0,05-0,06 MJ/tkm_{v_v} (ritten #1, #2 en #3). Dit betreft de drie ritten op de Betuweroute. Via deze route is een relatief constante doorstroming mogelijk wat erg efficiënt is. De ritten kunnen worden beschouwd als representatieve voorbeelden van lage EPI-waarden binnen het spoorgoederenvervoer.

Dezelfde voorbeeldritten laten tevens zien dat de EPI Totaal tussen verschillende goederencategorieën relatief weinig verschilt. Dat is verklaarbaar vanuit de sterke relatie tussen energiegebruik en treingewicht. Zwaardere treinen verbruiken meer energie, maar realiseren ook meer vervoersprestatie (meer tonkilometers). Deze effecten heffen elkaar in belangrijke mate op, waardoor de EPI Totaal, uitgedrukt per tonkilometer, in veel gevallen binnen een vergelijkbare bandbreedte blijft.

Rit #4 is daarentegen bewust geselecteerd als extreem voorbeeld met een zeer hoge EPI Totaal, om de oorzaken van inefficiëntie te analyseren. De hoge EPI wordt door een combinatie van factoren verklaard:

- De trein reed tussen Tilburg en Rotterdam, maar nam door omstandigheden niet de kortste route via Breda en reed via Den Bosch. Hierdoor is de afgelegde afstand fors groter dan de vogelvluchtafstand, wat de EPI verhoogt. Er wordt immers meer energie ingezet per eenheid 'effectieve' verplaatsing.
- De energieconsumptie wordt niet alleen door massa bepaald, maar ook door het rijprofiel, met name het aantal momenten waarop een trein moet afremmen en opnieuw moet optrekken. Dit kost relatief veel energie. Op de Betuweroute kunnen goederentreinen doorgaans constanter doorrijden. Op het conventionele net is er vaker interactie en concurrentie met personenvervoer, wat leidt meer afremmen en optrekken, en dus meer energieverbruik per tonkilometer.

- Ook dragen verschillen in elektrische tractievoorzieningen tussen routes bij. Op de Betuweroute is de spanning hoger, wat efficiënter is.

Door deze combinatie van factoren resulteert rit #4 in een hoge EPI Totaal van 0,50 MJ/tkm_{vv}.

Om toch een indruk te krijgen van de EPI Totaal van de volledige dataset van een maand is een generieke conversie van bruto- naar nettotonnage toegepast. Daarbij is uitgegaan van een generiek gemiddelde van 792 ton netto per trein op basis van CBS (lopend). Op basis hiervan komt de EPI Totaal voor de gehele dataset uit op 0,12 MJ/tkm_{vv}. Deze waarde is dus inclusief lege treinen, omdat lege ritten niet betrouwbaar konden worden uitgesloten van de dataset. In de praktijk ligt de EPI voor beladen spoorgoederenvervoer naar verwachting lager.

Tot slot geldt dat EPI A en EPI B voor spoor in deze praktijktest niet konden worden berekend, omdat testwaarden van de locomotieven niet beschikbaar waren. De analyse voor spoor richt zich daarom uitsluitend op EPI Totaal.

Deze resultaten zijn samengevat in Tabel 11.

Tabel 11 – EPI resultaten praktijktestspoor

Aspect	Resultaat
Modaliteit	Spoor
Detailniveau	Alle goederentreinen, inclusief lege
Periode	1 maand
EPI Totaal (MJ/tkm _{vv})	Uiteenlopend van 0,05-0,5, met een gemiddelde van naar verwachting rond de 0,12
EPI A (MJ/km)	Niet te berekenen
EPI B (km/tkm _{vv})	Niet te berekenen

5.4 Bevindingen

De resultaten van de uitgevoerde praktijktesten laten zien hoe de energieprestatie per vervoersmodaliteit uiteenloopt, Tabel 12. Daarbij moet worden opgemerkt dat de onderlinge vergelijkbaarheid beperkt is, aangezien de praktijktesten betrekking hebben op verschillende perioden, routes en typen goederen. Afhankelijk van deze factoren kan de EPI aanzienlijk variëren.

Tabel 12 – Resultaten van de drie praktijktesten, in tonkilometer

Modaliteiten	EPI Totaal (MJ/tkm _{vv})
Weg	1,2
Binnenvaart ^a	0,3
Spoor	0,12

^A Voor containerbinnenvaart is TEUkilometer een passender eenheid, maar in deze tabel is tonkilometer gebruikt voor de vergelijking met andere modaliteiten.

De resultaten laten zien dat de EPI Totaal voor wegvervoer hoger is dan voor spoor en binnenvaart. Dit ligt in de lijn der verwachting, aangezien wegvervoer per rit aanzienlijk minder lading kan vervoeren dan de andere modaliteiten.

Wat betreft de vergelijking tussen spoor en binnenvaart kan, gezien de grote vervoerscapaciteit van binnenvaartschepen, een relatief lage EPI worden verwacht. In deze casus betreft het echter containervervoer per binnenvaart, waarbij de benutting wordt begrensd door het beschikbare volume aan boord en niet door het vervoerde gewicht. Het gebruik van tonkilometer als eenheid kan daardoor een minder representatieve weergave geven van de energieprestatie van containerbinnenvaart.

EPI A en EPI B van de verschillende modaliteiten hebben we bewust niet opgenomen in het overzicht omdat de getallen tussen modaliteiten niet te vergelijken zijn, doordat deze indicatoren op verschillende schalen zijn gedefinieerd en daarmee een andere interpretatie vereisen. Over het algemeen laat de praktijktest zien dat de EPI-methodiek in alle drie de onderzochte modaliteiten kan worden toegepast, maar dat de uitvoerbaarheid in sterke mate afhankelijk is van de beschikbaarheid en kwaliteit van de onderliggende data. In alle gevallen bleken de kernvariabelen (zoals energie- of brandstofgebruik, afgelegde afstand en gerealiseerde vervoersprestatie) bepalend voor de mogelijkheid om de EPI te berekenen. In de praktijk was deze data niet altijd direct in de gewenste vorm beschikbaar, waardoor aanvullende afstemming met dataleveranciers en het maken van aannames noodzakelijk waren. Voor het wegvervoer speelde dit met name bij het gebruik van tankdata in plaats van verbruiksdata per rit, bij de binnenvaart bij het ontbreken van gedetailleerde brandstofmetingen, en bij het spoor bij het ontbreken van informatie over netto lading en het onderscheid tussen lege en beladen ritten. Vooral bij spoor lijkt databeschikbaarheid de grootste uitdaging. De EPI-methodiek is daarmee berekenbaar, maar wel duidelijk data gedreven.

Daarnaast blijkt de EPI robuuster en beter te interpreteren op een geaggregeerd niveau dan op een hoog detailniveau. Op rit-, omloop- of treinniveau kunnen timingproblemen en onbetrouwbare data een relatief grote invloed hebben op de uitkomst. Voorbeelden hiervan zijn het toerekenen van tankbeurten aan specifieke ritten, het buiten beschouwing blijven van hulpaggregaten bij binnenvaartschepen, en de onzekerheid rond leeg- en beladen ritten in het spoorvervoer.

Wanneer de EPI echter wordt berekend over langere perioden of op een hoger aggregatieniveau, zoals per voertuig over een jaar, per schip over meerdere maanden, of per corridor of maandgemiddelde, middelen deze effecten elkaar grotendeels uit en ontstaat een representatiever beeld van de energie-efficiëntie.

Uit de analyse volgt bovendien dat de EPI in sterke mate iets zegt over de logistieke inzet en in beperkte mate over de efficiëntie van het voertuig, schip of de locomotief op zichzelf. De uitkomsten worden sterk beïnvloed door factoren zoals beladingsgraad, het rij- of vaarprofiel (bijvoorbeeld veel of weinig remmen en optrekken, met de stroming mee of tegen de stroming invaren), routekeuze, en operationele omstandigheden zoals wachttijden, verstoringen en de bredere logistieke planning waarin het voertuig wordt ingezet. Daarmee fungeert de EPI niet alleen als een technische indicator, maar ook als een logistieke indicator die inzicht geeft in de manier waarop materieel binnen het transportproces wordt ingezet.

Deze constatering toont ook het belang aan van de logistieke context bij de interpretatie van de EPI. Een lage EPI-waarde betekent niet automatisch dat sprake is van efficiënt materieel, en een hoge EPI-waarde wijst niet per definitie op inefficiënte inzet van voertuig, schip of locomotief.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport hebben we een voorstel gepresenteerd voor de definitie van een energieprestatie-indicator (EPI). De EPI is qua vormgeving vergelijkbaar met de CPI. We definiëren de EPI als de hoeveelheid energie in een Well-to-Wheel perspectief die nodig is geweest voor een bepaalde transportprestatie. Door voor het Well-to-Wheel-energiegebruik te kiezen komen zowel de effecten van logistieke keuzes (belading, routing), rijstijl, voertuigkeuze (energiegebruik per kilometer) en brandstofkeuze tot uiting in de indicator. Met deze voorgestelde definitie is het berekenen van de EPI mogelijk met data die voorhanden is. Om onderscheid te maken tussen voertuiggebruik en voertuigdesign hebben we naast de totaalindicator ook twee deelindicatoren voorgesteld die beide apart kunnen weergegeven.

Met de EPI kunnen transportprestaties worden vergeleken binnen een modaliteit (bijvoorbeeld diesel met elektrisch) en tussen modaliteiten (bijvoorbeeld wegtransport met spoor). De EPI geeft ook inzicht in hoe veranderingen in routeplanning, rijgedrag en beladingsgraad het energiegebruik beïnvloeden. De EPI is een belangrijke aanvulling op de CPI, die voor hernieuwbare energiedragers richting een waarde van 0 gaat en in dat geval geen informatie meer geeft over de efficiëntie van het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. De EPI doet dit wel. Onderscheid tussen fossiele energie en hernieuwbare energie draagt bij aan een beter begrip van het effect op verduurzaming.

Met de opsplitsing om design indicator en de logistieke efficiëntie-indicator kan een vervoerder een genuanceerder beeld krijgen over optimalisatiekansen. De deelindicatoren hebben echter ook zijn beperkingen. Daarom adviseren wij te focussen op de indicator van de totale energieprestatie.

De toets met praktijkdata van de modaliteiten weg, binnenvaart en spoor laten zien dat de indicator toepasbaar is voor alle drie de modaliteiten, maar sterk afhankelijk van de data-beschikbaarheid. In deze verkenning werd duidelijk dat met name voor het spoor de data vanuit één bron onvoldoende is om de exacte EPI te kunnen berekenen. De uitkomsten van deze eerste praktijktest verhouden zich overigens wel tot elkaar zoals we dat van tevoren verwachtte: het energiegebruik per tonkilometer is het hoogste voor het wegvervoer, daarna de binnenvaart en ligt het laagste voor het spoorvervoer.

Doordat de data waarmee getest is beperkt was en van elkaar verschilden zoals perioden, routes en goederensoorten is de onderlinge vergelijkbaarheid beperkt. Specifiek voor de containerbinnenvaart is gebleken dat MJ/tonkm minder representatief is dan MJ/TEUkm.

Daarnaast blijkt de EPI robuuster op geaggregeerd niveau dan op week of rit-/omloop-niveau, omdat meet- en toerekenproblemen dan uitmiddelen. Ten slotte vraagt de interpretatie van de uitkomsten logistieke context: de EPI zegt in de praktijk vaak meer over logistieke inzet (belading, route, rij-/vaarprofiel, verstoringen) dan puur over technische efficiëntie van het materieel.

Een EPI wordt als waardevolle toevoeging gezien en kan in de meest brede zin vervoerders, verladers en beleidsmakers helpen bij het maken van strategische keuzes richting duurzamer transport. Op basis van de positieve reacties op de EPI vanuit de klankbordgroep en de eenvoud van de berekening met variabelen die goed beschikbaar zijn om de EPI Totaal te berekenen, adviseren wij Topsector Logistiek door te gaan met de verdere ontwikkeling van de EPI.

Literatuur

- CBS. (lopend, 18-03-2022). *Statline ; spoorvervoer; ladinggewicht, ladingtonkilometer, treinkilometers*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80429ned?q=doorvoer>
- Faber, J., Hanayama, S., & al., e. (2020). *Reduction of ghg emissions from ships : 4th imo ghg study*.
- Google. (lopend). *Carbon free energy for google cloud regions*. <https://cloud.google.com/sustainability/region-carbon>
- RVO. (2025, 15/5/2025). *Energieprestatie indicatoren - beng*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/beng/indicatoren>