

Validatie Lading Performance Indicator (LPI)

Resultaten WP1 intuïtieve test en WP3 desk research referentiemethodieken

Richard Smokers, Siem van Merriënboer | STL

17 December 2024



COLOFON

Project: Validatie LPI

Projectnummer TNO: 060.61428

Rapportnummer: TNO 2024 P12259

Opdrachtgever: Connekt

Datum: 17 december 2024

Aantal pagina's: 83

Auteurs: Richard Smokers en Siem van Merriënboer

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

@2024 TNO

Het auteursrecht van deze TNO deliverable bevindt zich bij TNO.

Inhoud



Bron foto: <https://blog.unicarrierseurope.com/>

Note: WP2 betreft een bijeenkomst om de resultaten van WP1 gezamenlijk te bespreken en is niet in deze rapportage opgenomen.

1. Inleiding
 - Achtergrond en doel project
 - Aanpak TNO
2. Methodiek WP1 intuïtieve test LPI
3. Resultaten WP1 intuïtieve test LPI
 - Casus: Vracht (extra lading)
 - Casus: Horizontale samenwerking
 - Casus: Bestel (rondritten)
 - Casus: Bouwhub (rondritten / directe ritten)
 - Casus: Lood en veren
 - Casus: Verschillende voertuigtypen
 - Casus: Modal shift
4. Conclusies WP1 intuïtieve test LPI
5. Methodiek WP3 desk research referentiemethodieken
6. Resultaten WP3 desk research referentiemethodieken
7. Conclusies WP3 desk research referentiemethodieken

Achtergrond en doel project

Connekt heeft een Lading Performance Indicator (LPI) ontwikkeld met als doel om logistieke bedrijven, op een voor hen eenvoudig uitvoerbare wijze, inzicht te laten verkrijgen in de **belading van hun transportmiddelen** gedurende de hele rit en in de **effecten van maatregelen om de beladingsgraad te verhogen**.

De LPI is bedoeld als indicator die aangeeft hoe efficiënt laadvermogen wordt ingezet. Het gaat dus meer om de effectieve benutting van logistieke assets dan om beladingsgraad in de klassieke zin.

De achterliggende filosofie is verwant aan de methodiek zoals gebruikt voor de reeds bestaande COFRET Performance Indicator (CPI) van Connekt en TSL. TNO heeft bij de ontwikkeling van de CPI ook een bepalende rol gespeeld. Er wordt door Connekt ook gewerkt aan een Energie Performance Indicator (EPI).

Opdracht TNO

Validatie van de voorgestelde LPI als benadering / proxy om de **benutting van logistieke assets te monitoren en te verbeteren**.



Achtergrond en doel project

Aspecten van belang voor validatie van de LPI:

- Weergave van de belading tijdens hele rit (heen en terug)
- Toepasbaarheid voor individuele voertuigen, vloten van voertuigen en logistieke bedrijven/bedrijfsonderdelen
- Weergave van effect inzet andere voertuigen (grotere voertuigen zijn efficiënter: scoren die ook hoger?)
- Toepasbaarheid op (vergelijking van) verschillende modaliteiten
- Impact van verschillende ritten, geografische gebieden en (type) klanten
- Toepasbaarheid voor verschillende eenheden voor lading (gewicht en volume)
- Weergave van juiste 'richting' bij verandering als gevolg van maatregel en proportioneel aan verandering
- Toepasbaarheid voor benchmarken van logistieke activiteiten en bedrijven
- Zo min mogelijk 'loopholes' (kunstmatige manieren om beter te presteren op de LPI)

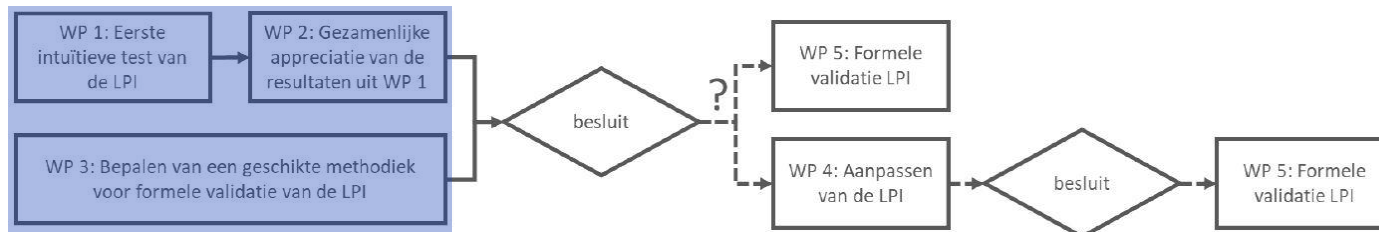


Aanpak TNO

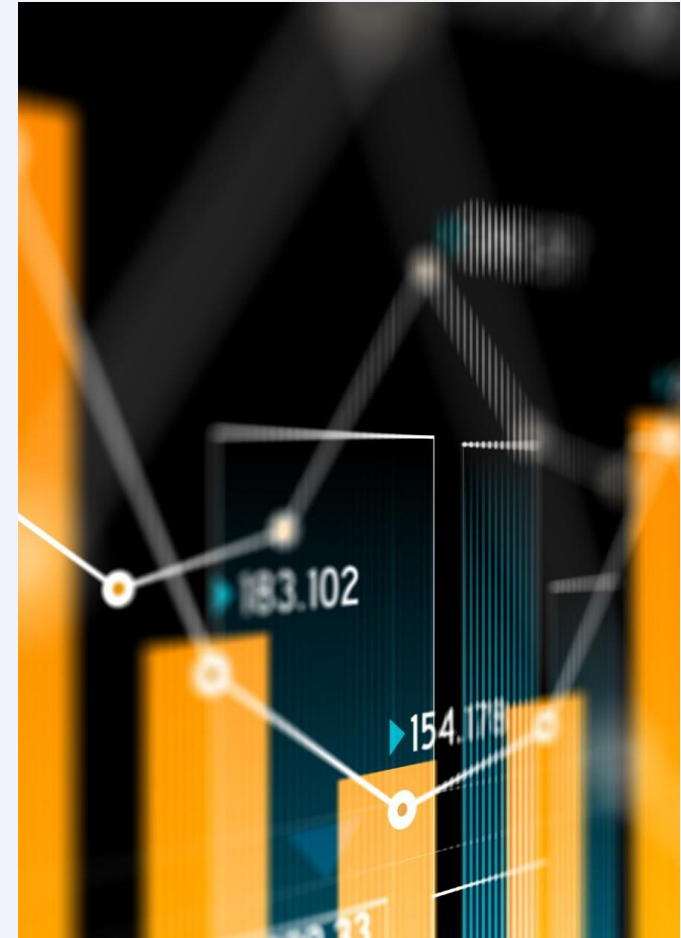
- WP1: Intuïtieve test van de LPI
- WP2: Gezamenlijke appreciatie van de resultaten uit WP1 incl. bepalen van eventueel benodigde aanpassingen
- WP3: Bepalen van geschikte methodiek voor formele validatie van de LPI

Afstemmingsmoment

- WP4: Aanpassen van de LPI
- WP5: Uitvoeren van de formele validatie op basis van de in WP3 gekozen methodiek en een representatieve dataset



Note: de inhoud van deze rapportage betreft WP1 – WP3 (zie blauwe kader in bovenstaand schema). Er is na onderling overleg tussen Connekt en TNO besloten WP4 en WP5 niet meer uit te voeren.



Definitie van de LPI

De door Connekt en Topsector Logistiek ontwikkelde LPI is beschreven in de application note “Lading Performance Indicator (LPI) - Laadcapaciteit maximaal gebruiken”¹. Dit is de LPI op basis van daadwerkelijk gereden afstand (actual driven distance, ADD). Wiskundig kan de LPI als volgt worden geformuleerd:

$$LPI_ADD = \frac{\sum_{i=1}^n Lading_i \times Afstand_ADD_i}{\sum_{i=1}^n Afstand_ADD_i} \quad [\text{tonkm/km} = \text{ton}]$$

De LPI_ADD geeft in de teller de som van de ladingkilometers die over verschillende legs ($i = 1 \dots n$) van een (rond)rit worden vervoerd op basis van de werkelijk gereden afstand (Actual Driven Distance, ADD). De noemer is de totaal door het voertuig gereden afstand (ADD). De legs van een rondrit betreffen de verschillende gereden routes tussen de laad- / lospunten van een rondrit.

De teller van de LPI_ADD is een (benaderende) maat voor de ‘transport performance’ die wordt geleverd met het vervoer van ladingen over verschillende legs van een rit. Deze is gebaseerd op de werkelijk met een voertuig (of voertuigen) gereden afstand (Actual Driven Distance - ADD).

In plaats van [ton] als maat voor de vervoerde lading kan ook volume [m³] worden gebruikt, of andere eenheden zoals europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers.

¹) zie https://carbonfootprinting.org/wp-content/uploads/2024/08/20240815_TSL-Application-note-LPI-NL.pdf

Definitie van de relatieve LPI

Door de transport performance te delen door de totale maximale vervoerscapaciteit, uitgedrukt als de ladingcapaciteit van het voertuig maal de gereden afstand, wordt een relatieve LPI bepaald die vergelijkbaar is met het klassieke begrip **beladingsgraad**:

$$\text{relatieve LPI_ADD} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Lading}_i \times \text{Afstand_ADD}_i}{\text{Capaciteit} \times \sum_{i=1}^n \text{Afstand_ADD}_i} \quad [\%]$$

Ook hiervoor geldt dat in plaats van [ton] als maat voor de vervoerde lading ook volume [m³] kan worden gebruikt, of andere eenheden zoals europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers. De capaciteit in de noemer moet een weergave zijn van de maximale capaciteit van het transportmiddel uitgedrukt in dezelfde eenheid (ton, m³, europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers).

De LPI en relatieve LPI kunnen ook worden toegepast op een verzameling van meerdere ritten die door meerdere voertuigen worden uitgevoerd (een netwerk), in ieder geval voor zover die voertuigen dezelfde capaciteit hebben.

In deze notitie gaan we ervan uit dat een rit eventueel bestaande uit meerdere legs uiteindelijk start en eindigt in hetzelfde punt, en dus ook de lege retourkm's meegerekend worden.

1) zie https://carbonfootprinting.org/wp-content/uploads/2024/08/20240815_TSL-Application-note-LPI-NL.pdf

WP1 – Intuïtieve test van de LPI

De LPI is bedoeld als indicator die aangeeft hoe efficiënt laadvermogen wordt ingezet. Het gaat dus meer om de effectieve benutting van logistieke assets dan om beladingsgraad in de klassieke zin.

De LPI is echter geen exacte berekening van de benutting van logistieke assets, maar bedoeld als eenvoudig te berekenen benadering (proxy) daarvoor. De centrale vraag in de validatie van de LPI is dus of veranderingen in de waarde van de LPI, gegeven de vereenvoudiging, een voldoende goede indicatie geeft van de mate waarin logistieke assets meer of minder goed worden ingezet als gevolg van een verandering in de logistieke operatie.

Een formele validatie van de LPI vergt een vergelijking met een exacte berekening van de benutting van logistieke assets. Omdat een methodiek hiervoor niet a priori vast staat, voeren we in WP1 van dit project allereerst een intuïtieve validatie uit. Een evt. formele validatie met behulp van een in WP3 nog nader te bepalen methodiek kan plaatsvinden in WP5.

In WP1 wordt in een aantal casussen getest wat de **impact op de LPI** is van aanpassingen in de logistieke activiteit. Een deel van die aanpassingen betreft maatregelen die bedoeld zijn om de beladingsgraad te verhogen en/of de inzet van logistieke assets te optimaliseren (zoals horizontale samenwerking) of die worden ingezet voor andere optimalisatiedoelen (zoals bouwhubs). Ook worden “loopholes” onderzocht, aanpassingen die wel de LPI verhogen maar de benutting van logistieke assets niet verbeteren. Deze loopholes kunnen voor bedrijven perverse prikkels opleveren indien zij belang hebben bij verhoging van hun score op de LPI.

Doel: Gevoel krijgen voor de mate waarin de LPI het effect van veranderingen in de logistieke activiteit op de benutting van logistieke assets logisch weergeeft.

WP1 – Intuïtieve test van de LPI

Voor verschillende casussen worden in WP1 de LPI en de relatieve LPI berekend voor een referentiesituatie en één of meer situaties waarin de logistieke activiteit is veranderd ten opzichte van de referentie.

Casussen:

- Zendingen toevoegen aan bestaande ritten met bijbehorende extra (omrijd)kilometers
- Horizontale samenwerking
 - Uitwisselen van zendingen om netwerken van verschillende vervoerders te optimaliseren
 - Toekennen van nieuwe zendingen aan verschillende netwerken
- Distributie- / rondritten
 - Omdraaien rijrichting
- Inzet van bouwhubs, goederenhubs
- Bij eenzelfde totale omvang van de zending het vergelijken van één rit van groot voertuig met meerdere ritten van kleinere voertuigen
- Een modal shift van vrachtwagen naar binnenvaart
- Herverdelen van zendingen met hoge en lage dichtheid (kg/m^3) over voertuigen om capaciteit in gewicht en volume beter uit te nutten

WP1 – Intuïtieve test van de LPI

Om veranderingen in de (relatieve) LPI als gevolg van logistieke aanpassingen te kunnen beoordelen wordt de (relatieve) LPI ook vergeleken met enkele mogelijk alternatieve prestatie-indicatoren. Deze zijn in onderstaande tabel in **bold** aangegeven.

De alternatieve metrieken waarin de transport performance wordt gebaseerd op Great Circle Distance (GCD) worden uitgelegd op de volgende pagina's.

(Prestatie-)indicator	Eenheid	Toelichting
Transport performance (ADD)	tonkm	Totaal van vervoerde ladingen x daarmee afgelegde afstand (Actual Driven Distance, ADD)
Capaciteitskilometers	tonkm	Maximaal te vervoeren capaciteit over totaal afgelegde afstand (laadvermogen x ADD)
LPI	tonkm/km	Transport performance (ADD) / totaal afgelegde afstand voertuig(en)
Relatieve LPI	%	Transport performance (ADD) / capaciteitskilometers
Netto transport performance (GCD)	tonkm	Totaal van vervoerde ladingen x netto afstand waarover die verplaatst zijn (Great Circle Distance, GCD)
GCD-gebaseerde LPI	tonkm/km	Netto transport performance (GDC) / totaal afgelegde afstand voertuig(en)
GCD-gebaseerde relatieve LPI	%	Netto transport performance (GDC) / capaciteitskilometers
Inzet assets (tijd)	uur	Totale tijdsduur van inzet assets
Inzet assets (afstand ADD)	km	Totale afgelegde afstand met ingezette assets (ADD)
Benutting assets naar tijd	tonkm/uur	Netto transport performance (GCD) / inzet assets (tijd)

Alternatieve metrieken voor de intuïtieve test

GCD voor bepaling van netto transport performance

De teller van de LPI_ADD is een (benaderende) maat voor de transport performance die wordt geleverd met het vervoer van ladingen over verschillende legs van een rit. Deze is gebaseerd op de werkelijk met een voertuig (of voertuigen) gereden afstand (Actual Driven Distance - ADD). Uit de definitie van de carbon footprint van logistieke activiteiten (CPI), waar transport performance in de noemer staat, is bekend dat ADD daar eigenlijk niet de beste afstandsmaat voor is. Een CPI met een op ADD gebaseerde noemer is ongevoelig voor onnodig omrijden en geeft geen goede resultaten wanneer verschillende vervoerwijzen worden vergeleken. Gebruik van de kortst mogelijke afstand (Shortest Feasible Distance - SFD) voorkomt perverse prikkels in relatie tot omrijden, maar lost het probleem voor de vergelijking van modaliteiten niet op. Vogelvluchtafstand (Great Circle Distance - GCD) als afstandsmaat voor de transport performance lost beide tekortkomingen wel op en is de enige objectief correcte afstandsmaat voor bepaling van de netto transport performance, onafhankelijk van de modaliteit of de ritplanning. Om die reden worden in de intuïtieve test ook enkele alternatieve metrieken meegenomen waarbij de transport performance in de teller is gebaseerd op GCD. Het verschil in transport performance bij gebruik van ADD en GCD wordt geïllustreerd op pagina's 13 en 14. De op GCD gedefinieerde LPI is dan als volgt bepaald:

$$LPI_{GCD} = \frac{\sum_{j=1}^m Lading_j \times Afstand_{GCD_j}}{\sum_{i=1}^n Afstand_{ADD_i}} \quad [\text{tonkm/km} = \text{ton}]$$

waarbij de teller sommeert over alle tijdens de totale rit tussen verschillende punten vervoerde ladingen ($j = 1 \dots m$) en de noemer over de legs ($i = 1 \dots n$) van de totale rit.

Alternatieve metrieken voor de intuïtieve test

Relatieve LPI op basis van GCD voor bepaling van **benuttingsgraad** transportcapaciteit

Door de relatieve LPI te berekenen op basis van de LPI gebaseerd op vogelvlucht afstand (GCD) krijg je een maatstaf voor de benutting van je transportcapaciteit.

$$relatieve\ LPI_GCD = \frac{\sum_{j=1}^m Lading_j \times Afstand_GCD_j}{Capaciteit \times \sum_{i=1}^n Afstand_ADD_i} \quad [\%]$$

Net als bij de LPI en relatieve LPI geldt dat in plaats van [ton] als maat voor de vervoerde lading en capaciteit ook een andere eenheid kan worden gebruikt (ton, m³, europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers). De capaciteit in de noemer moet een weergave zijn van de maximale capaciteit van het transportmiddel uitgedrukt in dezelfde eenheid (ton, m³, europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers).

Alternatieve metrieken voor de intuïtieve test

Tijd in plaats van afstand als alternatieve benadering voor de inzet van logistieke assets

De noemer van de LPI is een (benaderende) maat voor de inzet van logistieke assets ten behoeve van het vervoeren van één of meer zendingen uitgedrukt in afstand. Deze is gedefinieerd als de werkelijk met een voertuig (of voertuigen) gereden afstand (actual driven distance, ADD) maal de maximale capaciteit van dat voertuig. Logistieke assets omvatten niet alleen het voertuig maar bijvoorbeeld ook chauffeurs en laad-/los- en overslagfaciliteiten. De met een voertuig afgelegde afstand geeft maar een deel weer van het beslag van een logistieke activiteit op de asset “chauffeur” en verwaarloost andere assets. Als alternatief is daarom ook een metriek meegenomen waarin de noemer is gebaseerd op de tijd die een voertuig gebruikt wordt. Deze wordt deels bepaald door de gereden afstand (en de gemiddelde snelheid over die afstand) en deels door de tijd die nodig is voor het laden en lossen van zendingen, en schaalst daarmee ook beter met de tijd die een chauffeur wordt ingezet. In de modellering zijn voor die laad-/lostijden schattingen gehanteerd en is voor de gemiddelde snelheid, waar relevant, onderscheid gemaakt naar kilometers die in de stad, op buitenwegen en op snelwegen worden afgelegd.

$$LPI_{tijd} = \frac{\sum_{j=1}^m Lading_j \times Afstand_GCD_j}{\sum_{i=1}^n (Afstand_ADD_i / Gem_snelheid_i) + \sum_{k=1}^p Tijd_ladenlossen_k + etc.} \quad [\text{tonkm/uur}]$$

Opzet rekenmodel

Voor het doorrekenen van verschillende casussen worden de uitgangssituatie (referentie) en de aangepaste situatie (maatregel) geplot op een rechthoekig rooster (zie pagina's 16 en 17). De roosterlijnen representeren wegen waarover de voertuigen kunnen rijden. De roosterpunten zijn locaties waar goederen geladen of gelost kunnen worden. Op basis van de coördinaten van roosterpunten waar goederen worden geladen en gelost (en evt. de roosterpunten waarlangs gereden wordt in het geval niet de kortste weg tussen twee punten wordt gekozen) kan dan eenvoudig worden berekend welke ADD door het voertuig wordt afgelegd:

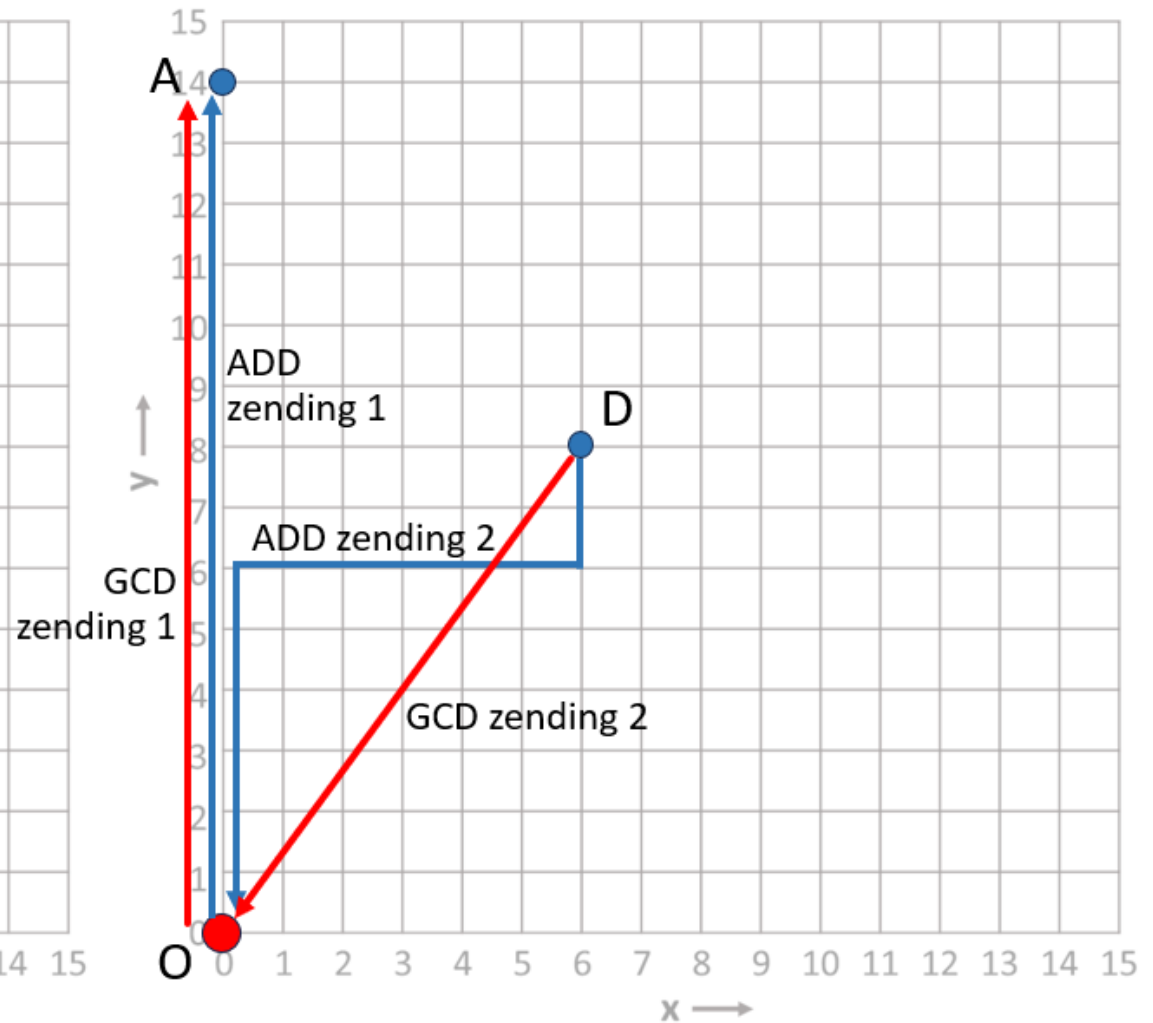
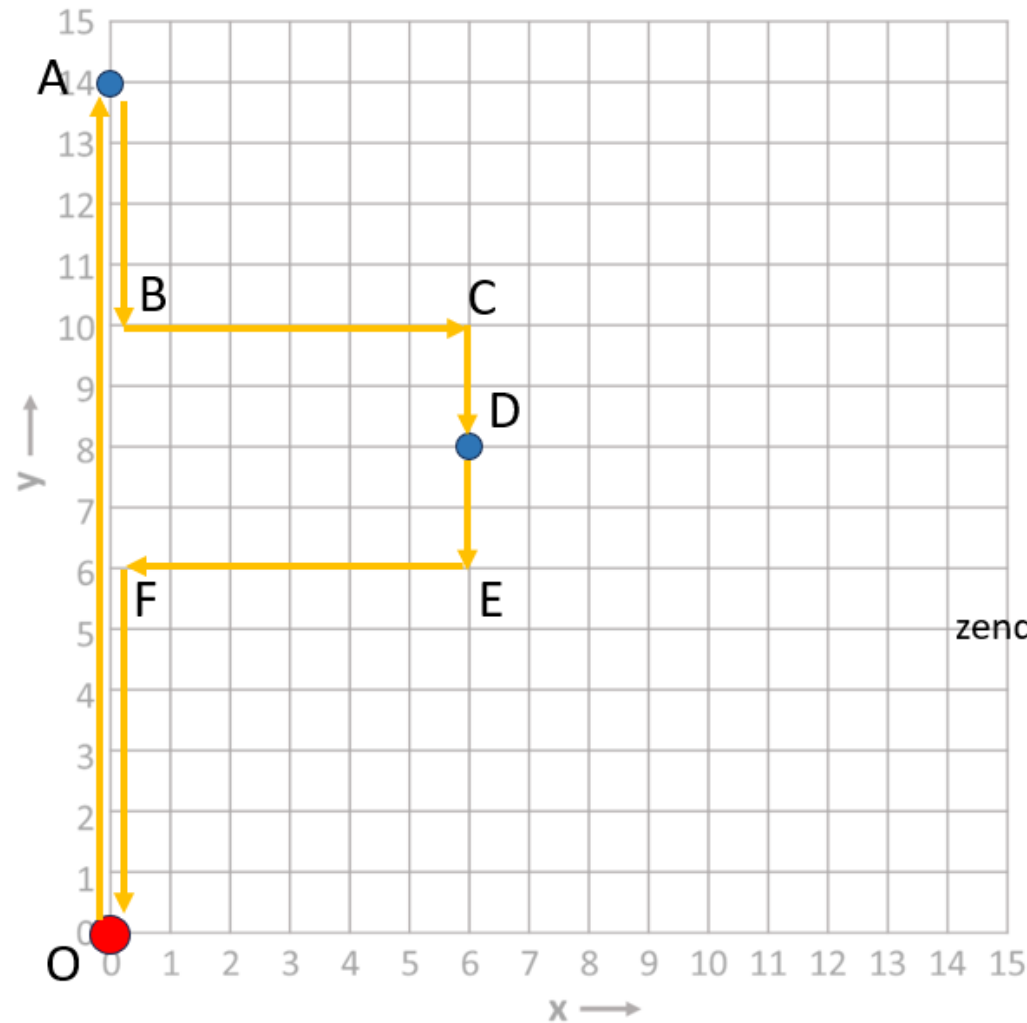
$$Afstand_{ADD} = |(x_{bestemming} - x_{oorsprong})| + |(y_{bestemming} - y_{oorsprong})|$$

Voor het berekenen van de GCD waarover elke zendingen netto verplaatst wordt, volstaan de coördinaten van roosterpunten waar goederen worden geladen en gelost:

$$Afstand_{GCD} = \sqrt{((x_{bestemming} - x_{oorsprong})^2 + (y_{bestemming} - y_{oorsprong})^2)}$$

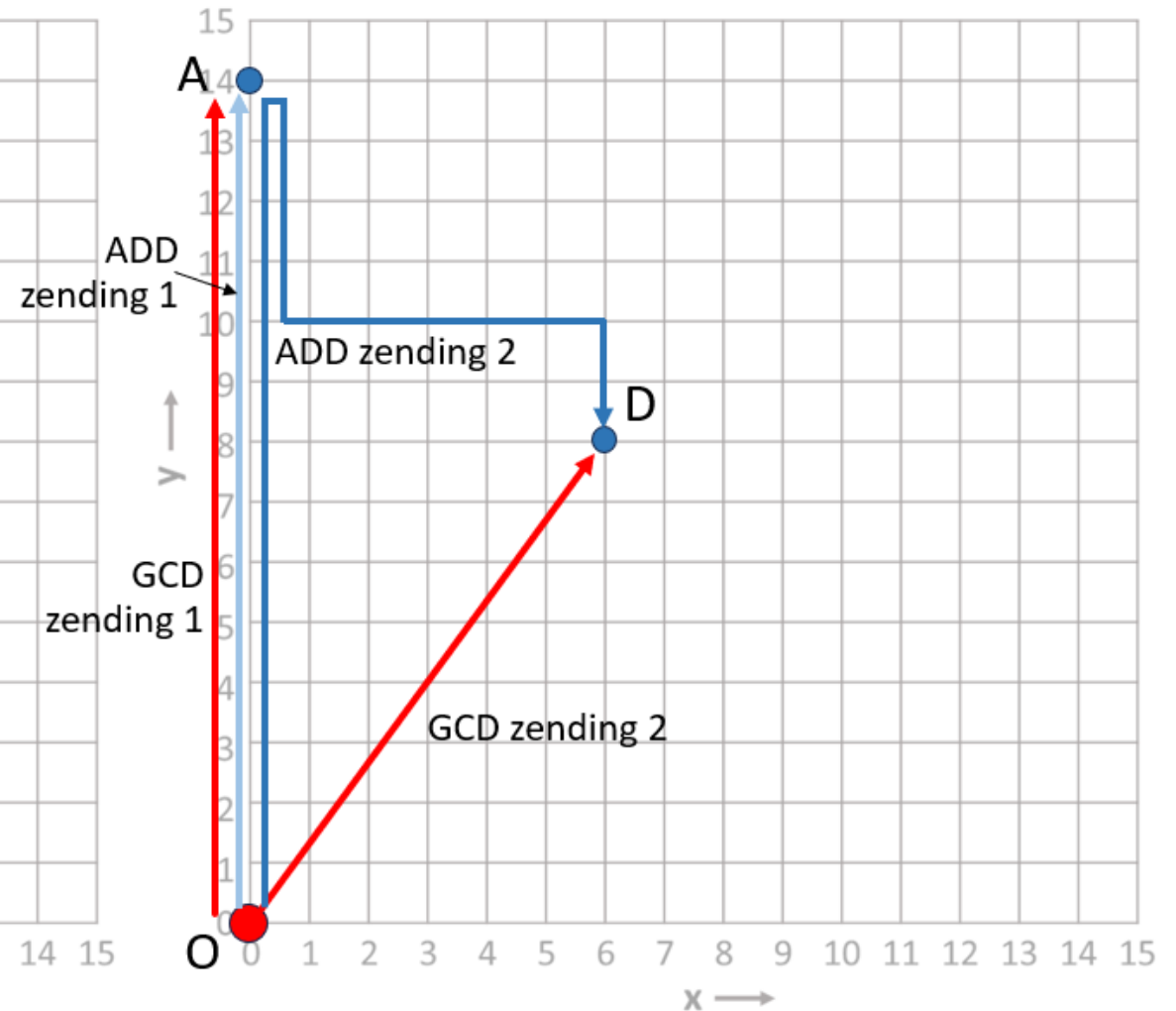
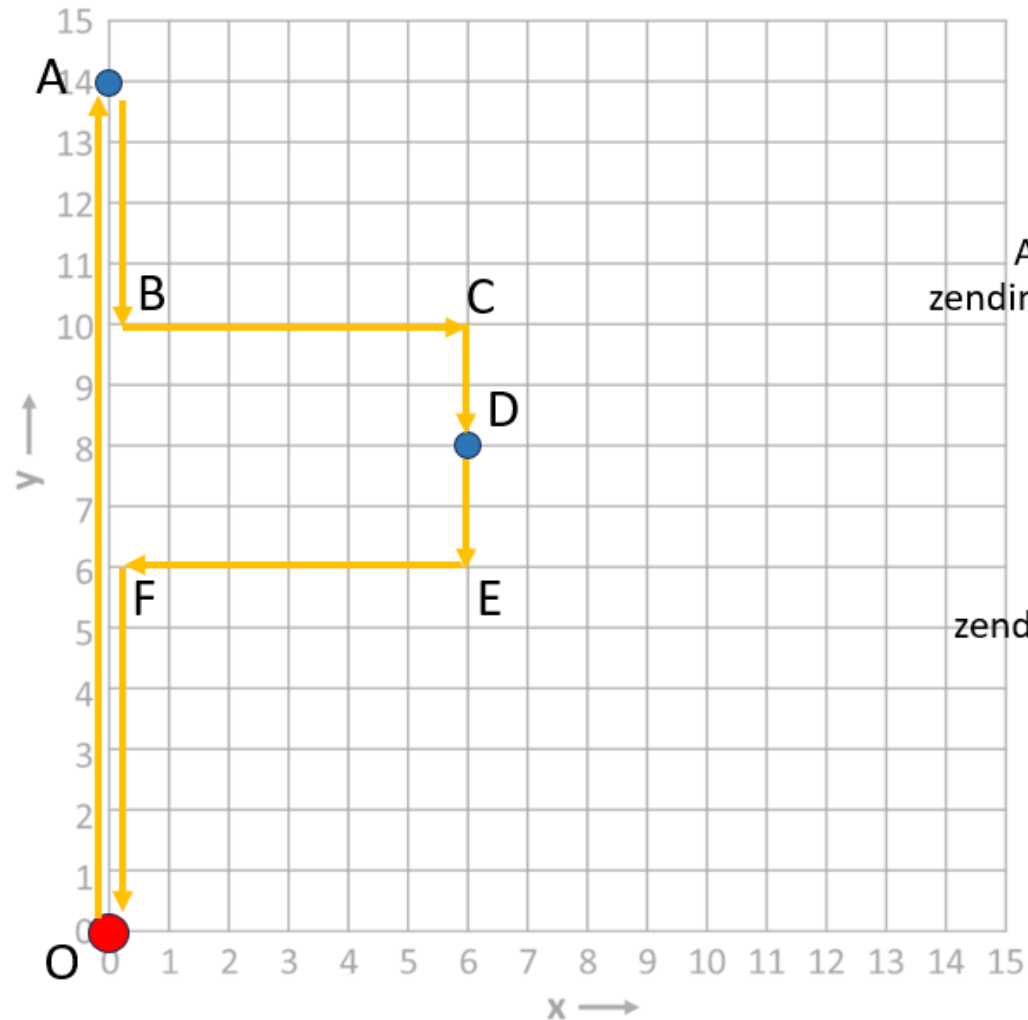
GCD vs. ADD

- Zending 1 van O naar A
- Op terugweg leeg van A naar D
- Zending 2 van D naar O



GCD vs. ADD

- Vol beladen met 2 zendingen van O naar A
- Zending 1 lossen op A, zending 2 lossen op terugweg in D
- Leeg van D naar O

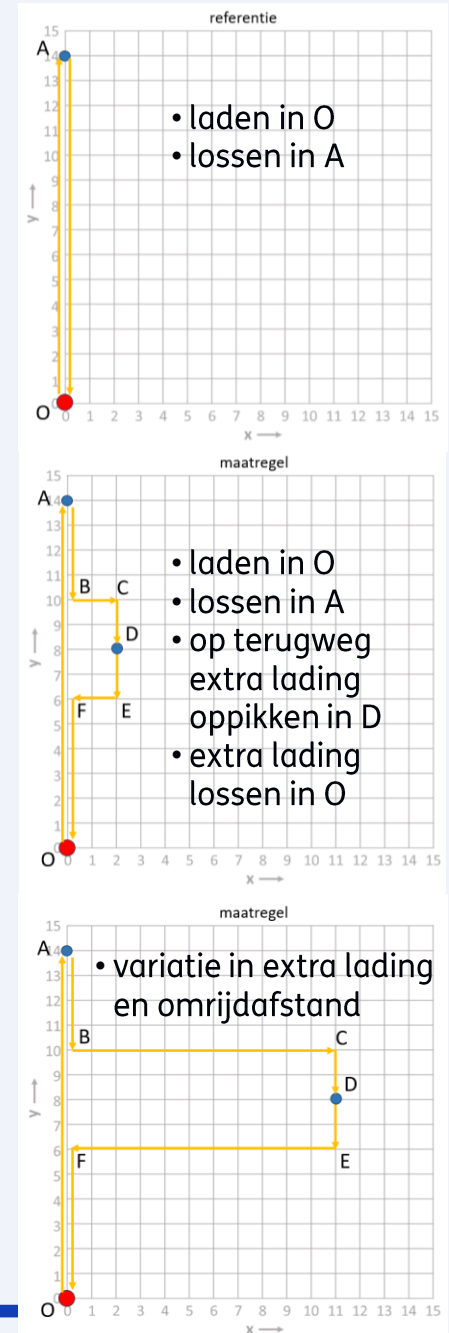


Casussen: Vracht (directe ritten)

- Logistieke structuur:
 - Referentie: directe rit $O \rightarrow A$ en terug, met lading (al dan niet vol) heen en leeg terug
 - Maatregel: op heen of terugweg extra lading ophalen waarvoor in meer of minder mate moet worden omgereden
- Voertuig: vrachtwagen met max. laadvermogen van 25 ton
- Factoren:
 - (weinig/veel) extra lading oppikken op heen- of terugweg
 - (kleine/grote) omweg voor oppikken extra lading
- Wat is gewenst gedrag van de Lading Performance Indicator (LPI)?
 - ✓ Klein stukje omrijden voor veel extra lading = LPI $\uparrow$
 - ✓ Groot stuk omrijden voor weinig extra lading = LPI $\downarrow$

Leeswijzer casussen:

- De casus definitie en belangrijkste conclusies worden op de slides genummerd 1/2 en 2/2 hetzelfde weergegeven. De casus resultaten worden in verschillende figuren op slides 1/2 en 2/2 weergegeven.
- De maatregelen betreffen de verschillende variaties die zijn doorgerekend binnen de casus.



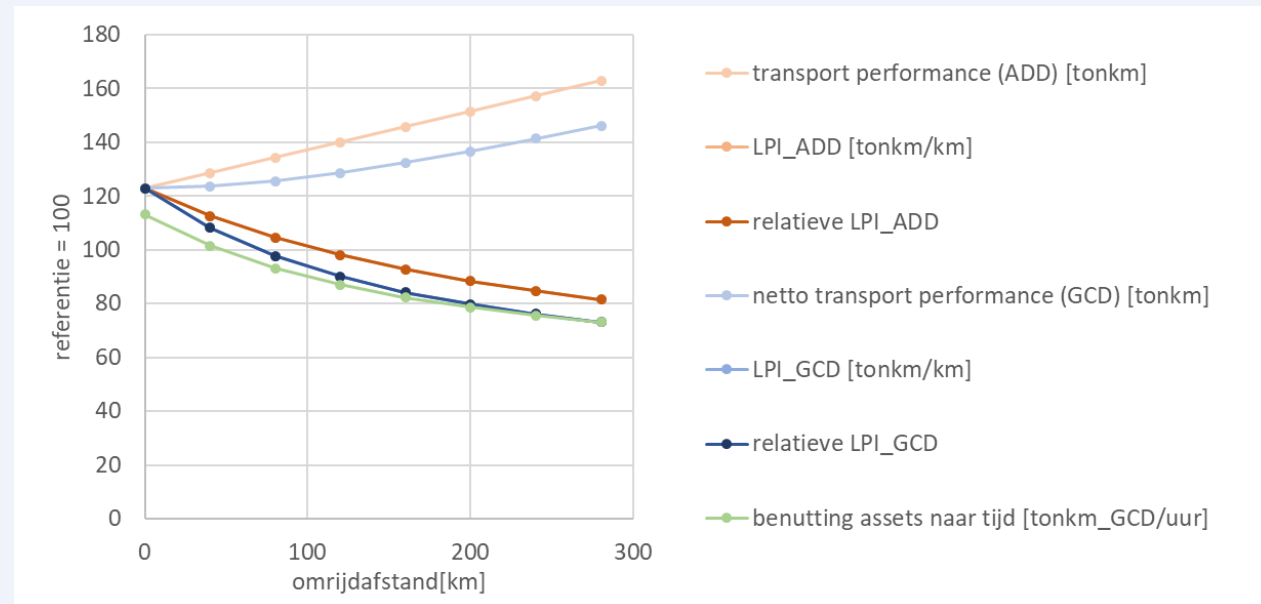
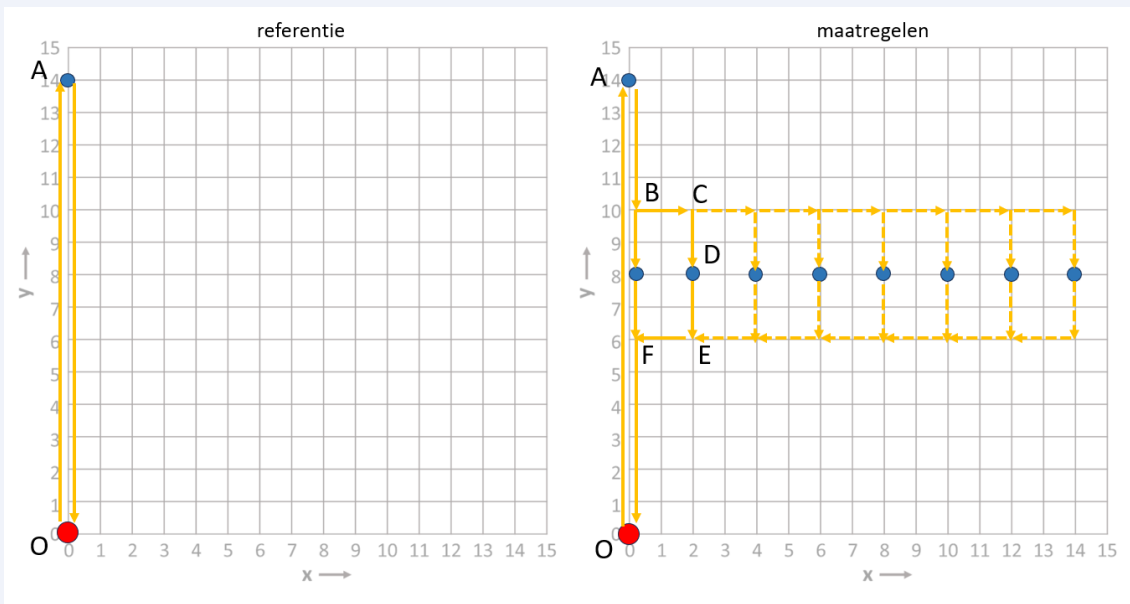
Casus: Vracht 1a

- Referentie: vol heen, leeg terug
 - Maatregel: extra lading oppikken op terugweg
 - Vaste lading, oplopende extra omrijdkilometers
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD, LPI_GCD, en benutting assets naar tijd gaan redelijk gelijk op, maar LPI_ADD is iets positiever

Dit is logisch omdat de tellers gelijk zijn en (bij inzet van 1 type voertuig) capaciteitskilometers in de noemer van de relatieve LPI lineair schalen met de voertuigkilometers in de noemer van de LPI.

(1/2)

17 December 2024



Casus: Vracht 1a

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: vol heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading oppikken op terugweg
 - Vaste lading, oplopende extra omrijdkilometers
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD, LPI_GCD, en benutting assets naar tijd gaan redelijk gelijk op, maar LPI_ADD is iets positiever

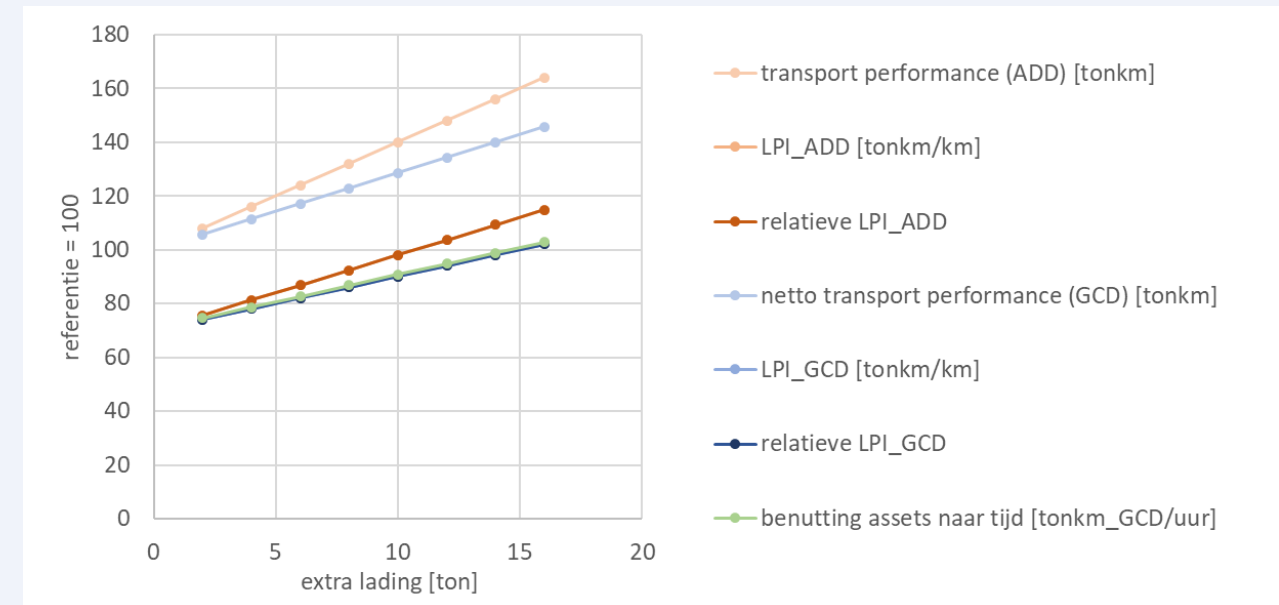
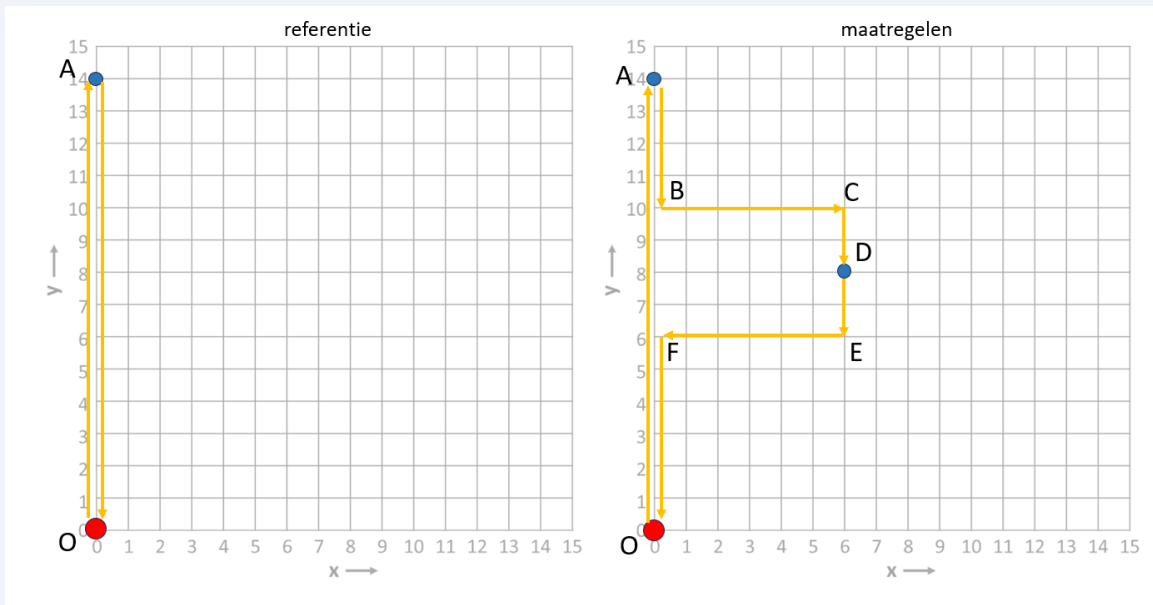
resultaten	eenheid	referentie	maatregelen							
			1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	7000	8600	9000	9400	9800	10200	10600	11000	11400
LPI_ADD	tonkm/km	12,5	15,4	14,1	13,1	12,3	11,6	11,0	10,6	10,2
capaciteitskilometers	tonkm	14000	14000	16000	18000	20000	22000	24000	26000	28000
relatieve LPI_ADD		50%	61%	56%	52%	49%	46%	44%	42%	41%
netto transport performance (GCD)	tonkm	7000	8600	8649	8789	9000	9263	9561	9884	10225
LPI_GCD	tonkm/km	12,5	15,4	13,5	12,2	11,3	10,5	10,0	9,5	9,1
relatieve LPI_GCD		50%	61%	54%	49%	45%	42%	40%	38%	37%
inzet assets (tijd)	uur	7,7	8,3	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3	14,3	15,3
inzet assets (afstand ADD)	km	560	560	640	720	800	880	960	1040	1120
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	913	1032	927	851	794	751	717	690	667

Casus: Vracht 1b

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: vol heen, leeg terug
 - Maatregel: extra lading oppikken op terugweg
 - Vaste omrijdafstand, oplopende extra lading
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD, LPI_GCD, en benutting assets naar tijd gaan redelijk gelijk op, maar LPI_ADD is iets positiever



Casus: Vracht 1b

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: vol heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading oppikken op terugweg
 - Vaste omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD, LPI_GCD, en benutting assets naar tijd gaan redelijk gelijk op, maar LPI_ADD is iets positiever

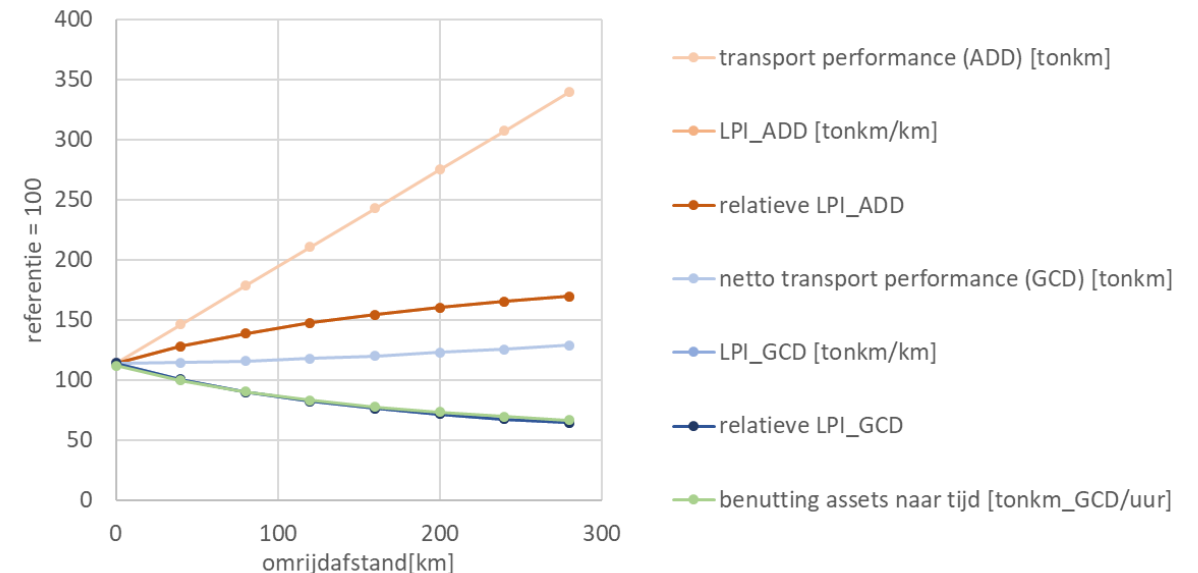
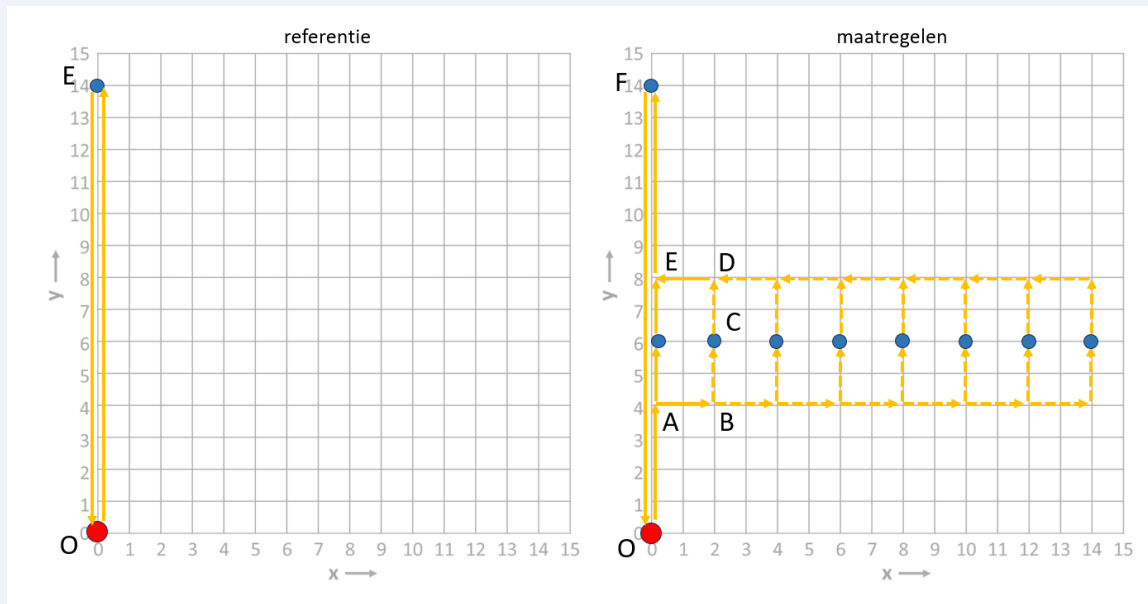
resultaten	eenheid	referentie	maatregelen							
			1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	7000	7560	8120	8680	9240	9800	10360	10920	11480
LPI_ADD	tonkm/km	12,5	9,5	10,2	10,9	11,6	12,3	13,0	13,7	14,4
capaciteitskilometers	tonkm	14000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
relatieve LPI_ADD		50%	38%	41%	43%	46%	49%	52%	55%	57%
netto transport performance (GCD)	tonkm	7000	7400	7800	8200	8600	9000	9400	9800	10200
LPI_GCD	tonkm/km	12,5	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8
relatieve LPI_GCD		50%	37%	39%	41%	43%	45%	47%	49%	51%
inzet assets (tijd)	uur	8,0	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
inzet assets (afstand ADD)	km	560	800	800	800	800	800	800	800	800
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	875	653	688	724	759	794	829	865	900

Casus: Vracht 2a

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste extra lading, oplopende extra omrijdkilometers
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ❌ LPI_ADD beloont (onterecht) omrijden met reeds aanwezige lading
- ✅ LPI_GCD en benutting assets naar tijd geven intuïtief de juiste richting aan: hoger bij kleine omweg, lager bij grote omweg



Casus: Vracht 2a

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste extra lading, oplopende extra omrijdkilometers
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
-  LPI_ADD beloont (onterecht) omrijden met reeds aanwezige lading
-  LPI_GCD en benutting assets naar tijd geven intuïtief de juiste richting aan: hoger bij kleine omweg, lager bij grote omweg

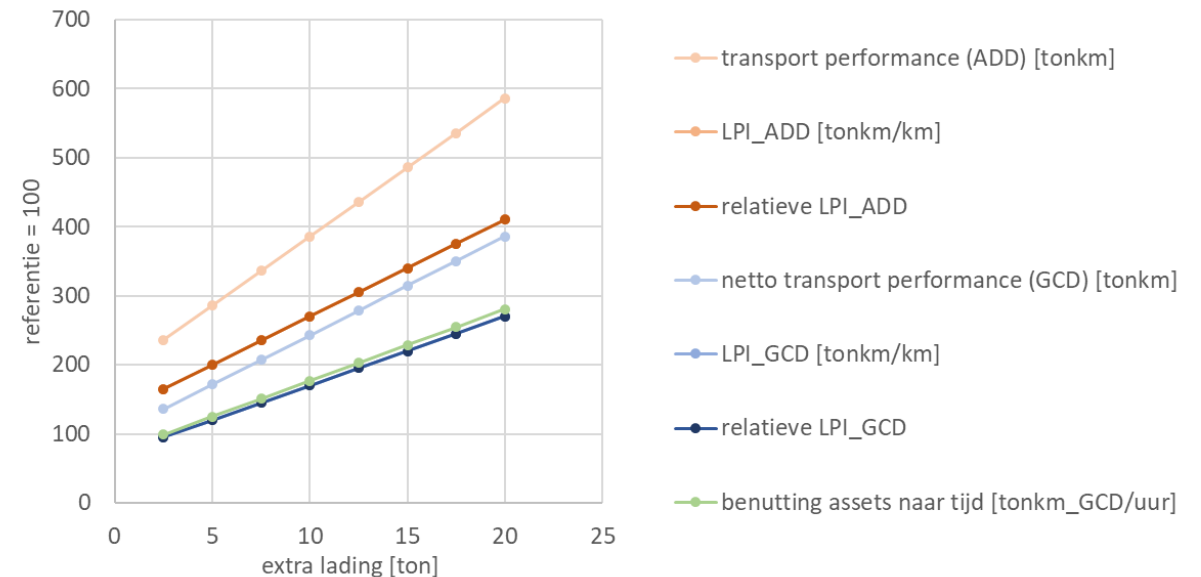
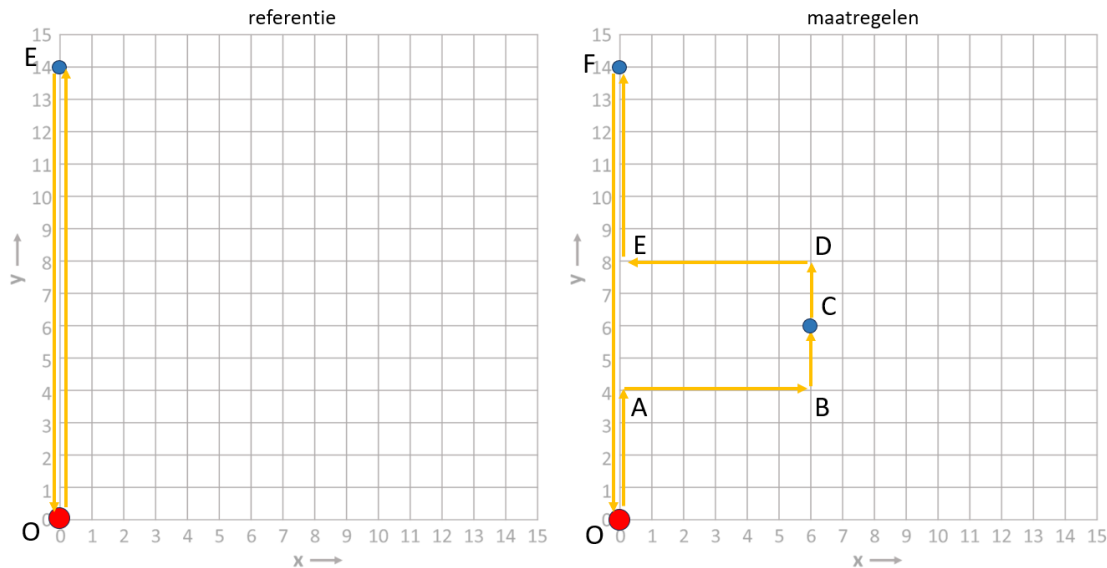
resultaten	eenheid	referentie	maatregelen							
			1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	5600	6400	8200	10000	11800	13600	15400	17200	19000
LPI_ADD	tonkm/km	10,0	11,4	12,8	13,9	14,8	15,5	16,0	16,5	17,0
capaciteitskilometers	tonkm	14000	14000	16000	18000	20000	22000	24000	26000	28000
relatieve LPI_ADD		40%	46%	51%	56%	59%	62%	64%	66%	68%
netto transport performance (GCD)	tonkm	5600	6400	6425	6494	6600	6731	6881	7042	7212
LPI_GCD	tonkm/km	10,0	11,4	10,0	9,0	8,3	7,6	7,2	6,8	6,4
relatieve LPI_GCD		40%	46%	40%	36%	33%	31%	29%	27%	26%
inzet assets (tijd)	uur	7,7	7,8	8,8	9,8	10,8	11,8	12,8	13,8	14,8
inzet assets (afstand ADD)	km	560	560	640	720	800	880	960	1040	1120
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	730	817	727	660	609	569	536	509	486

Casus: Vracht 2b

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
 - Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **kleine** beginlading , vaste omrijdafstand, oplopende extra lading
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD heeft (grotendeels) goede richting , maar te optimistisch omdat ook omrijden met beginlading wordt beloond
- ✓ LPI_GCD en benutting assets naar tijd tonen kantelpunt (zie slide 26): omrijden voor te kleine lading niet zinvol



Casus: Vracht 2b

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **kleine** beginlading , vaste omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ LPI_ADD heeft (grotendeels) goede richting , maar te optimistisch omdat ook omrijden met beginlading wordt beloond
- ✓ LPI_GCD en benutting assets naar tijd tonen kantelpunt: omrijden voor te kleine lading niet zinvol

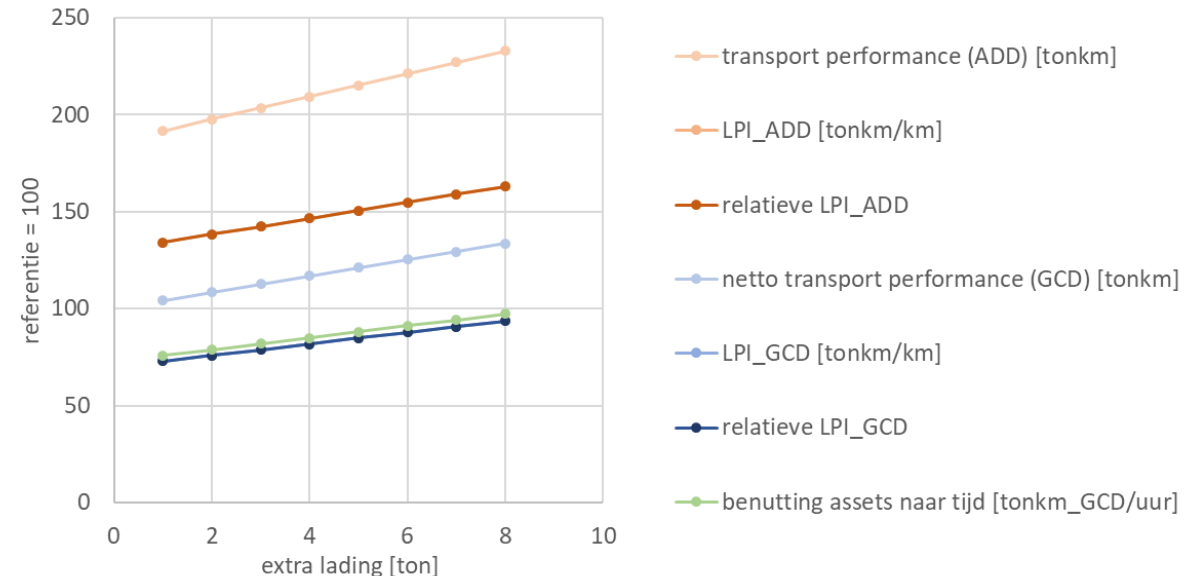
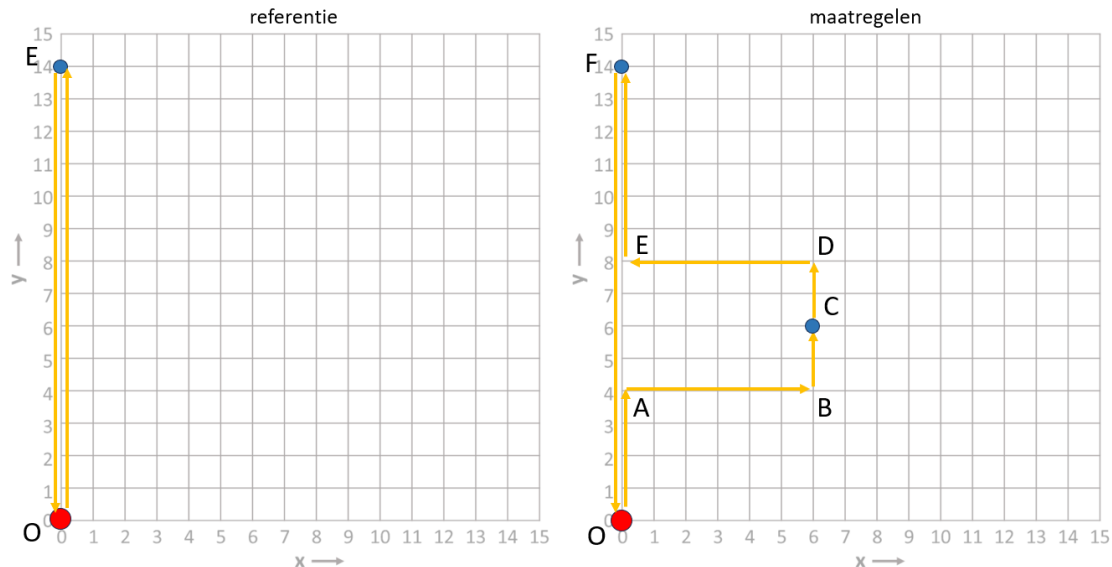
			maatregelen							
resultaten	eenheid	referentie	1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	1400	3300	4000	4700	5400	6100	6800	7500	8200
LPI_ADD	tonkm/km	2,5	4,1	5,0	5,9	6,8	7,6	8,5	9,4	10,3
capaciteitskilometers	tonkm	14000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
relatieve LPI_ADD		10%	17%	20%	24%	27%	31%	34%	38%	41%
netto transport performance (GCD)	tonkm	1400	1900	2400	2900	3400	3900	4400	4900	5400
LPI_GCD	tonkm/km	2,5	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,5	6,1	6,8
relatieve LPI_GCD		10%	10%	12%	15%	17%	20%	22%	25%	27%
inzet assets (tijd)	uur	8,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
inzet assets (afstand ADD)	km	560	800	800	800	800	800	800	800	800
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	175	173	218	264	309	355	400	445	491

Casus: Vracht 2c

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **grote** beginlading, vaste **grote** omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ❌ LPI_ADD reageert niet goed: positief effect als gevolg van omrijden met reeds aanwezige lading
- ✅ LPI_GCD en benutting assets naar tijd belonen omrijden met extra lading niet:
 - Ver omrijden voor kleine extra lading leidt tot slechtere benutting van assets



Casus: Vracht 2c

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **grote** beginlading, vaste **grote** omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✗ LPI_ADD reageert niet goed: positief effect als gevolg van omrijden met reeds aanwezige lading
- ✓ LPI_GCD en benutting assets naar tijd belonen omrijden met extra lading niet:
 - Ver omrijden voor kleine extra lading leidt tot slechtere benutting van assets

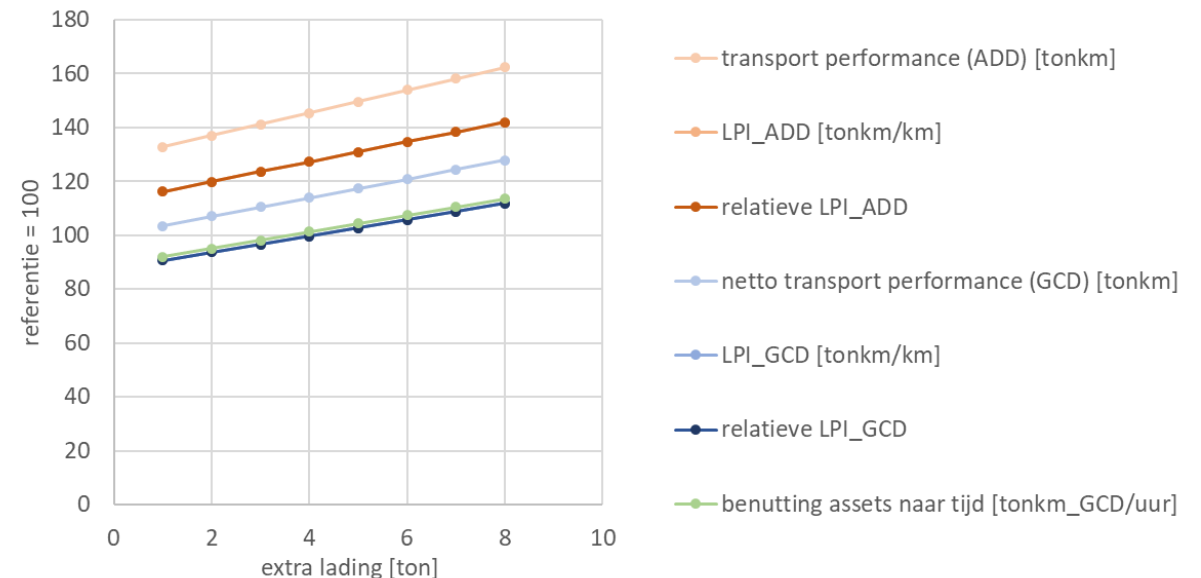
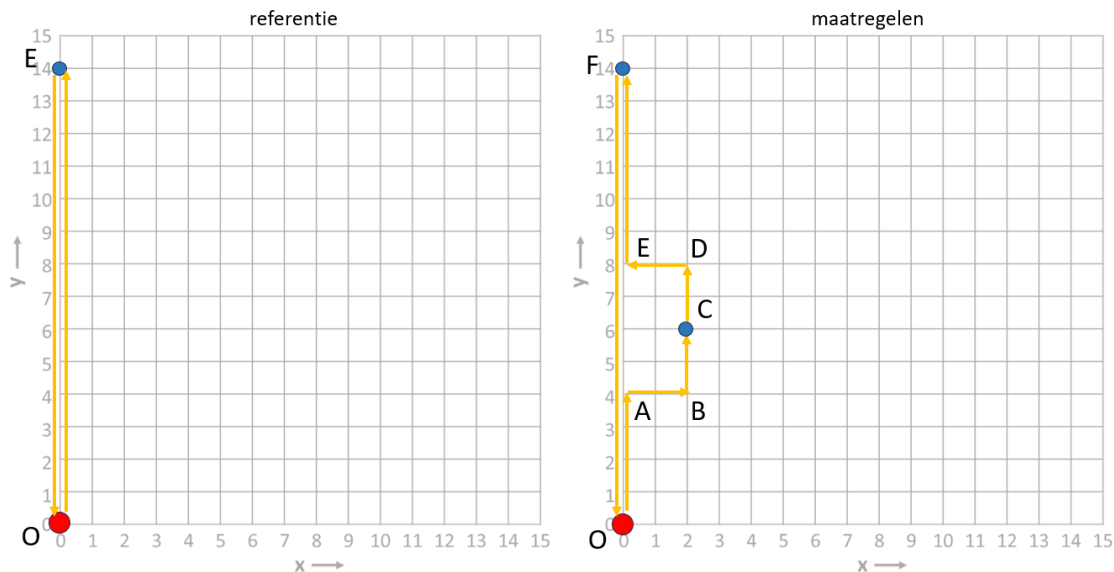
			maatregelen							
resultaten	eenheid	referentie	1	2	3	4	5	6	7	8
lading performance (ADD)	tonkm	4760	9120	9400	9680	9960	10240	10520	10800	11080
LPI	tonkm/vkm	8,5	11,4	11,8	12,1	12,5	12,8	13,2	13,5	13,9
capaciteitskilometers	tonkm	14000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
relatieve LPI		34%	46%	47%	48%	50%	51%	53%	54%	55%
netto transport performance (GCD)	tonkm	4760	4960	5160	5360	5560	5760	5960	6160	6360
GCD-gebaseerde LPI	tonkm/vkm	8,5	6,2	6,5	6,7	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0
GCD-gebaseerde relatieve LPI		34%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%
inzet assets (tijd)	uur	8,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
inzet assets (afstand ADD)	vkm	560	800	800	800	800	800	800	800	800
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	595	451	469	487	505	524	542	560	578

Casus: Vracht 2d

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **grote** beginlading, vaste **kleine** omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ❌ LPI_ADD reageert niet goed: positief effect als gevolg van omrijden met reeds aanwezige lading
- ✅ LPI_GCD en benutting assets naar tijd belonen omrijden met extra lading niet:
 - Omrijden voor kleine extra lading leidt tot alleen tot betere benutting van assets bij voldoende grote extra lading



Casus: Vracht 2d

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: deels beladen heen, leeg terug
- Maatregel: extra lading op heenweg
 - Vaste **grote** beginlading, vaste **kleine** omrijdafstand, oplopende extra lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✗ LPI_ADD reageert niet goed: positief effect als gevolg van omrijden met reeds aanwezige lading
- ✓ LPI_GCD en benutting assets naar tijd belonen omrijden met extra lading niet:
 - Omrijden voor kleine extra lading leidt tot alleen tot betere benutting van assets bij voldoende grote extra lading

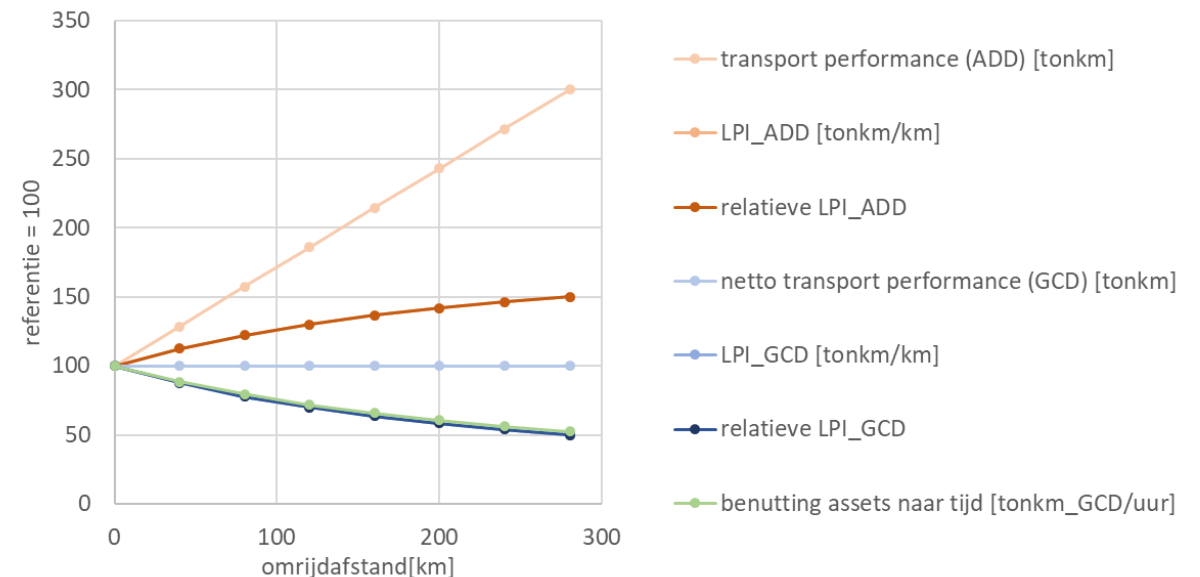
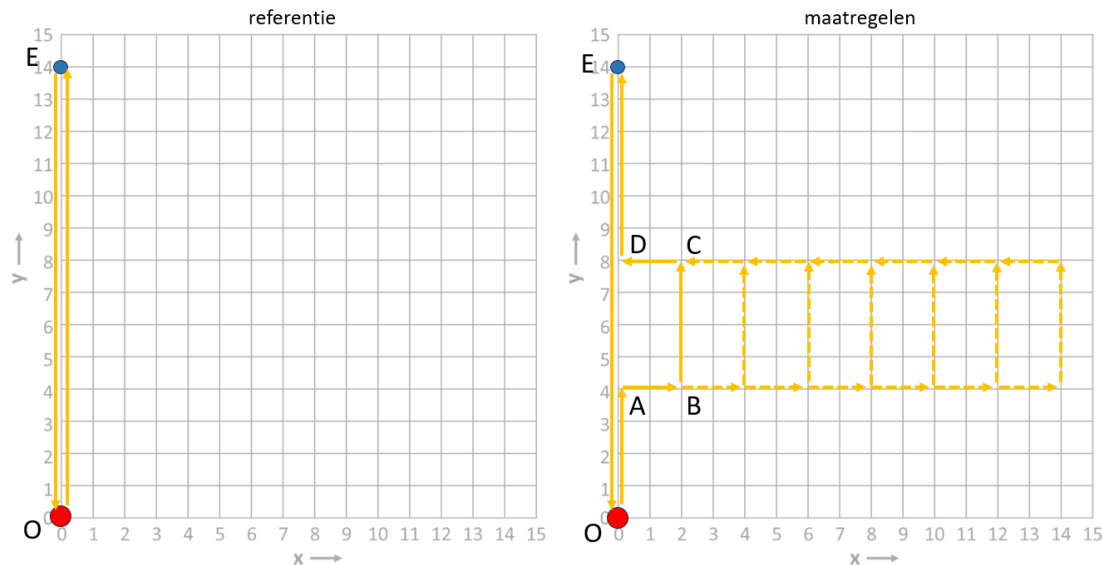
resultaten	eenheid	referentie	maatregelen							
			1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	4760	6320	6520	6720	6920	7120	7320	7520	7720
LPI_ADD	tonkm/km	8,5	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,8	12,1
capaciteitskilometers	tonkm	14000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000
relatieve LPI_ADD		34%	40%	41%	42%	43%	45%	46%	47%	48%
netto transport performance (GCD)	tonkm	4760	4925	5090	5255	5420	5585	5750	5914	6079
LPI_GCD	tonkm/km	8,5	7,7	8,0	8,2	8,5	8,7	9,0	9,2	9,5
relatieve LPI_GCD		34%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%
inzet assets (tijd)	uur	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
inzet assets (afstand ADD)	km	560	640	640	640	640	640	640	640	640
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	595	547	566	584	602	621	639	657	675

Casus: Vracht 3

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: (deels) beladen heen, leeg terug
 - Maatregel: Zinloos omrijden met lading op heenweg
 - Steeds groter aantal extra omrijdkilometers maken met zelfde lading
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ❌ LPI_ADD stijgt terwijl assets langer in gebruik zijn voor zelfde zending
- ✅ LPI_GCD en benutting assets naar tijd laten zien dat assets minder efficiënt benut worden a.g.v. omrijden



Casus: Vracht 3

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: (deels) beladen heen, leeg terug
- Maatregel: Zinloos omrijden met lading op heenweg
 - Steeds groter aantal extra omrijdkilometers maken met zelfde lading
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✗ LPI_ADD stijgt terwijl assets langer in gebruik zijn voor zelfde zending
- ✓ LPI_GCD en benutting assets naar tijd laten zien dat assets minder efficiënt benut worden a.g.v. omrijden

			maatregelen							
resultaten	eenheid	referentie	1	2	3	4	5	6	7	8
transport performance (ADD)	tonkm	7000	7000	9000	11000	13000	15000	17000	19000	21000
LPI_ADD	tonkm/km	12,5	12,5	14,1	15,3	16,3	17,0	17,7	18,3	18,8
capaciteitskilometers	tonkm	14000	14000	16000	18000	20000	22000	24000	26000	28000
relatieve LPI_ADD		50%	50%	56%	61%	65%	68%	71%	73%	75%
netto transport performance (GCD)	tonkm	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
LPI_GCD	tonkm/km	12,5	12,5	10,9	9,7	8,8	8,0	7,3	6,7	6,3
relatieve LPI_GCD		50%	50%	44%	39%	35%	32%	29%	27%	25%
inzet assets (tijd)	uur	7,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,7	12,7	13,7	14,7
inzet assets (afstand ADD)	km	560	560	640	720	800	880	960	1040	1120
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	913	913	808	724	656	600	553	512	477

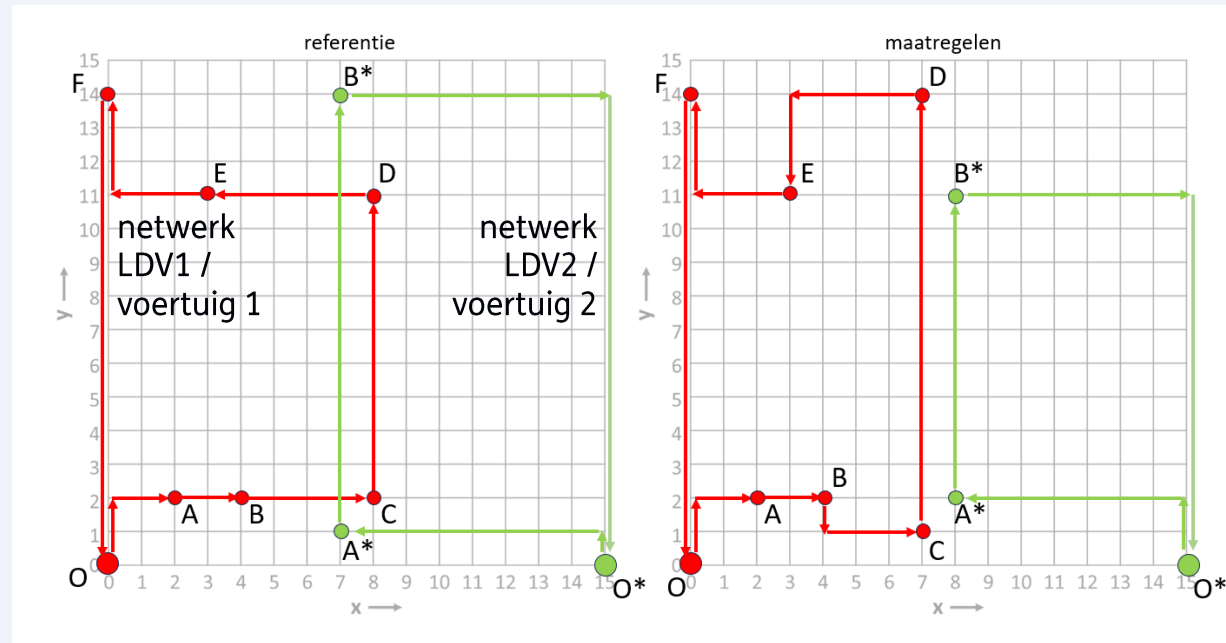
Casus: Vracht – CONCLUSIES

Geteste maatregelen:

- Extra lading op terugweg met kleinere of grotere omweg
- Extra lading op heenweg met kleinere of grotere omweg
- Zinloos omrijden (enkel extra kilometers maken)
- Conclusies:
 - ✓ Veranderingen in de LPI als gevolg van maatregelen hebben vaak wel de juiste richting. Maar de LPI_ADD, gebaseerd op transport performance op basis van ADD, overschat de impact van maatregelen op daadwerkelijke benutting van assets
 - ✗ LPI_ADD stijgt als gevolg van omrijden met reeds op voertuig aanwezige lading
- De LPI_GCD heeft dit probleem niet omdat de GCD-gebaseerde transport performance onafhankelijk is van de weg die het voertuig aflegt

Casus: Horizontale samenwerking 1

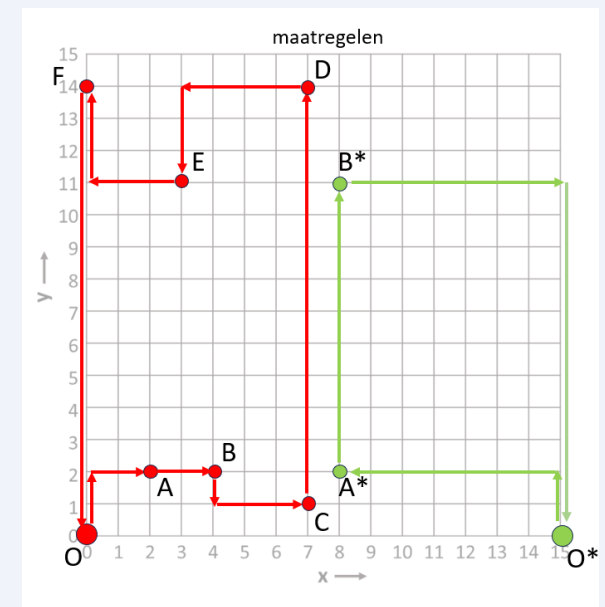
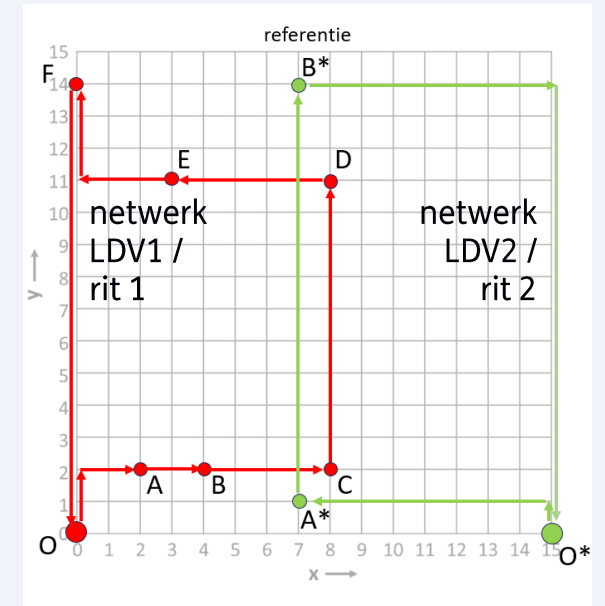
- Horizontale samenwerking van logistieke dienstverleners /transporteurs
 - Levert bij structurele toepassing andere netwerkstructuren / gemeenschappelijk netwerk
 - Hier gesimuleerd op basis van twee rondritten met voertuigen van twee verschillende logistieke dienstverleners /transporteurs en uitwisselen van specifieke zendingen
- Voertuigen: identieke vrachtwagens met max. laadvermogen van 25 ton
- Test:
 - Geeft de waarde van de LPI voor verschillende verdelingen van de lading correct aan welke verdeling optimaal is vanuit perspectief van benutting assets?
- Maatregel:
 - Uitrusten zendingen bij overlappend netwerk
- Wat is gewenst gedrag van de performance indicator?
 - ✓ LPI van totaal netwerk verbetert (↑) bij beter verdelen van opdrachten/ritten
 - Optimale verdeling levert voor de som van de LPIs van beide logistieke dienstverleners verbetering op.
 - Dit levert minimaal voor 1 logistieke dienstverlener een verbetering op.



Casus: Horizontale samenwerking 1a

- Horizontale samenwerking van LDVs/transporteurs
- **Kleine** overlap in netwerken
- Optimalisatie door uitwisseling van ladingen
- Conclusie van dit voorbeeld:
 - ✓ LPI_ADD van totale netwerk neemt toe: effect veel groter dan verandering van de LPI_GCD, die nauwelijks verandert
 - ✓ Voor 1 van de 2 LDVs nemen alle prestatie-indicatoren toe en voor de andere nemen alle af

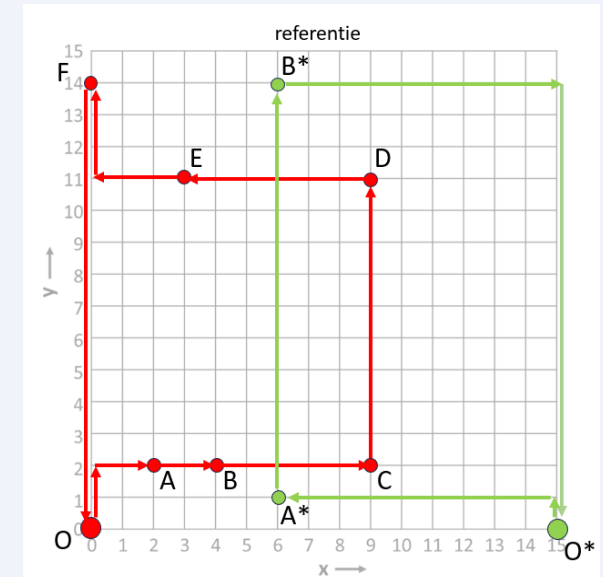
resultaten	eenheid	voor			na		
		rit #1	rit #2	totaal	rit #1	rit #2	totaal
transport performance (ADD)	tonkm	8300	3900	12200	10700	2700	13400
LPI_ADD	tonkm/km	9,4	4,4	6,9	10,7	3,8	7,8
capaciteitskilometers	tonkm	22000	22000	44000	25000	18000	43000
relatieve LPI_ADD		38%	18%	28%	43%	15%	31%
netto transport performance (GCD)	tonkm	5606	3900	9506	6806	2700	9506
LPI_GCD	tonkm/km	6,4	4,4	5,4	6,8	3,8	5,5
relatieve LPI_GCD		25%	18%	22%	27%	15%	22%
inzet assets (tijd)	uur	13,0	11,7	24,7	14,5	9,7	24,2
inzet assets (afstand ADD)	km	880	880	1760	1000	720	1720
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	431	334	385	469	279	393



Casus: Horizontale samenwerking 1b

- Horizontale samenwerking van LDVs/transporteurs
- **Middelgrote** overlap in netwerken
- Optimalisatie door uitwisseling van ladingen
- Conclusie van dit voorbeeld:
 - ✓ LPI_ADD voor totale netwerk neemt toe: effect redelijk vergelijkbaar met verandering van de LPI_GCD
 - ✓ Voor 1 van de 2 LDVs nemen alle prestatie-indicatoren toe en voor de andere nemen alle af

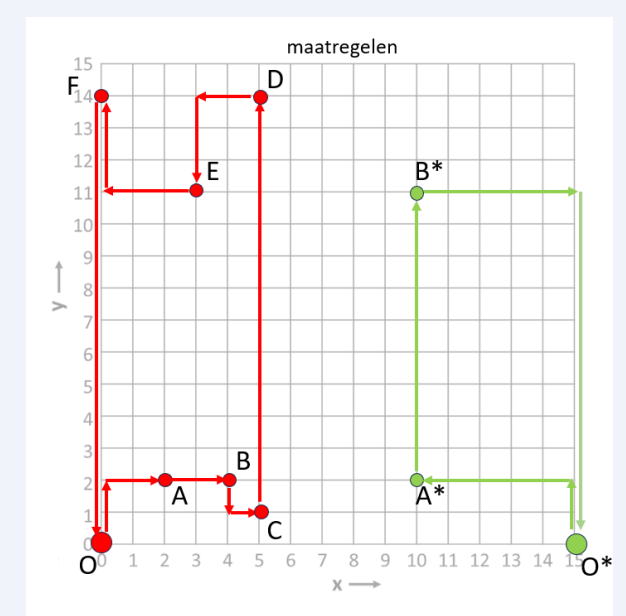
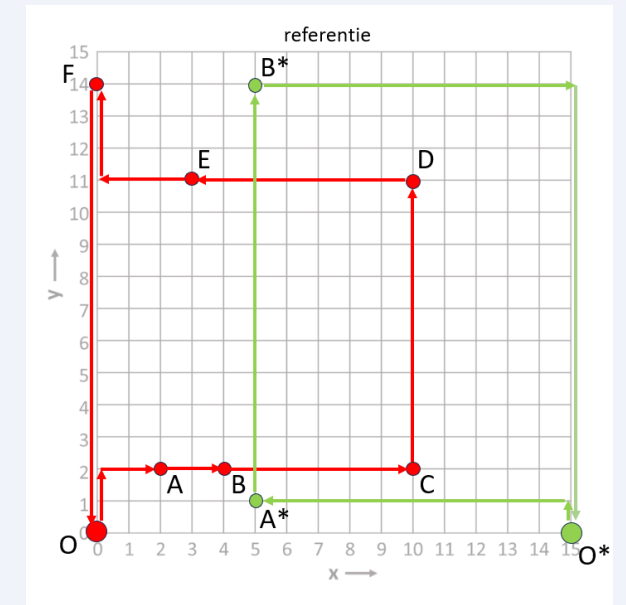
resultaten	eenheid	voor			na		
		rit #1	rit #2	totaal	rit #1	rit #2	totaal
transport performance (ADD)	tonkm	8700	3900	12600	10300	2700	13000
LPI_ADD	tonkm/km	9,5	4,2	6,8	10,7	4,0	7,9
capaciteitskilometers	tonkm	23000	23000	46000	24000	17000	41000
relatieve LPI_ADD		38%	17%	27%	43%	16%	32%
netto transport performance (GCD)	tonkm	5606	3900	9506	6806	2700	9506
LPI_GCD	tonkm/km	6,1	4,2	5,2	7,1	4,0	5,8
relatieve LPI_GCD		24%	17%	21%	28%	16%	23%
inzet assets (tijd)	uur	13,5	12,2	25,7	14,0	9,2	23,2
inzet assets (afstand ADD)	km	920	920	1840	960	680	1640
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	415	321	370	486	295	410



Casus: Horizontale samenwerking 1c

- Horizontale samenwerking van LDVs/transporteurs
- **Grote** overlap in netwerken
- Optimalisatie door uitwisseling van ladingen
- Conclusie van dit voorbeeld:
 - ✓ LPI_ADD voor totale netwerk neemt toe: effect redelijk vergelijkbaar met verandering van de LPI_GCD
 - ✓ Voor 1 van de 2 LDVs nemen alle prestatie-indicatoren toe en voor de andere nemen alle af

resultaten	eenheid	voor			na		
		rit #1	rit #2	totaal	rit #1	rit #2	totaal
transport performance (ADD)	tonkm	9100	3900	13000	9900	2700	12600
LPI_ADD	tonkm/km	9,5	4,1	6,8	10,8	4,2	8,1
capaciteitskilometers	tonkm	24000	24000	48000	23000	16000	39000
relatieve LPI_ADD		38%	16%	27%	43%	17%	32%
netto transport performance (GCD)	tonkm	5606	3900	9506	6806	2700	9506
LPI_GCD	tonkm/km	5,8	4,1	5,0	7,4	4,2	6,1
relatieve LPI_GCD		23%	16%	20%	30%	17%	24%
inzet assets (tijd)	uur	14,0	12,7	26,7	13,5	8,7	22,2
inzet assets (afstand ADD)	km	960	960	1920	920	640	1560
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	400	308	356	504	312	429

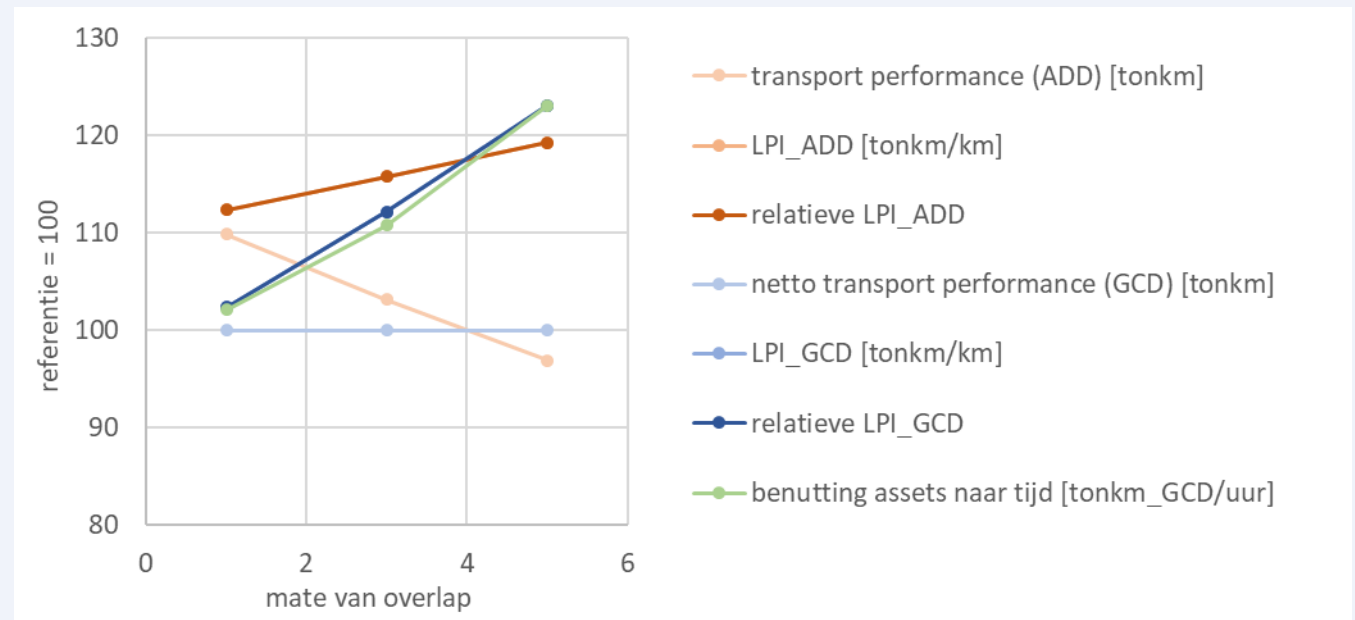
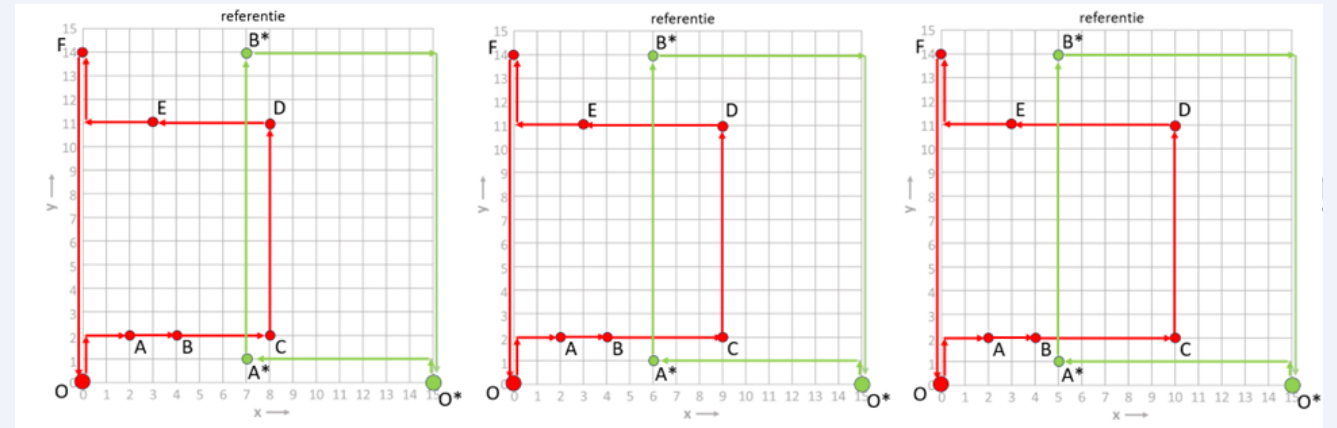


Casus: Horizontale samenwerking 1a/b/c

- Horizontale samenwerking van LDVs/transporteurs
- Maatregel:
 - Optimalisatie door uitwisseling van ladingen
 - Als functie van **oplopende overlap** in netwerken

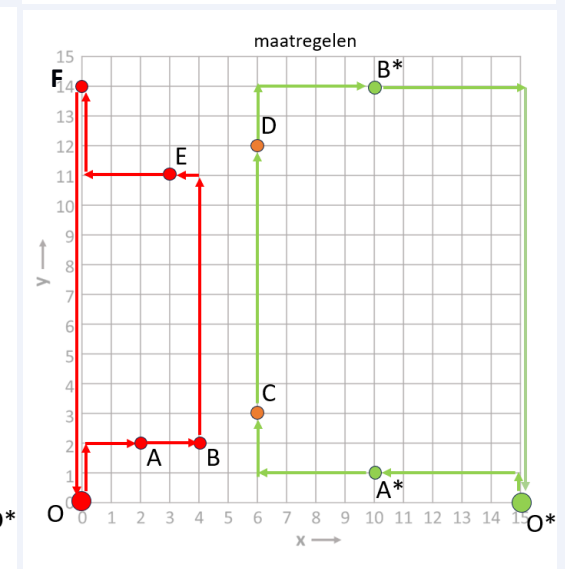
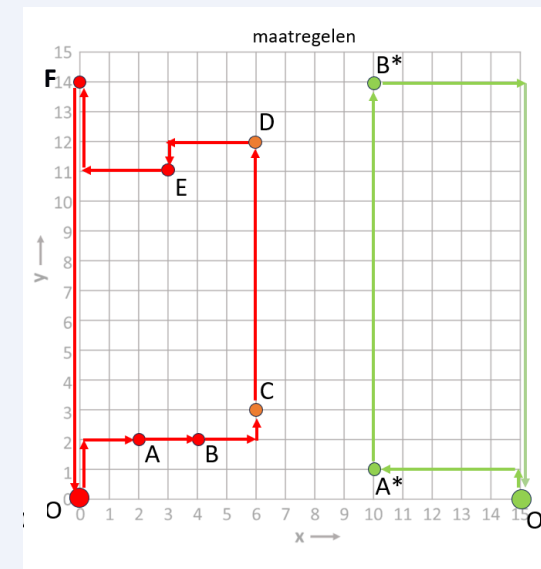
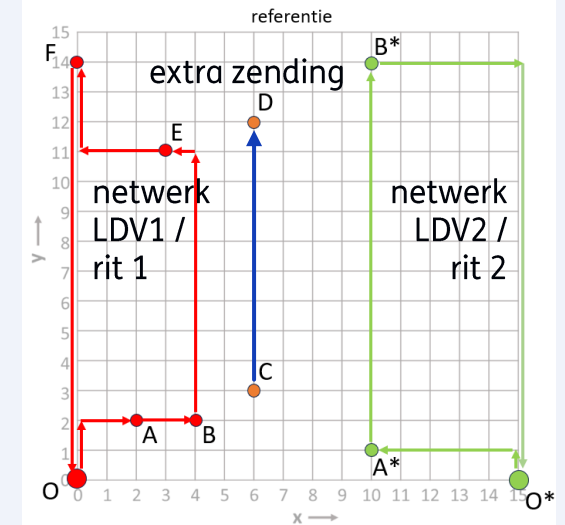
Conclusies uit dit voorbeeld:

- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (ook voor GCD-gebaseerde LPI)
- ✓ Verandering van de LPI_ADD bij uitwisselen ladingen heeft wel zelfde richting als de verandering van de LPI_GCD en benutting assets naar tijd
- Gevoeligheid van LPI_ADD voor uitruil is kleiner dan van LPI_GCD
- ✗ LPI_ADD overschat de baten van uitruil van zendingen bij kleine overlap van netwerken



Casus: Horizontale samenwerking 2

- Horizontale samenwerking van logistieke dienstverleners /transporteurs
 - Hier gesimuleerd op basis van twee rondritten met voertuigen van twee verschillende logistieke dienstverleners / transporteurs en toekennen van extra zending (C → D) aan een van de twee ritten
- Voertuigen: identieke vrachtwagens met max. laadvermogen van 25 ton
- Test:
 - Geeft de waarde van de LPI voor verschillende toekenningen van de lading correct aan welke toekenning optimaal is vanuit perspectief van benutting assets?
- Maatregel:
 - Toedelen nieuwe zending aan 1 van 2 netwerken / ritten
 - Variëren met belading netwerk 1 en 2 en met locatie extra zending ten opzichte van de netwerken
- Wat is gewenst gedrag van LPI?
 - ✓ LPI van totaal netwerk verbetert (↑) bij optimaal toekennen van extra zending
 - ✓ Waarde van LPI verbetert het sterkst wanneer extra zending wordt toegevoegd aan netwerk dat er de minste extra (omrijd)kilometers voor moet maken

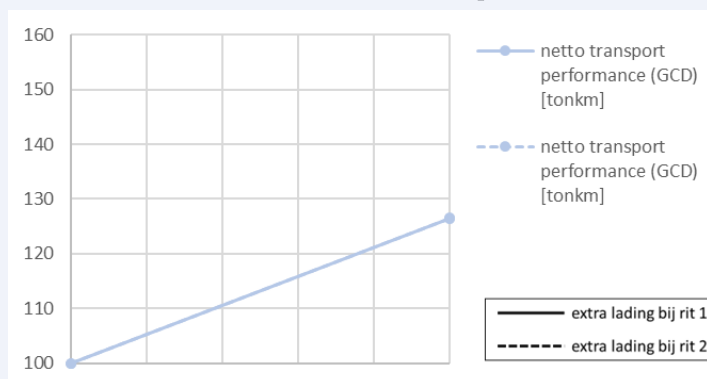
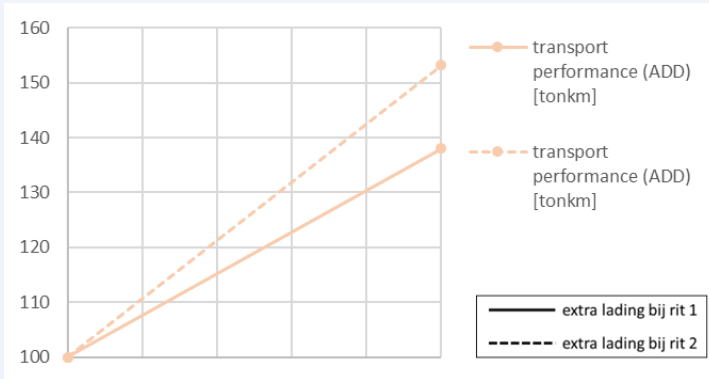


Casus: Horizontale samenwerking 2a

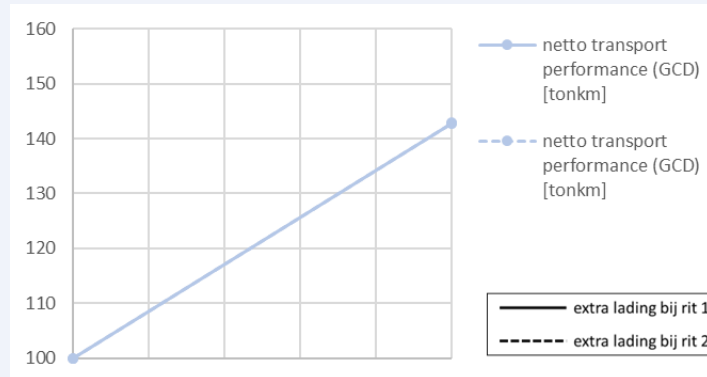
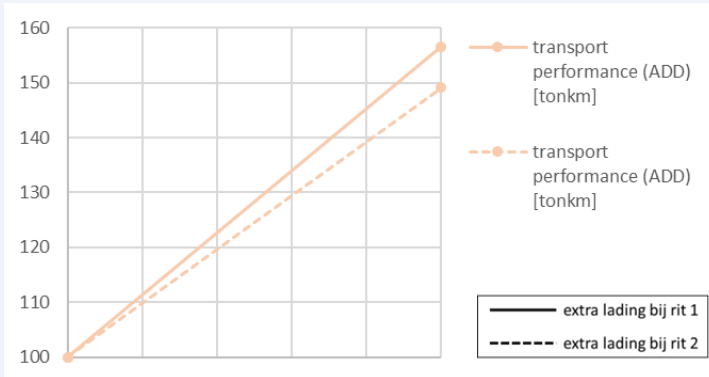
(1/3)

17 December 2024

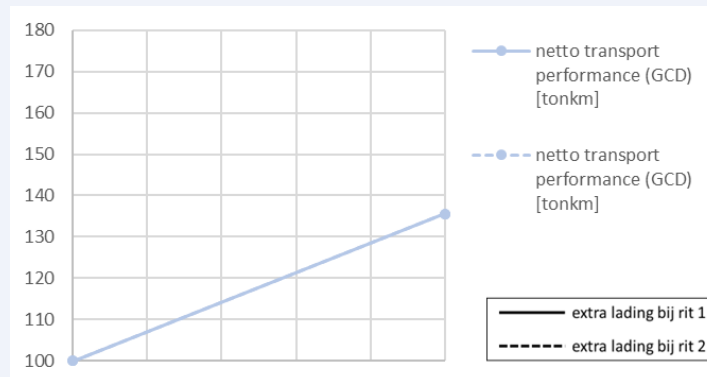
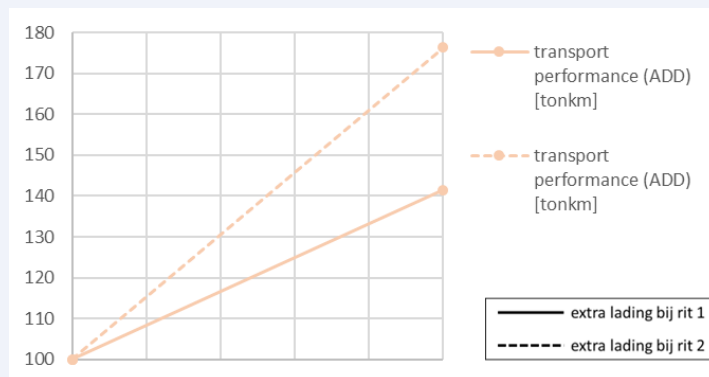
“vergelijkbare”
belading ritten /
netwerken
1 en 2



slechte
belading rit /
netwerk 2



slechte
belading / rit
netwerk 1



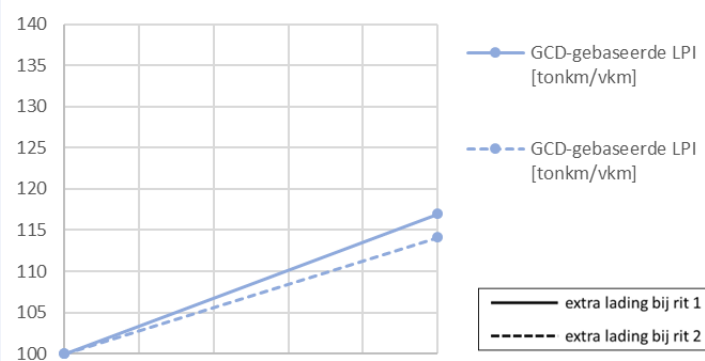
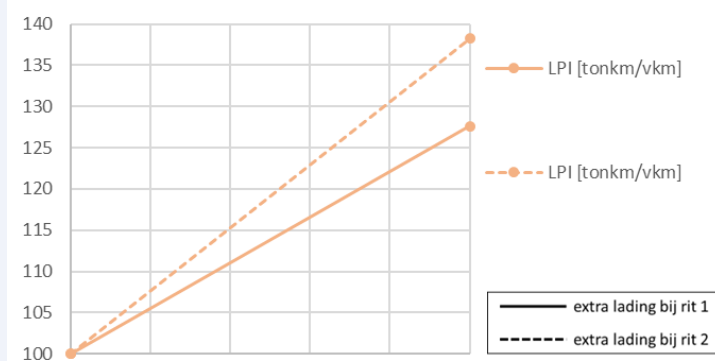
- Referentie = 100
- Effect op transport performance (ADD) hangt af van netwerk waar extra lading aan wordt toegekend en van belading individuele netwerken
- Netto transport performance (GCD) stijgt vanzelfsprekend bij toekennen extra lading maar is onafhankelijk van aan welk netwerk de lading wordt toekend

Casus: Horizontale samenwerking 2a

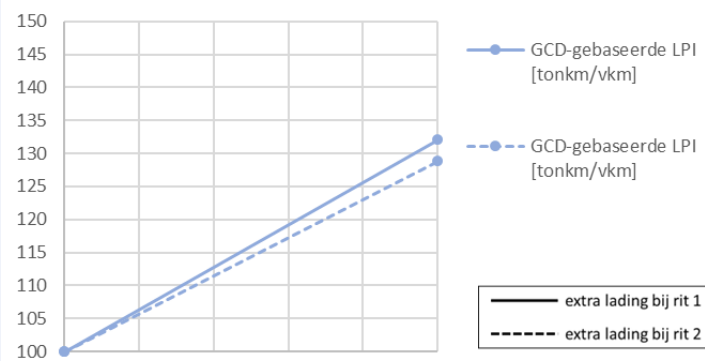
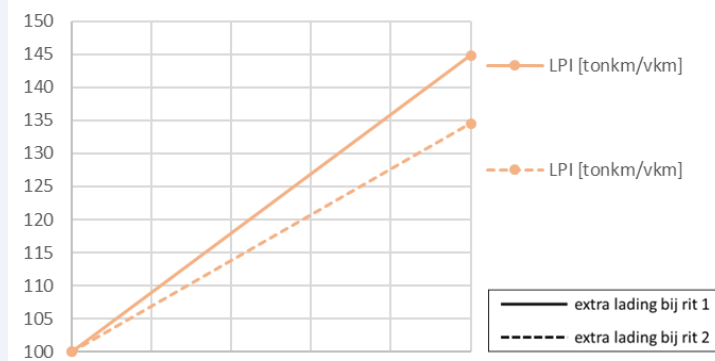
(2/3)

17 December 2024

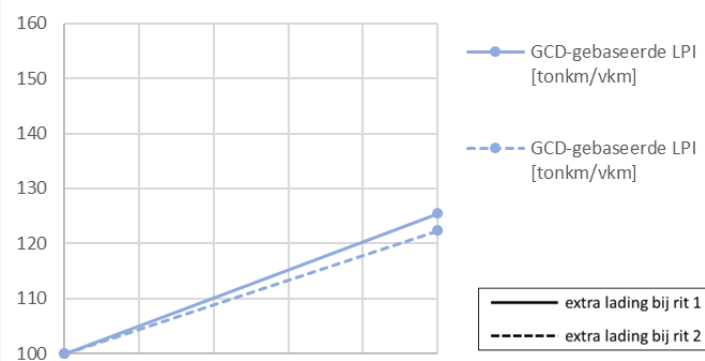
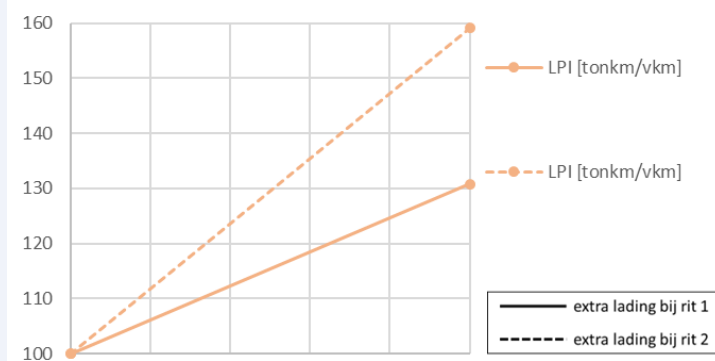
“vergelijkbare”
belading ritten /
netwerken
1 en 2



slechte
belading rit /
netwerk 2



slechte
belading / rit
netwerk 1



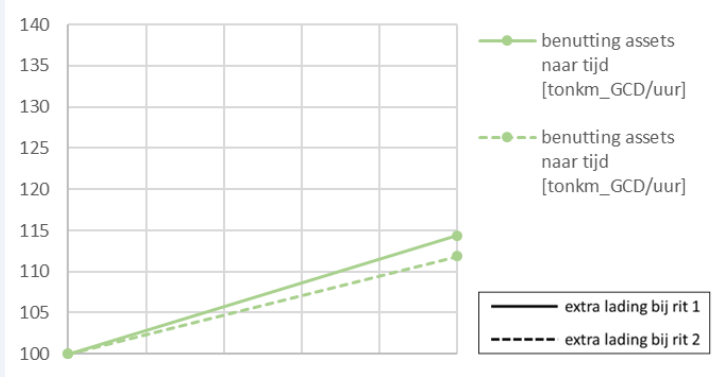
- Referentie = 100
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (voor beide varianten)
- LPI_ADD reageert gevoeliger dan LPI_GCD
- ✗ LPI_ADD geeft in 2 van de 3 gevallen ander advies voor optimale toekenning dan LPI_GCD
- LPI_ADD prefereert toekenning aan best beladen voertuig vanwege waardering van omrijdkilometers met reeds aanwezige lading

Casus: Horizontale samenwerking 2a

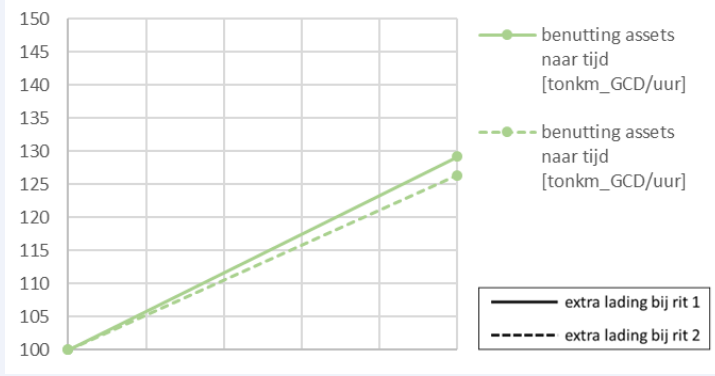
(3/3)

17 December 2024

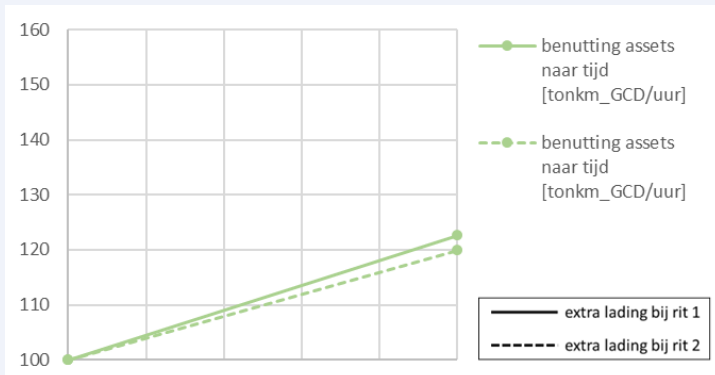
“vergelijkbare”
belading ritten /
netwerken
1 en 2



slechte
belading rit /
netwerk 2



slechte
belading rit /
netwerk 1



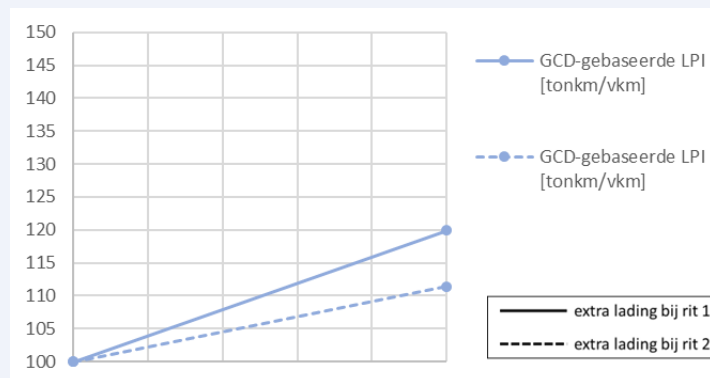
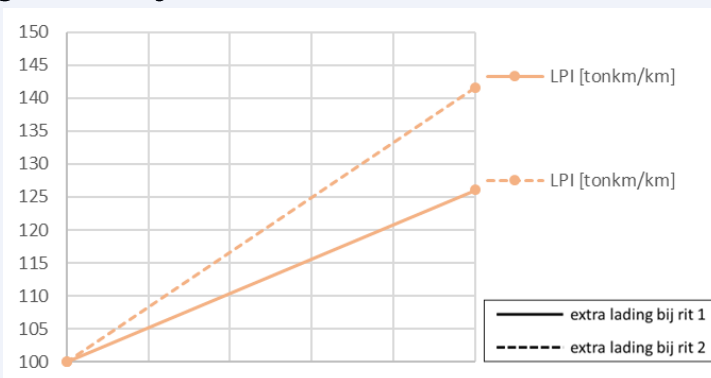
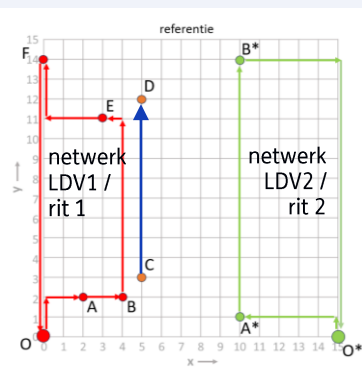
- Referentie = 100
- Benutting assets naar tijd toont vergelijkbaar gedrag als LPI_GCD

Casus: Horizontale samenwerking 2b

(1/2)

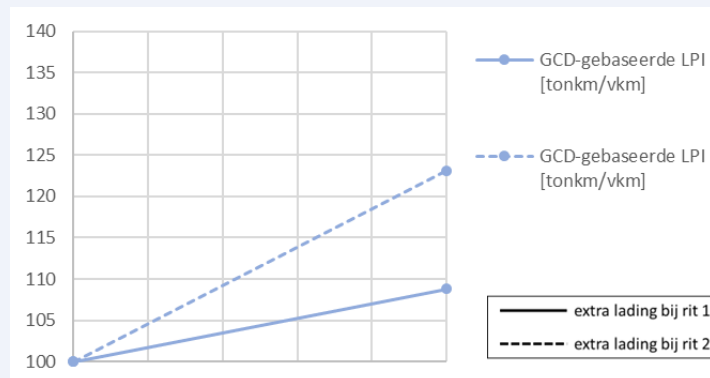
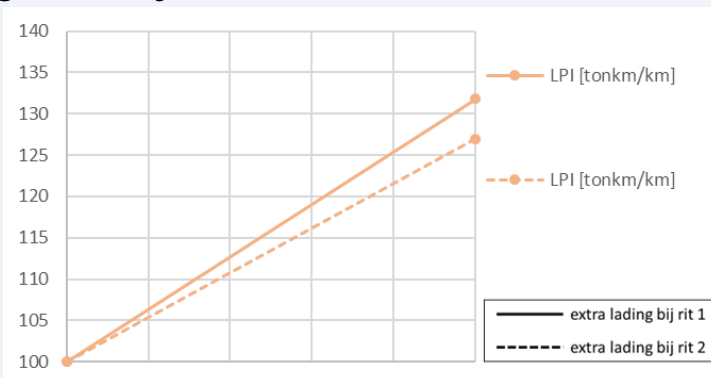
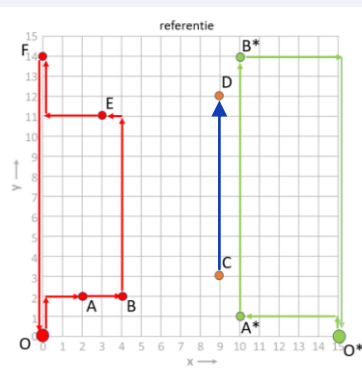
17 December 2024

extra zending dichtbij rit / netwerk 1



- Referentie = 100
- Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (voor beide varianten)

extra zending dichtbij rit / netwerk 2



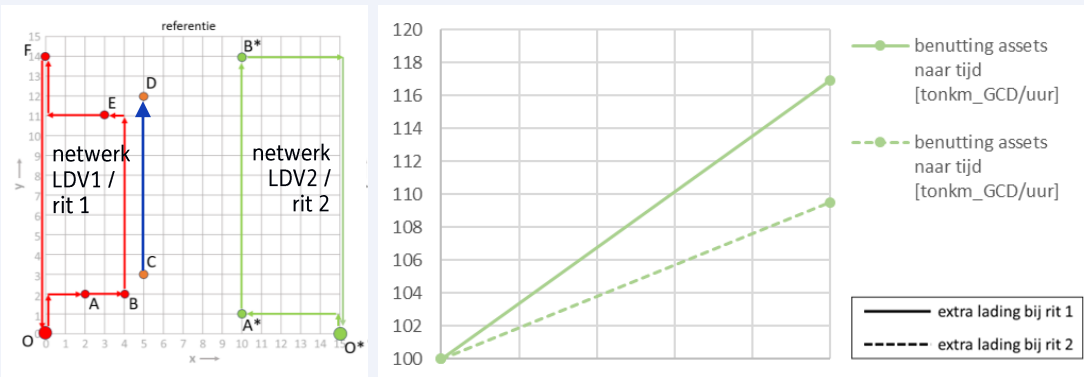
✗ LPI_ADD kiest verkeerde optie als optimum: beloont omrijden met lading die al op voertuig was

Casus: Horizontale samenwerking 2b

(2/2)

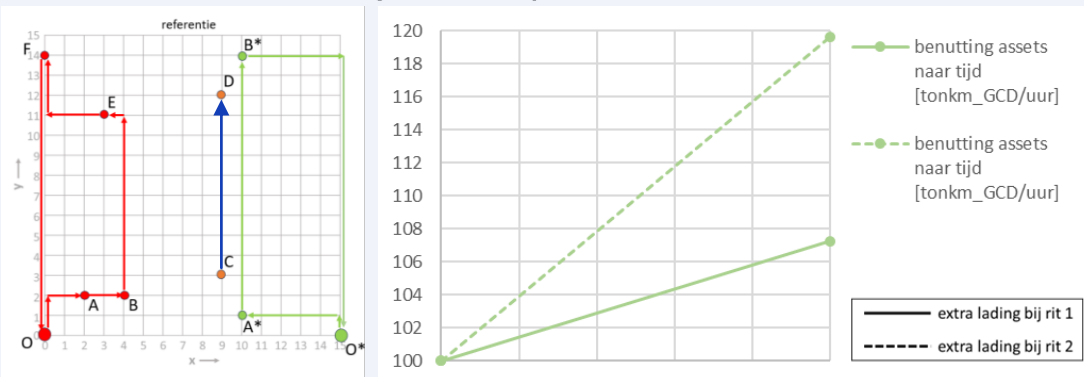
17 December 2024

extra zending dichtbij rit / netwerk 1



- Referentie = 100
- Benutting assets naar tijd toont vergelijkbaar gedrag als GCD-gebaseerde LPI

extra zending dichtbij rit / netwerk 2



Casus: Horizontale samenwerking 2

- Horizontale samenwerking van logistieke dienstverleners (LDVs) / transporteurs
 - Hier gesimuleerd op basis van twee rondritten met voertuigen van twee verschillende logistieke dienstverleners / transporteurs en toekennen van extra zending aan een van de twee ritten
- Test:
 - Geeft de waarde van de LPI voor verschillende toekenningen van een extra zending correct aan welke toekenning optimaal is vanuit perspectief van benutting assets?
- Maatregel:
 - Toedelen nieuwe zending aan 1 van 2 netwerken / ritten
 - Variëren met belading netwerk 1 en 2 en met locatie extra zending ten opzichte van de netwerken

Conclusies uit dit voorbeeld

- ✓ Richting van verandering van LPI_ADD bij toewijzen extra zending aan netwerk van 2 LDVs is gelijk aan richting van verandering LPI_GCD en benutting assets naar tijd
 - Maar effect op LPI_ADD is veel groter dan op LPI_GCD en benutting assets naar tijd
- ✗ Optimale keuze volgens LPI_ADD is in meeste gevallen anders dan optimum volgens LPI_GCD en benutting assets naar tijd, en evident verkeerd
 - Oorzaak is dat LDV omrijden met lading, die reeds op voertuig is, beloont
 - LPI_GCD en benutting assets naar tijd geven wel juiste keuze aan

Casus: Bestel (rondritten)

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: Laden op depot gevolgd door rondrit met vier afleverlocaties
- Maatregel:
 - Rijrichting omdraaien (linksom versus rechtsom)
 - Variëren met omvang (gewichten) van ladingen (zwaardere ladingen eerder of later in rondrit afleveren)
- Voertuig: Bestelauto met max. laadvermogen van 1,5 ton

resultaten	eenheid	gelijke gewichten		klein verschil		medium verschil		groot verschil	
		rechtsom	linksom	rechtsom	linksom	rechtsom	linksom	rechtsom	linksom
transport performance (ADD)	tonkm	150	150	140	161	122	179	101	200
LPI_ADD	tonkm/km	0,8	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,5	1,0
capaciteitskilometers	tonkm	300	300	300	300	300	300	300	300
relatieve LPI_ADD		50%	50%	47%	54%	41%	60%	34%	67%
netto transport performance (GCD)	tonkm	86	86	84	84	84	84	70	70
LPI_GCD	tonkm/km	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42	0,35	0,35
relatieve LPI_GCD		29%	29%	28%	28%	28%	28%	23%	23%
inzet assets (tijd)	uur	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
inzet assets (afstand ADD)	km	200	200	200	200	200	200	200	200
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	13	13	12	12	12	12	10	10

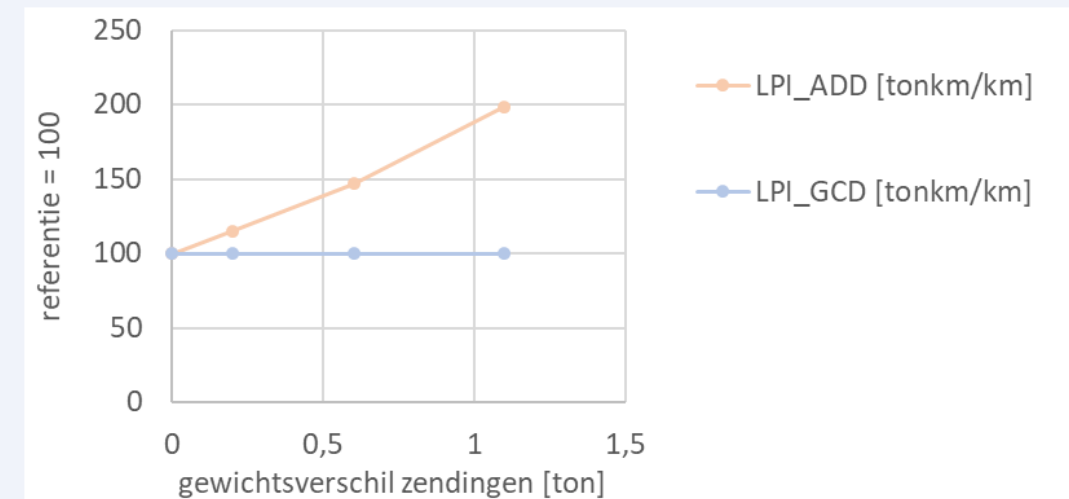
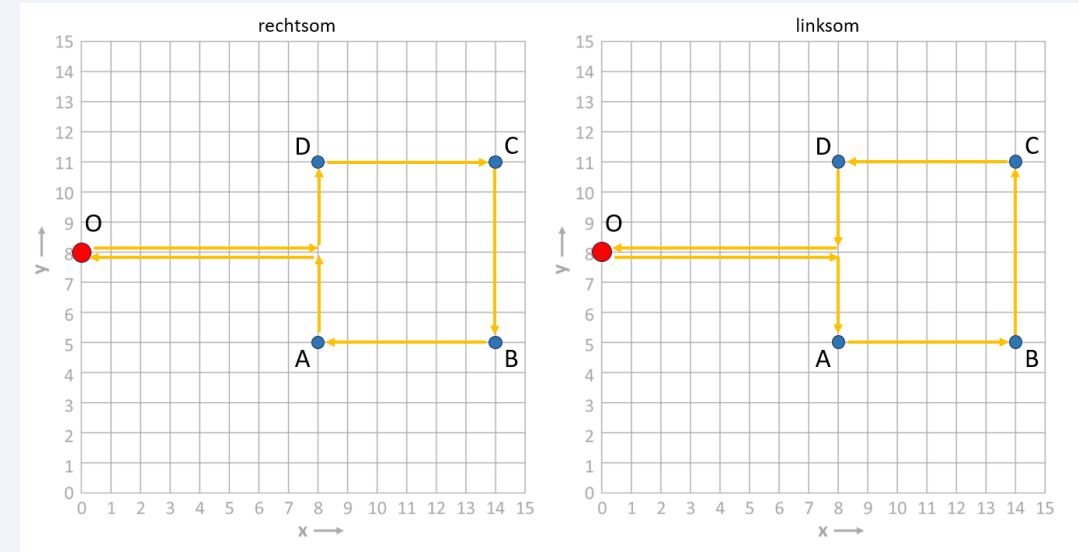
Casus: Bestel (rondritten)

- Referentie: Laden op depot gevolgd door rondrit met vier afleverlocaties
- Maatregel:
 - Rijrichting omdraaien (linksom versus rechtsom)
 - Variëren met omvang (gewichten) van ladingen (zwaardere ladingen eerder of later in rondrit afleveren)
- Voertuig: Bestelauto met max. laadvermogen van 1,5 ton

Conclusies van dit voorbeeld:

- ✓ Bij gelijke gewichten van drop-off ladingen maakt rijrichting geen verschil voor alle prestatie-indicatoren
- ✗ Bij verschillende gewichten van drop-off ladingen geeft LPI_ADD verschillende waarden bij omdraaien van de rijrichting terwijl de netto benutting van assets evident gelijk is (voertuig is even lang en even ver onderweg)
- LPI_GCD is ongevoelig voor rijrichting

(2/2)

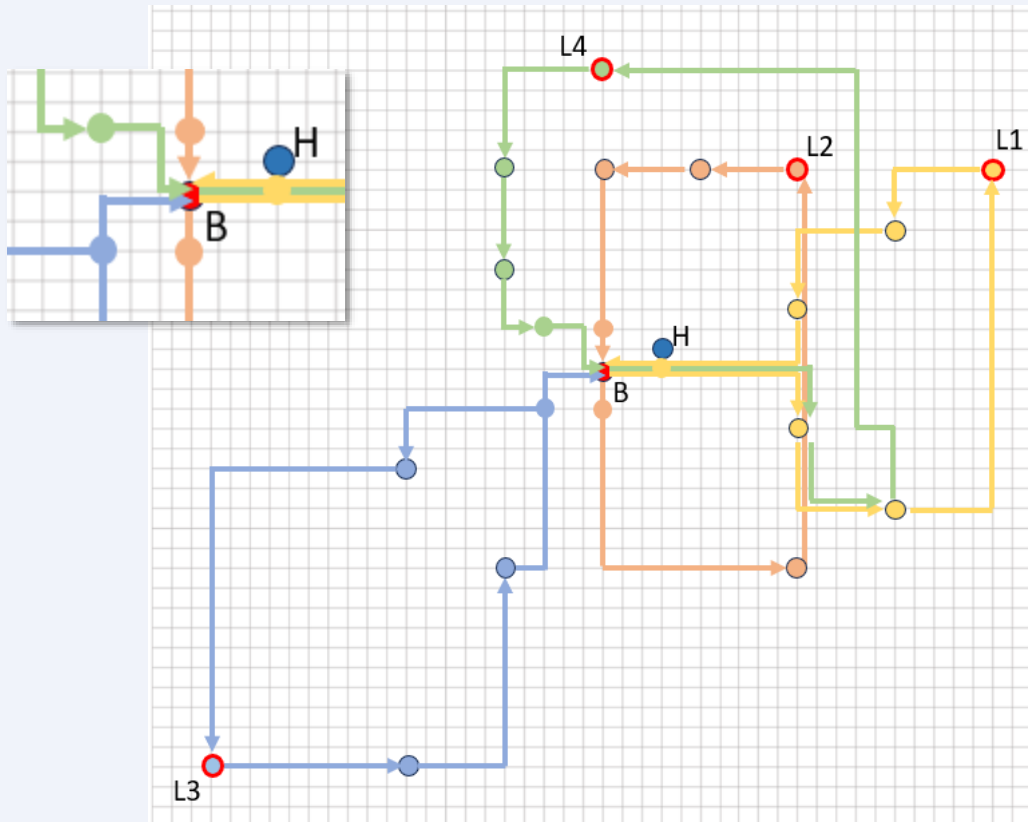
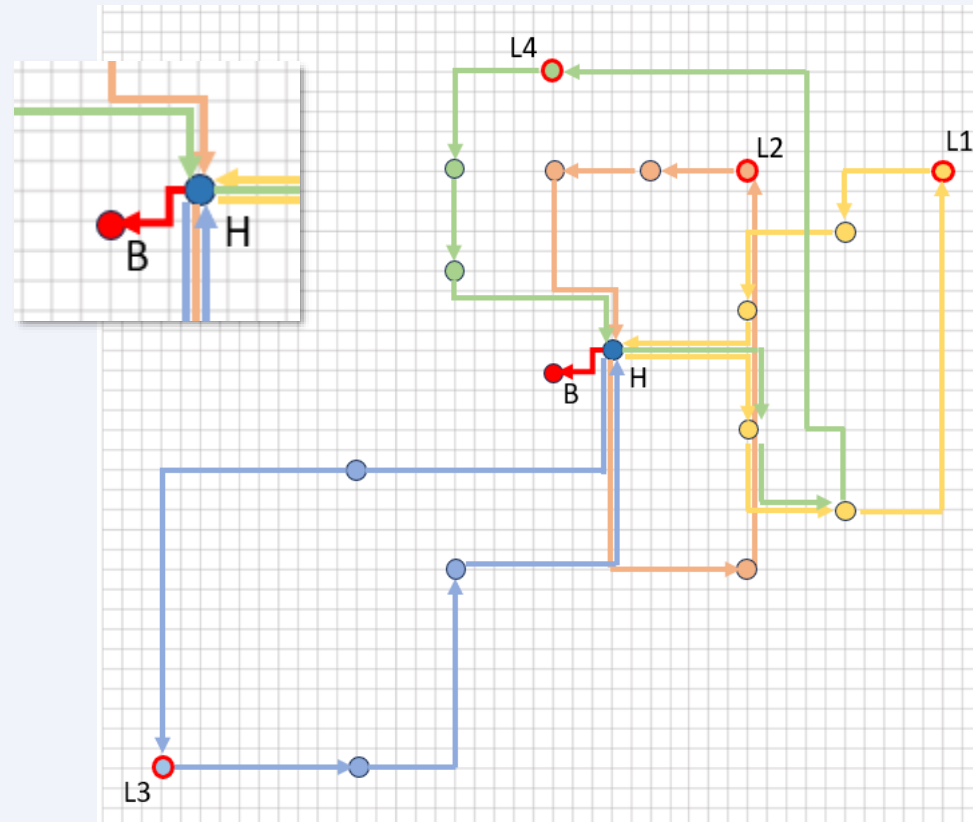


Casus: Bouwhub 1 (rondritten)

(1/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
 - In deze casus zijn zendingen naar Bouwplaats onderdeel van rondritten met zendingen naar andere locaties
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$

Zonder bouwhub: $L \rightarrow B$ Met bouwhub: $L \rightarrow H \rightarrow B$ 

Casus: Bouwhub 1 (rondritten)

(2/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): L → B
 - In deze casus zijn zendingen naar Bouwplaats onderdeel van rondritten met zendingen naar andere locaties
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): L → H → B
- Drie varianten:
 - 1a: totaal 25 ton getransporteerd naar B
 - 1b: totaal 50 ton getransporteerd naar B
 - 1c: totaal 75 ton getransporteerd naar B
- Voertuigen: identieke vrachtwagens met max. laadvermogen van 25 ton
- Lading van H naar B neemt toe van 1a naar 1c
- Ladingen naar andere locaties blijven per rondrit gelijk

resultaat voor variant 1b (50 ton = 2TFL van H → B)

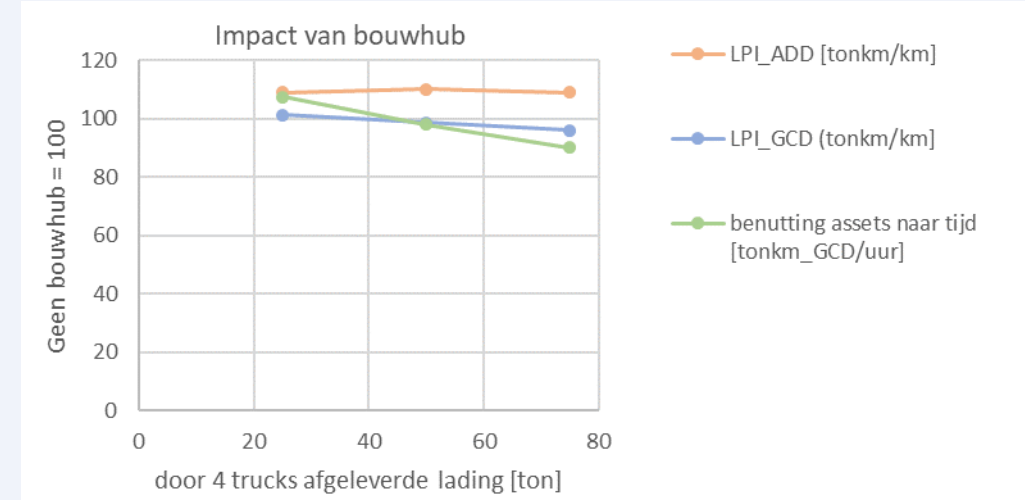
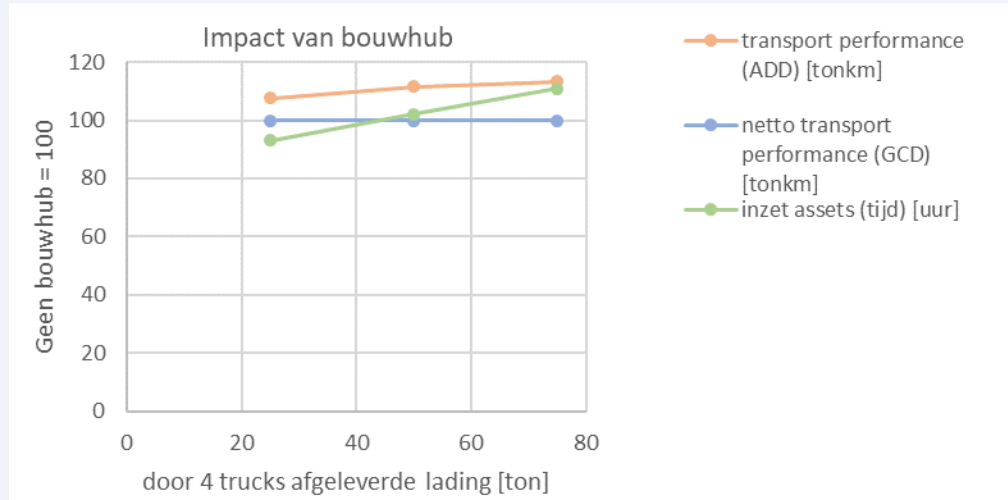
resultaten	eenheid	referentie				maatregel					totaal		Δ
		rit 1 (L-B)	rit 2 (L-B)	rit 3 (L-B)	rit 4 (L-B)	rit 1 (L-H)	rit 2 (L-H)	rit 3 (L-H)	rit 4 (L-H)	rit (H-B) x2	referentie	maatregel	
transport performance (ADD)	tonkm	3110	1350	3525	2100	2720	1450	3905	2170	1000	10085	11245	11,5%
LPI_ADD	tonkm/km	8,4	4,5	8,8	5,0	8,0	4,8	8,9	6,2	12,5	6,8	7,4	10,0%
capaciteitskilometers	tonkm	9250	7500	10000	10500	8500	7500	11000	8750	2000	37250	37750	1,3%
relatieve LPI_ADD		33,6%	18,0%	35,3%	20,0%	32,0%	19,3%	35,5%	24,8%	50,0%	27,1%	29,8%	10,0%
netto transport performance (GCD)	tonkm	1196	662	1670	1263	1158	636	1749	1201	791	4791	4791	0,0%
LPI_GCD	tonkm/km	3,2	2,2	4,2	3,0	3,4	2,1	4,0	3,4	9,9	3,22	3,17	-1,3%
relatieve LPI_GCD		12,9%	8,8%	16,7%	12,0%	13,6%	8,5%	15,9%	13,7%	39,5%	12,9%	12,7%	-1,3%
inzet assets (tijd)	uur	7,5	5,5	7,9	8,4	6,3	4,9	7,0	6,4	5,2	29	30	2,1%
inzet assets (afstand ADD)	km	370	300	400	420	340	300	440	350	80	1490	1510	1,3%
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	161	121	212	151	185	129	250	188	152	164	161	-2,0%

Casus: Bouwhub 1 (rondritten)

(3/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$



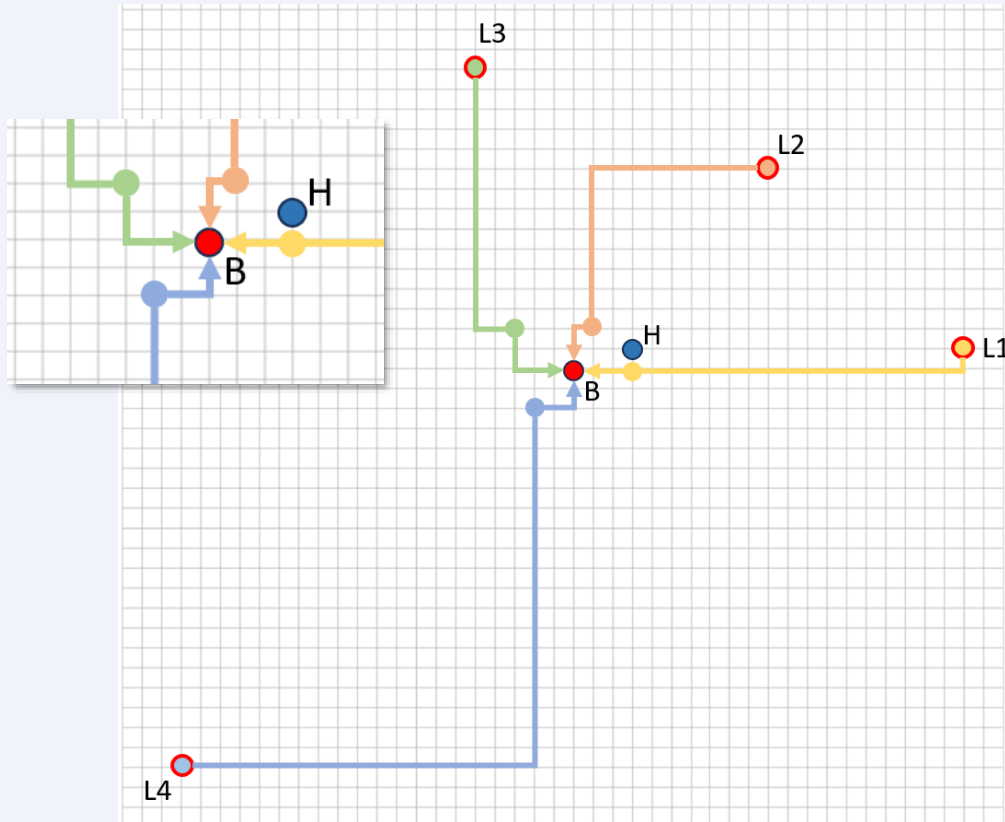
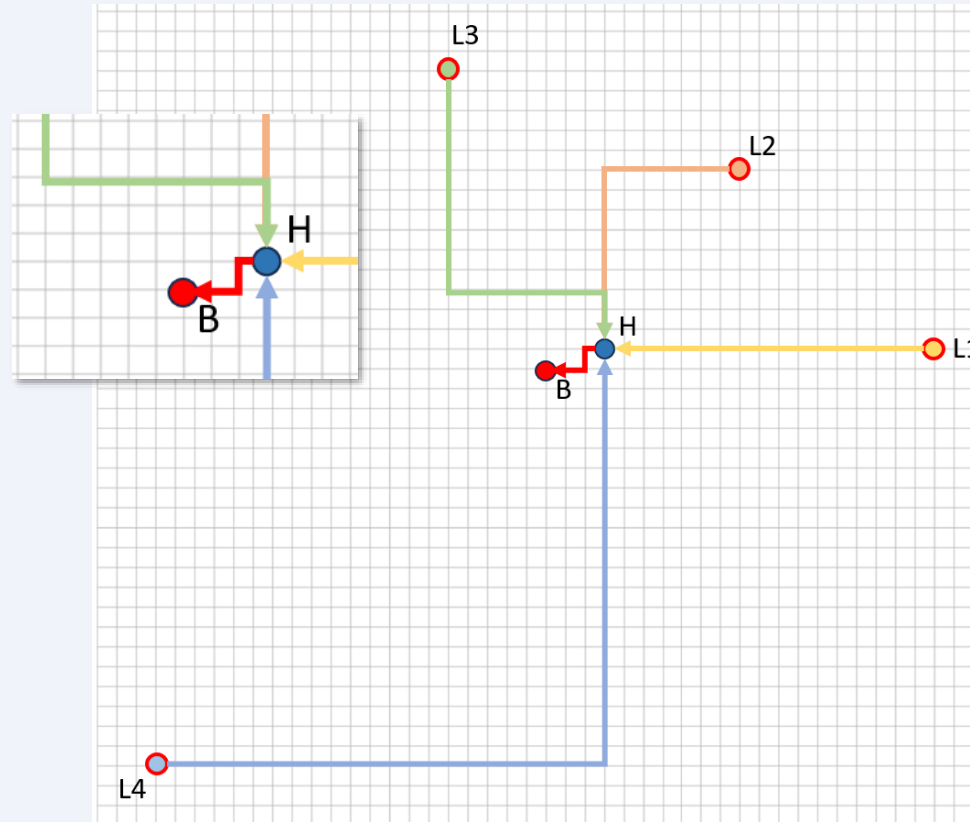
- Resultaat:
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (voor beide varianten)
 - ✗ LPI_ADD stijgt iets bij gebruik van hub als gevolg van belonen extra kilometers met lading
 - LPI_GCD redelijk ongevoelig voor maatregel: daalt enigszins door inzet bouwhub als gevolg van extra kilometers maar dat is afhankelijk van precieze definitie casus (locatie H ten opzichte van B)
 - Benutting assets naar tijd neemt iets toe bij weinig lading naar bouwplaats, maar voordeel verandert in nadeel bij grotere hoeveelheid afgeleverde goederen als gevolg van extra ritten $H \rightarrow B$ en extra tijd voor overslag

Casus: Bouwhub 2 (directe ritten)

(1/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
 - In deze casus zijn zendingen naar Bouwplaats directe ritten, dus alleen tussen Leverancier en Bouwplaats
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$

Zonder bouwhub: $L \rightarrow B$ Met bouwhub: $L \rightarrow H \rightarrow B$ 

Casus: Bouwhub 2 (directe ritten)

(2/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
 - In deze casus zijn zendingen naar Bouwplaats directe ritten, dus alleen tussen Leverancier en Bouwplaats
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$
- Drie varianten:
 - 2a: totaal 25 ton getransporteerd naar B
 - 2b: totaal 50 ton getransporteerd naar B
 - 2c: totaal 75 ton getransporteerd naar B
- Voertuigen: identieke vrachtwagens met max. laadvermogen van 25 ton
- Lading van H naar B neemt toe van 2a naar 2c
- Ladingen naar andere locaties blijven per rondrit gelijk

resultaat voor variant 2b (50 ton = 2TFL van $H \rightarrow B$)

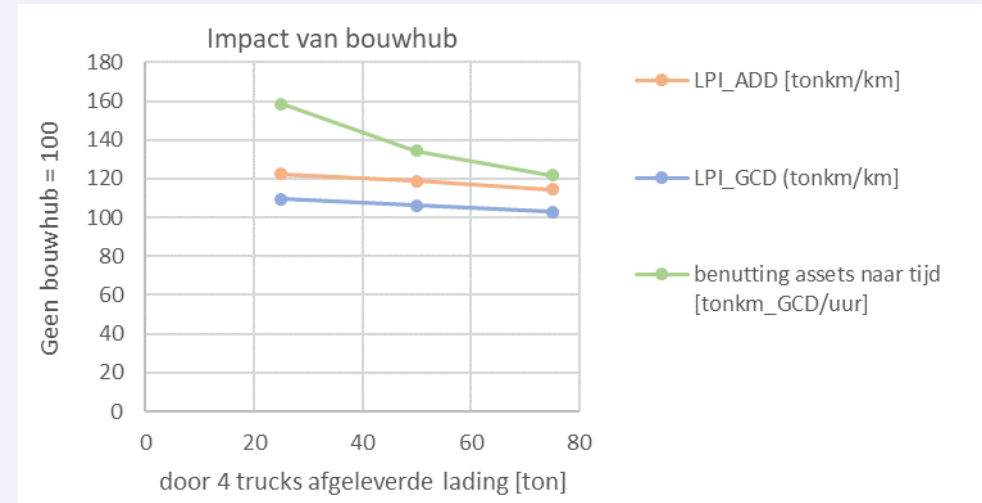
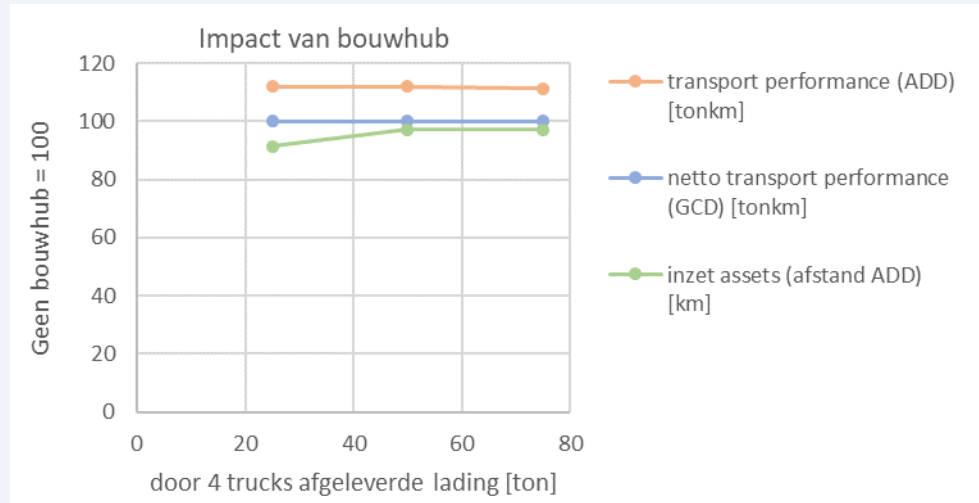
resultaten	eenheid	referentie				maatregel					totaal		Δ
		rit 1 (L-B)	rit 2 (L-B)	rit 3 (L-B)	rit 4 (L-B)	rit 1 (L-H)	rit 2 (L-H)	rit 3 (L-H)	rit 4 (L-H)	rit (H-B) x2	referentie	maatregel	
transport performance (ADD)	tonkm	1050	1000	1200	6000	850	800	1300	6400	1000	9250	10350	11,9%
LPI_ADD	tonkm/km	5,0	5,0	3,2	10,0	5,0	5,0	5,0	10,0	8,3	6,7	7,9	18,7%
capaciteitskilometers	tonkm	5250	5000	9500	15000	4250	4000	6500	16000	2000	34750	32750	-5,8%
relatieve LPI_ADD		20,0%	20,0%	12,6%	40,0%	20,0%	20,0%	20,0%	40,0%	50,0%	26,6%	31,6%	18,7%
netto transport performance (GCD)	tonkm	1001	707	1000	3000	150	474	962	3114	250	5708	5708	0,0%
LPI_GCD	tonkm/km	4,8	3,5	2,6	5,0	0,9	3,0	3,7	4,9	3,1	4,11	4,36	6,1%
relatieve LPI_GCD		19,1%	14,1%	10,5%	20,0%	3,5%	11,9%	14,8%	19,5%	12,5%	16,4%	17,4%	6,1%
inzet assets (tijd)	uur	5,3	4,7	11,6	10,4	2,8	2,7	4,3	8,7	5,4	32	24	-25,6%
inzet assets (afstand ADD)	km	210	200	380	600	170	160	260	640	120	1390	1350	-2,9%
benutting assets naar tijd	tonkm_GCD/uur	190	152	86	288	54	178	226	359	46	178	240	34,5%

Casus: Bouwhub 2 (directe ritten)

(3/3)

17 December 2024

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door één of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$



- Resultaat:
 - Relatieve effect van maatregel op LPI en relatieve LPI is hetzelfde (voor beide varianten)
 - ✗ LPI_ADD stijgt iets bij gebruik van hub als gevolg van belonen extra kilometers met lading: effect neemt bij grotere zendingen
 - LPI_GCD is minder gevoelig voor maatregel: stijgt enigszins door inzet bouwhub als gevolg van iets minder voertuigkilometers maar dat is afhankelijk van precieze definitie casus (locatie H ten opzichte van B)
 - Benutting assets naar tijd neemt sterk toe bij weinig lading naar bouwplaats, maar voordeel neemt af bij grotere hoeveelheid afgeleverde goederen als gevolg van extra ritten $H \rightarrow B$ en extra tijd voor overslag

Casus: Bouwhub 1 /2

- Referentie: Leveranciers (L) leveren direct naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow B$
 - twee casussen:
 - Zendingen naar Bouwplaats onderdeel van rondritten met zendingen naar andere locaties
 - Zendingen naar Bouwplaats directe ritten, dus alleen tussen Leverancier en Bouwplaats
- Maatregel: Leveranciers (L) leveren naar Bouwhub (H), gevolgd door een of meer directe full truck load (FTL) ritten van Bouwhub (H) naar Bouwplaats (B): $L \rightarrow H \rightarrow B$

Conclusies van dit voorbeeld:

- ✗ LPI_ADD geeft in alle geteste voorbeelden positieve respons op toepassen bouwhub
 - Maar LPI_GCD en vooral benutting assets naar tijd laten zien dat een bouwhub niet altijd tot een betere benutting / efficiëntere inzet van logistieke assets leidt (wat overigens ook niet het hoofddoel is van de inzet van een bouwhub)
 - Dit is eerste casus waarin LPI_GCD en benutting assets naar tijd (met transport performance in teller ook gebaseerd op GCD) zeer verschillend reageren op maatregel
 - Dit is indicatie voor beperkingen van LPI_GCD als proxy voor benutting van logistieke assets
 - De werkelijk met voertuigen gereden afstand (ADD) in de noemer is in dit geval geen voldoende goede benadering / maat voor het beslag op logistieke assets
 - De locatie van de bouwhub lijkt mede bepalend voor de LPI in deze casus, en niet zozeer de inzet van de logistieke assets

Gewicht- vs. volume-gelimiteerd transport

- Alle hiervoor uitgewerkte casussen / voorbeelden zijn voor gewicht-gelimiteerd vervoer en op basis van transport performance, netto transport performance en capaciteitskilometers uitgedrukt in tonkm.
- Voor volume-gelimiteerd vervoer geven de verschillende voorbeelden echter exact dezelfde uitkomst als voor gewicht-gelimiteerd vervoer. Dit kan als volgt beredeneerd worden:
 - In de casussen voor vervoer met vrachtwagens is nu gerekend met een max. laadvermogen van 25 ton voor de vrachtwagens
 - Als we aannemen dat deze vrachtwagen een max. laadvolume hebben van 75 m^3 en we de eenheid *ton* op alle plaatsen in alle berekeningen vervangen wordt door alternatieve volume-eenheid van $75/25 \text{ m}^3$, dan levert dat berekeningen voor voertuigen die in dezelfde mate naar volume beladen zijn als dat de voertuigen in de huidige berekeningen naar gewicht beladen zijn, met gelijke uitkomsten voor de respons van de verschillende indicatoren op de gesimuleerde maatregelen
- Deze conclusie geldt ook voor het gebruik van andere (fysieke) eenheden voor de vervoerde lading
- De casus “lood en veren” op de volgende pagina verkent hoe lading performance indicatoren gebaseerd op gewicht en volume reageren wanneer de inzet van voertuigen wordt geoptimaliseerd door het combineren van ladingen met een hoog en laag soortelijk gewicht

Casus: Vracht “lood en veren”

(1/2)

17 December 2024

- Referentie: Vol heen, leeg terug over rechte weg met 6 identieke vrachtwagens met een max. laadvermogen van 25 ton en 75 m³
 - 1 truck gewicht-gelimiteerd (FTL) met zware producten (“machines”: 2 ton/m³)
 - 25 ton: 1 truck met 25 ton
 - 5 trucks (volume-gelimiteerd) met lichte producten (“matrassen”: 0,05 ton/m³)
 - 360 m³: 4 trucks met 75 m³ en 1 truck met 60 m³
- Maatregel: Combineren van zware en lichte producten tot vijf ritten met vrachtwagens die qua volume vol zijn
- Test:
 - Hoe reageren de LPI en relatieve LPI op basis van gewicht en volume, voor het totaal van de uitgevoerde ritten, op het beter benutten van assets (minder ritten) door bundelen van zware en lichte goederen?
- N.B.: Er is in dit geval geen onderscheid in de resultaten tussen LPIs gebaseerd op ADD of GCD. We gaan uit van een rechte weg tussen herkomst en bestemming van 150 km. Bij rechte weg leveren transport performance (ADD) en netto transport performance (GCD) dezelfde waarde voor de teller van de twee varianten indicatoren.

Casus: Vracht “lood en veren”

(2/2)

17 December 2024

- Referentie: Vol heen, leeg terug over rechte weg met 1 volle vrachtwagen (gewicht-gelimiteerd) met zware producten en 5 nagenoeg volle vrachtwagens (volume-gelimiteerd) met lichte producten
- Maatregel: Combineren van zware en lichte producten tot 5 ritten met vrachtwagens die qua volume vol zijn

machines			matrassen		
dichtheid	2	ton/m3	dichtheid	0,05	ton/m3
laadvermogen	25	ton	laadvolume	75	m3
te vervoeren	25	ton	te vervoeren	360	m3
aantal ritten	1		aantal ritten	5	
apart vervoeren			gecombineerd vervoeren		
aantal ritten	6		aantal ritten	5	
	ton	m3		ton	m3
LPI	3,6	31,0 per vkm	LPI	4,3	37,3 per vkm
relatieve LPI	14%	41%	relatieve LPI	17%	50%

- Resultaat:
 - ✓ De LPI en relatieve LPI, naar gewicht en volume, stijgen alle even veel bij slim bundelen zware en lichte ladingen (in dit voorbeeld met 20%)

Vloot met niet gelijke voertuig(typ)en

(1/2)

17 December 2024

- **Casus: Zelfde lading met grote vs. kleine vrachtwagens vervoeren**
- Referentie: 25 ton vervoeren met een trekker-oplegger (1 FTL)
- Maatregel: 2 x 12,5 ton vervoeren met 2 bakwagens (2 FTL)
- Resultaat:
 - ✓ **LPI_ADD** (transport performance / totaal afgelegde afstand voertuig(en)) in tonkm/km **halveert** bij rijden met 2 bakwagens in plaats van 1 trekker-oplegger
 - Transport performance is gelijk, maar door voertuigen afgelegde afstand verdubbelt
 - Richting van verandering is OK, want rijden met 2 kleine vrachtwagens is minder efficiënt
 - Maar factor 2 is niet per se correcte kwantitatieve waarde voor groter beslag op assets (dit is afhankelijk van hoe je de inzet van een bakwagen ten opzichte van een trekker-oplegger waardeert)
 - **Relatieve LPI_ADD** (transport performance / capaciteitskilometers) in tonkm/tonkm **is gelijk** voor beide gevallen
 - Capaciteitskilometers zijn gelijk voor beide gevallen: 2x de afstand x helft van capaciteitskms per voertuig
 - ✓ Geeft in ieder geval aan dat beide kleine voertuigen qua capaciteit even goed benut zijn als ene grote voertuig
 - ✓ **Dit geldt ook voor LPI_GCD en relatieve LPI_GCD**
 - Netto transport performance is gelijk voor beide gevallen
 - Noemers zijn gelijk aan LPI_ADD en relatieve LPI_ADD
 - ✓ **GCD-gebaseerd benutting assets naar tijd (tonkm_GCD/uur) halveert**
 - Netto transport performance is gelijk maar tijd dat assets worden ingezet verdubbelt
 - Is consistent met feit dat 2 chauffeurs nodig zijn bij gebruik 2 bakwagens

Vloot met niet gelijke voertuig(typ)en

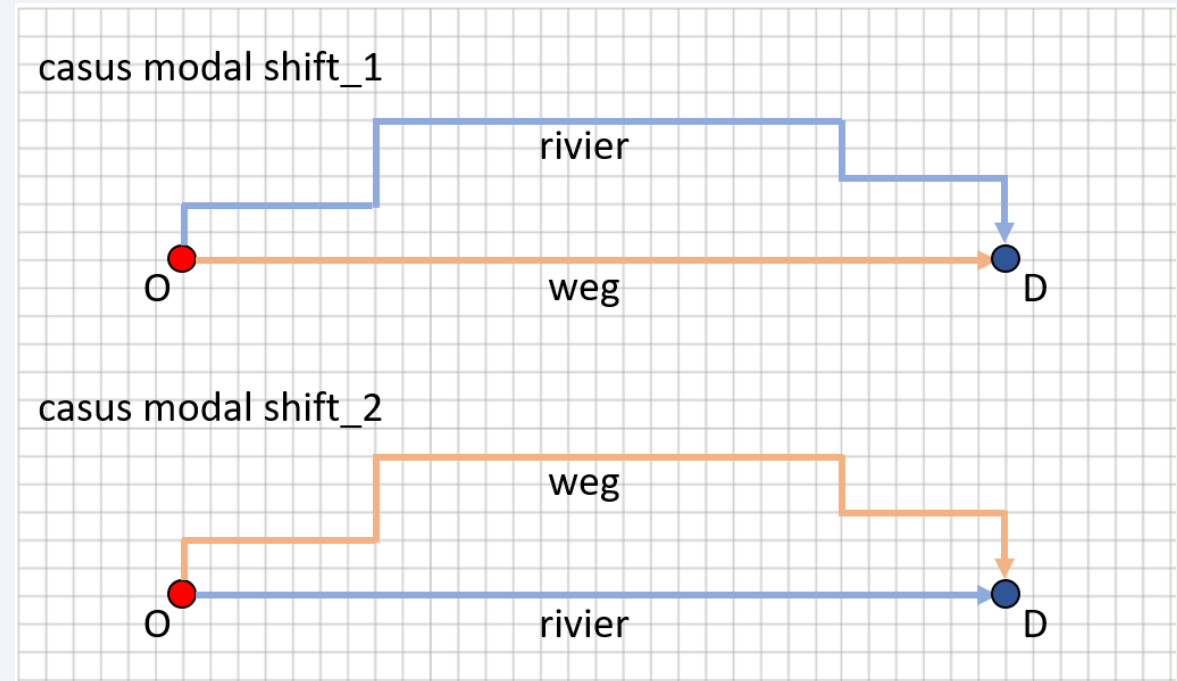
(2/2)

17 December 2024

- **Casus: Zelfde lading met kleine vs. grote vrachtwagen vervoeren**
- Referentie: 12,5 ton vervoeren met 1 bakwagens (1 FTL)
- Maatregel: 12,5 ton vervoeren met 1 trekker-oplegger (0,5 FTL)
- Resultaat:
 - ✗ **LPI_ADD** (transport performance / totaal afgelegde afstand voertuig(en)) in tonkm/km **blijft gelijk** bij rijden met 1 trekker-oplegger in plaats van 1 bakwagen
 - Transport performance is gelijk en door voertuigen afgelegde afstand blijft gelijk
 - Dit is niet OK, want rijden met half beladen grote vrachtwagen is een minder efficiënte benutting van asset
 - ✓ **Relatieve LPI_ADD** (transport performance / capaciteitskilometers) in tonkm/tonkm **halveert** bij rijden met 1 trekker-oplegger in plaats van 1 bakwagen
 - Transport performance is gelijk voor beide voertuigen maar capaciteitskilometers van trekker-oplegger zijn twee keer zo groot
 - Geeft goed aan dat bij overzetten kleine lading op trekker-oplegger deze niet goed benut wordt
 - **Dit geldt ook voor LPI_GCD en relatieve LPI_GCD**
 - Netto transport performance is gelijk voor beide gevallen
 - Noemers zijn gelijk aan LPI_ADD en relatieve LPI_ADD
 - ✓ **GCD-gebaseerd benutting assets naar tijd (tonkm_GCD/uur) blijft gelijk**
 - Netto transport performance is gelijk en tijd dat assets worden ingezet ook
 - Is consistent met feit dat 1 voertuig en 1 chauffeur nodig zijn in beide gevallen

Modal shift van weg naar binnenvaart

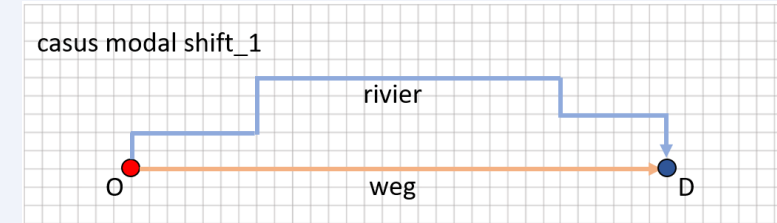
- Vervoersprestatie
 - 1, 15, 30 of 45 containers van oorsprong naar bestemming beladen heen, leeg terug
- Referentie
 - Vervoeren met 1 – 45 vrachtwagens (vw)
- Maatregel
 - Vervoeren met 1 binnenvaartschip (bv)
 - 2 varianten
 - 1) Rechte weg, kronkelige rivier
 - 2) Kronkelige weg, rechte rivier



Modal shift van weg naar binnenvaart 1

(1/2)

- Referentie
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 – 45 vrachtwagens (vw)
- Maatregel
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 binnenvaartschip (bv)
 - Variant 1) Rechte weg, kronkelige rivier
- Resultaat
 - LPI_ADD en relatieve LPI_ADD voor wegtransport blijven gelijk, onafhankelijk van aantal vervoerde containers
 - LPI_ADD voor binnenvaart neemt snel toe als schip beter beladen wordt
 - Geldt beide voor ADD-gebaseerde en GCD-gebaseerde LPIs



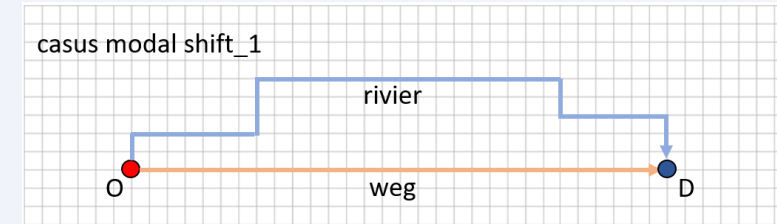
			aantal containers							
			1		15		30		45	
resultaten	eenheid		vw	bv	vw	bv	vw	bv	vw	bv
transport performance (ADD)	cont.km		300	400	4500	6000	9000	12000	13500	18000
voertuigkilometers	km		600	800	9000	800	18000	800	27000	800
LPI_ADD	cont.km/km		0,5	0,5	0,5	7,5	0,5	15,0	0,5	22,5
capaciteitskilometers	cont.km	tonkm	600	36000	9000	36000	18000	36000	27000	36000
relatieve LPI_ADD	cont.km/cont.km		50%	1%	50%	17%	50%	33%	50%	50%
netto transport performance (GCD)	cont.km	tonkm	300	300	4500	4500	9000	9000	13500	13500
LPI_GCD	cont.km/km		0,5	0,4	0,5	5,6	0,5	11,3	0,5	16,9
relatieve LPI_GCD	cont.km/cont.km		50%	1%	50%	13%	50%	25%	50%	38%
inzet assets (tijd)	uur	uur	9	54	139	55	277	57	416	59
inzet assets (afstand ADD)	km	km	600	800	9000	800	18000	800	27000	800
benutting assets naar tijd	GCD/uur	GCD/uur	32	6	32	81	32	157	32	228

Modal shift van weg naar binnenvaart 1

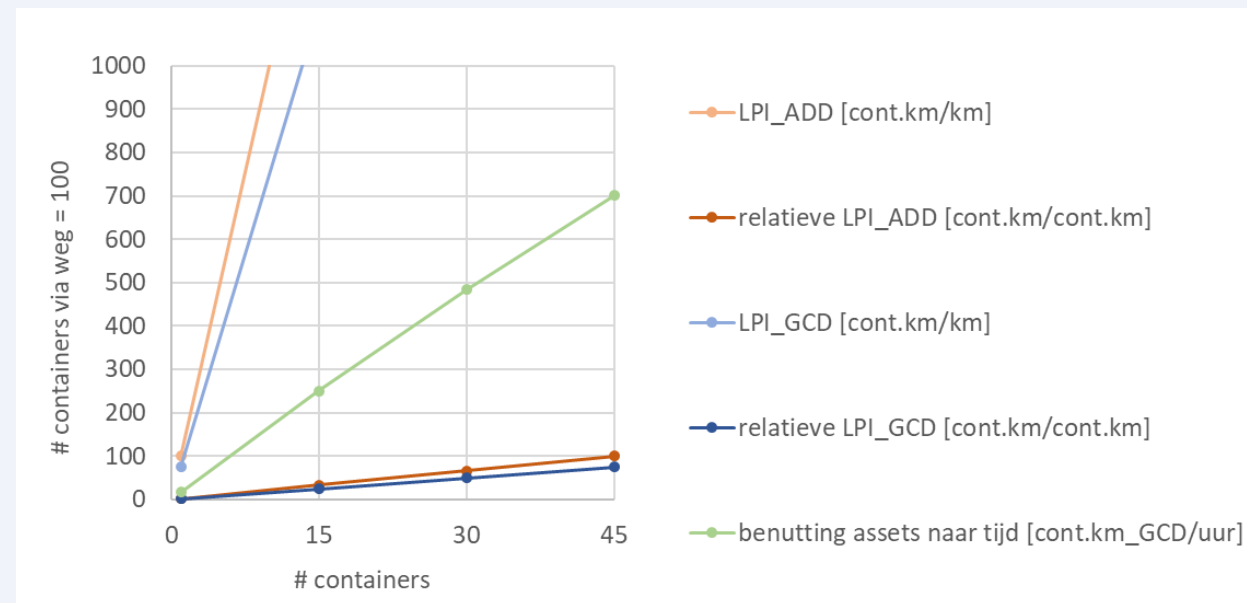
(2/2)

17 December 2024

- Referentie
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 – 45 vrachtwagens
- Maatregel
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 binnenvaartschip
 - Variant 1) Rechte weg, kronkelige rivier



- Resultaat
 - ✗ Bij vervoer van 1 container is LPI_ADD voor binnenvaart gelijk aan LPI_ADD voor wegtransport, terwijl inzet van schip voor zo'n kleine lading evident geen goede benutting van assets is
 - ✓ Relatieve LPI_ADD voor binnenvaart is bij 45 containers gelijk aan die voor wegverkeer, terwijl gebruik binnenvaart evident betere benutting van assets is
 - Geeft wel aan dat beide assets goed beladen zijn
 - LPI_ADD en relatieve LPI_ADD zijn geen reële basis voor vergelijking, ook niet op basis van GCD
 - Benutting naar tijd neemt gematigder toe door extra tijd voor laden lossen bij meer containers
 - 1 uur vrachtwagen $\neq$ 1 uur schip
 - LPI_GCDs voor binnenvaartschip kleiner dan LPI_ADDs als gevolg van omweg kronkelige rivier ten opzichte van rechte weg



Modal shift van weg naar binnenvaart 2

(1/2)

17 December 2024

- Referentie
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 – 45 vrachtwagens
- Maatregel
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 binnenvaartschip
- Variant 1) Kronkelige weg, rechte rivier
- Resultaat
 - LPI en relatieve LPI voor wegtransport blijven gelijk, onafhankelijk van aantal vervoerde containers
 - LPI voor binnenvaart neemt snel toe als schip beter beladen wordt
 - Geldt beide voor ADD-gebaseerde en GCD-gebaseerde LPIs



		aantal containers							
		1		15		30		45	
resultaten	eenheid	vw	bv	vw	bv	vw	bv	vw	bv
transport performance (ADD)	cont.km	400	300	6000	4500	12000	9000	18000	13500
voertuigkilometers	km	800	600	12000	600	24000	600	36000	600
LPI_ADD	cont.km/km	0,5	0,5	0,5	7,5	0,5	15,0	0,5	22,5
capaciteitskilometers	cont.km tonkm	800	27000	12000	27000	24000	27000	36000	27000
relatieve LPI_ADD	cont.km/cont.km	50%	1%	50%	17%	50%	33%	50%	50%
netto transport performance (GCD)	cont.km tonkm	300	300	4500	4500	9000	9000	13500	13500
LPI_GCD	cont.km/km	0,4	0,5	0,4	7,5	0,4	15,0	0,4	22,5
relatieve LPI_GCD	cont.km/cont.km	38%	1%	38%	17%	38%	33%	38%	50%
inzet assets (tijd)	uur uur	12	41	181	42	363	44	544	46
inzet assets (afstand ADD)	km km	800	600	12000	600	24000	600	36000	600
benutting assets naar tijd	_GCD/uur _GCD/uur	25	7	25	107	25	205	25	293

Modal shift van weg naar binnenvaart 2

(2/2)

17 December 2024

- Referentie
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 – 45 vrachtwagens
- Maatregel
 - 1, 15, 30 of 45 containers vervoeren met 1 binnenvaartschip
 - Variant 1) Kronkelige weg, rechte rivier

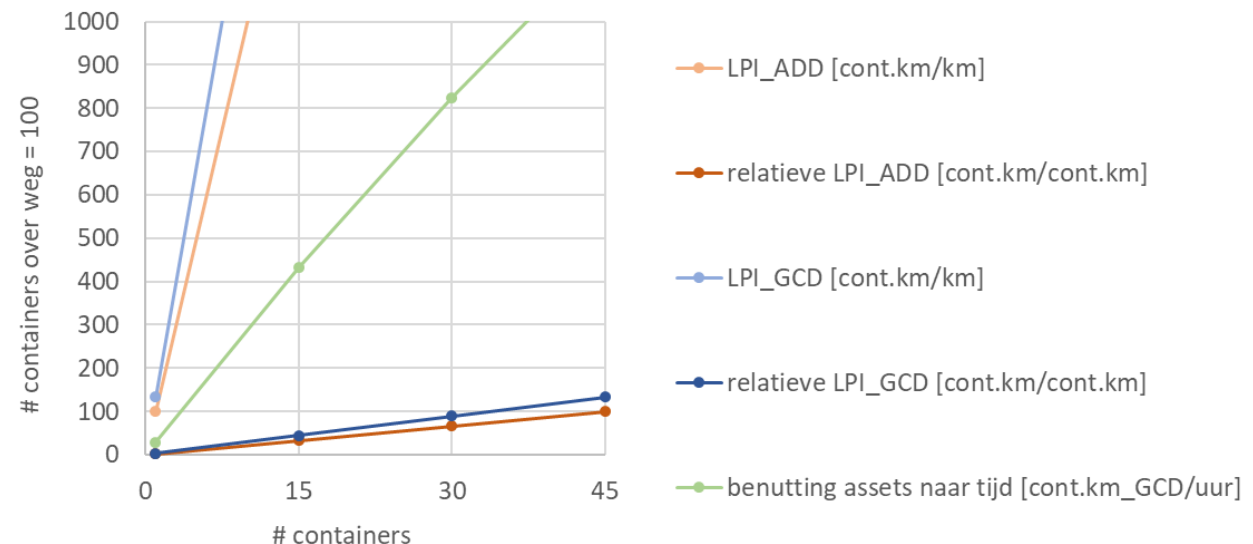


Resultaat

✗ Bij vervoer van 1 container is LPI voor binnenvaart gelijk aan LPI_ADD voor wegtransport, terwijl inzet van schip voor zo'n kleine lading evident geen goede benutting van assets is

✓ Relatieve LPI_ADD voor binnenvaart is bij 45 container gelijk aan die voor wegverkeer, terwijl gebruik binnenvaart evident betere benutting van assets is

- Geeft wel aan dat beide assets goed beladen zijn
- LPI en relatieve LPI zijn geen reële basis voor vergelijking, ook niet op basis van GCD
- benutting naar tijd neemt gematigder toe door extra tijd voor laden lossen bij meer containers
 - 1 uur vrachtwagen $\neq$ 1 uur schip
- LPI_GCDs voor binnenvaartschip groter dan LPI_ADDs als gevolg van omweg kronkelige weg ten opzichte van rechte rivier



Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (1/6)

$$LPI_{xxx} = \frac{\sum_{i=1}^n Lading_i \times Afstand_xxx_i}{\sum_{i=1}^n Afstand_ADD_i} \quad [\text{tonkm/km} = \text{ton}]$$

Met betrekking tot LPI

- Transport performance in de **teller**, gebaseerd op lading keer werkelijk gereden afstand (ADD) over alle legs, is geen goede maat voor de met de ingezette assets geleverde logistieke prestatie
 - “Beloont” / “waardeert” afleggen van extra kilometers met een gegeven lading
 - Levert perverse prikkel om onnodig om te rijden met lading en is bij rondrit gevoelig voor rijrichting
 - Leidt bij horizontale samenwerking tot incorrecte keuze bij toekennen lading aan verschillende netwerken
 - Is afhankelijk van gekozen modaliteit
- Gebruik van Great Circle Distance (GCD) voor bepaling van de transport performance, in dat geval hier “netto transport performance” genoemd, is een betere maat voor de met de ingezette assets geleverde logistieke prestatie
 - Is onafhankelijk van de gekozen modaliteit en de bij de infrastructuur daarvoor behorende (en dus tussen modaliteiten verschillende) Shortest Feasible Distance (SFD)
 - “Beloont” / “waardeert” afleggen van extra kilometers met een gegeven lading niet en is niet gevoelig voor rijrichting
 - Is consistent met methodiek voor Carbon Footprinting (CPI): GCD-gebaseerde transport performance is daar in de noemer (CO_2/tonkm) superieur ten opzichte van gebruik SFD en enige maat die correcte vergelijking tussen modaliteiten mogelijk maakt
- Werkelijk gereden afstand (ADD) in de **noemer** is een zeer grove benadering van de inzet van logistieke assets die voldoende goed kan werken wanneer alle ingezette voertuigen van hetzelfde type zijn (zelfde capaciteit), de inzetprofielen (bijv. qua kms stad/buitenweg/snelweg) voldoende vergelijkbaar zijn en er beperkt tijd gespendeerd wordt aan andere handelingen dan rijden (zoals laden / lossen, overslag)

Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (2/6)

$$\text{relatieve LPI}_{xxx} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Lading}_i \times \text{Afstand}_{xxx_i}}{\text{Capaciteit} \times \sum_{i=1}^n \text{Afstand}_{ADD_i}} \quad [\%]$$

Met betrekking tot relatieve LPI

- Reageert hetzelfde (relatieve verandering als gevolg van maatregel) als LPI zolang voertuigen in beide gevallen hetzelfde zijn
 - Geldt zowel voor ADD-gebaseerde als voor GCD-gebaseerde relatieve LPIs
- Transport performance in de **teller**, gebaseerd op lading keer werkelijk gereden afstand (ADD) over alle legs, is geen goede maat voor de met de ingezette assets geleverde logistieke prestatie
 - Zie Conclusies (1/3)
- Gebruik van Great Circle Distance (GCD) voor bepaling van de transport performance, in dat geval hier “netto transport performance” genoemd, is een betere maat voor de met de ingezette assets geleverde logistieke prestatie
 - Zie Conclusies (1/3)
 - GCD-gebaseerde relatieve LPI geeft lagere waarden dan ADD-gebaseerde relatieve LPI
 - Daarmee wordt het een minder evidente maat voor beladingsgraad van voertuigen
- Werkelijk gereden afstand (ADD) in de **noemer** is een zeer grove benadering van de inzet van logistieke assets die onder voorwaarden voldoende goed kan werken
 - Zie Conclusies (1/3)
- Relatieve LPI op basis van ADD is een goede indicatie van de beladingsgraad van de ingezette voertuigen, maar zegt niets over of de logistieke dienst efficiënt wordt uitgevoerd / beschikbare logistieke assets effectief worden benut

Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (3/6)

Toepassing LPI bij verschillende voertuigtypen en modaliteiten

- Bij overzetten grote hoeveelheid lading van groep kleinere voertuigen naar groter voertuig is de richting van verandering van de LPI (al dan niet GCD-gebaseerd) wel goed. Bij overzetten kleine lading van klein voertuig naar groot voertuig verandert LPI niet, dus LPI is geen goede maat voor benutting assets
- Relatieve LPI geeft goede indicatie van beladingsgraad van kleine en grote voertuigen bij overzetten lading maar geen richting voor wat beste keuze is voor benutting assets
- Berekening van LPI en relatieve LPI over netwerken (verzameling ritten / vloot van LSP) met meerdere voertuigtypen of meerdere modaliteiten levert wel getallen op maar die zijn moeilijk interpreteerbaar
 - Optellen van kms van verschillende, ongelijke voertuigen in noemer is dan wel ruwe proxy voor bijv. tijd dat assets worden ingezet, maar niet voor bijv. kosten (zeker bij zeer verschillende voertuigen) zoals vrachtwagen vs. binnenvaartschip)
- Onduidelijk hoe effect van modal shift toe te rekenen is aan LPI van LSP
 - Bijv. wanneer LSP containers van weg naar binnenvaart verplaatst, maar slechts een deel van de capaciteit van het binnenvaartschip gebruikt: toe te rekenen capaciteit dan hangt af van andere ladingen op het schip

Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (4/6)

Toepassing LPI voor benchmarken van verschillende LSPs

- Is eigenlijk alleen goed mogelijk voor LSPs die vloten inzetten bestaande uit zelfde voertuigtypen (zelfde capaciteit)
- Hier spelen zelfde factoren als bij benchmarken op CPI:
 - Absolute waarden zijn alleen goed “vergelijkbaar” voor LSPs met vergelijkbare logistieke diensten (bijv. in zelfde logistieke subsector) en vergelijkbare (homogene) vloten
 - Verschillen worden deels veroorzaakt door logistieke efficiëntie van LSP maar in belangrijke mate ook door omgevingsfactoren (zoals dichtheid netwerk, stedelijk of ruraal gebied) en typische kenmerken specifieke sector

Met betrekking tot benutting assets naar tijd

- Reageert in de meeste eenvoudige casussen nagenoeg hetzelfde (relatieve verandering als gevolg van maatregel) als LPI_GCD
- Reageert wel duidelijk anders dan LPI_GCD bij complexe maatregelen waarbij er veel niet rijden-gerelateerde activiteiten bij komen en heel andere inzet van voertuigen, zoals bij inzet van (bouw)hubs
- Lijkt intuïtief een betere methodiek dan LPI_ADD, waarbij inzet assets wordt benaderd via gereden kilometers, omdat de tijd dat voertuigen worden ingezet beter correleert met de kosten van de inzet van assets (voertuigen, chauffeurs, faciliteiten, etc.) voor uitvoering van de transport performance

$$LPI_{tijd} = \frac{\sum_{j=1}^m Lading_j \times Afstand_GCD_j}{\sum_{i=1}^n (Afstand_ADD_i / Gem_snelheid_i) + \sum_{k=1}^p Tijd_ladenlossen_k + etc.} \quad [\text{tonkm/uur}]$$

Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (5/6)

Metriek voor vervoerde lading

- Conclusies met betrekking tot ADD-gebaseerde vs. GCD-gebaseerde (relatieve) LPI hangen niet af van gebruikte metriek voor de hoeveelheid lading (gewicht [ton], volume [m³], europallets, blokpallets, rolcontainers of 40-voets containers, etc.)
- Zowel LPI_ADD als LPI_GCD lijken niet eenduidig toepasbaar bij toepassing op netwerk / verzameling ritten die combinatie zijn van gewichts- en volume-gelimiteerd vervoer
- Casus met optimalisatie van verdeling lichte en zware ladingen over voertuigen gaf wel eenduidige verandering van LPI op basis van gewicht en volume. In de casus was geen onderscheid tussen LPI_ADD en LPI_GCD zichtbaar door gebruik van rechte weg op routes.

Conclusies WP1 – Intuïtieve test van de LPI (6/6)

Samenvattend

- LPI_ADD met transport performance gebaseerd op ADD in de teller geeft in aantal casussen fundamenteel incorrecte resultaten die aanleiding kunnen geven tot incorrecte beslissingen of perverse prikkels opleveren
- Gebruik van GCD voorbepaling van transport performance (“netto transport performance”) lost deze problemen op
 - Maakt methodiek LPI ook beter consistent met door TNO en Connexxion ontwikkelde methodiek voor carbon footprinting (CPI)
- LPI_GCD lijkt zinvol toepasbaar voor vergelijking van (effectiviteit van) benutting van logistieke assets, en effecten van maatregelen om die te verbeteren, in netwerken van voldoende uniforme vloten (zelfde voertuigtypen met zelfde capaciteit). Bij benchmarking van netwerken van LSPs is het ook belangrijk dat ze in zelfde logistieke deelsegment actief zijn.
- ADD-gebaseerde relatieve LPI is beter interpreteerbaar dan GCD-gebaseerde variant, maar is vooral maat voor feitelijke beladingsgraad van ingezette voertuigen, niet voor effectieve benutting van logistieke assets
- Bij complexe maatregelen is gebruik van voertuigkilometers als proxy voor inzet van logistieke assets een te grove benadering
 - Duur van inzet voertuigen (tijd) is dan een betere proxy die ook tijd voor laden/lossen en overslag meeneemt en correleert met inzet van chauffeurs

WP3 Desk research naar referentiemethodieken

Onderdeel van de door TNO uit te voeren validatie van de LPI is om een geschikte referentiemethodiek te vinden om de uitkomsten van berekeningen van de LPI te vergelijken met de uitkomsten van een alternatieve, meer accurate manier om de benutting van logistieke assets te berekenen (referentiemethodiek).

De referentiemethodiek is een methodiek voor het kwantificeren van de prestaties van de feitelijke benutting van logistieke assets in algemene zin (breder dan sec beladingsgraad van transportmiddelen).

Om een werkbare referentiemethodiek te vinden is een desk research uitgevoerd naar bestaande methoden en modellen uit de wetenschappelijke literatuur voor het bepalen van de benutting van assets. Het overzicht van de in de inventarisatie gevonden artikelen is getoond onder literatuuroverzicht op de volgende slide.

Hieruit zijn een viertal methoden geselecteerd (OTE, OVE, MOVE en TOVE) die bruikbaar lijken voor het meten van prestaties van de benutting van specifiek transportvoertuigen. Deze methodieken zijn op bruikbaarheid voor de doelen van dit project beoordeeld. Dit wordt in de volgende slides toegelicht.

WP3 Desk research naar referentiemethodieken

Literatuur overzicht

- **MOVE** Sun GT, Mason R and Disney S. MOVE: modified overall vehicle effectiveness. In: Proceedings of the 8th International Symposium of Logistics. Seville, Spain, 2003.
- **OEE** S. Nakajima, “Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.(Translation)”, Productivity Press, Inc., 1988,, p. 129, 1988.
- **OVE** Simons D, Mason R and Gardner B. Overall vehicle effectiveness. Int J Logist Res Appl 2004 Jun; 7(2): 119–135.
- **TOVE** Villarreal B. The transportation value stream map (TVSM). Eur J Ind Eng 2012; 6(2): 216–233.
- **OTE** Dalmolen S, Moonen H, Iankoulova I, et al. Transportation performances measures and metrics: overall transportation effectiveness (ote): a framework, prototype and case study. In: Proceedings of the 2013 46th Hawaii international conference on system sciences [internet]. Wailea, HI, USA: IEEE; 2013 [cited 2022 Apr 12]. p. 4186–95. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6480350/>

WP3 Desk research naar referentiemethodieken

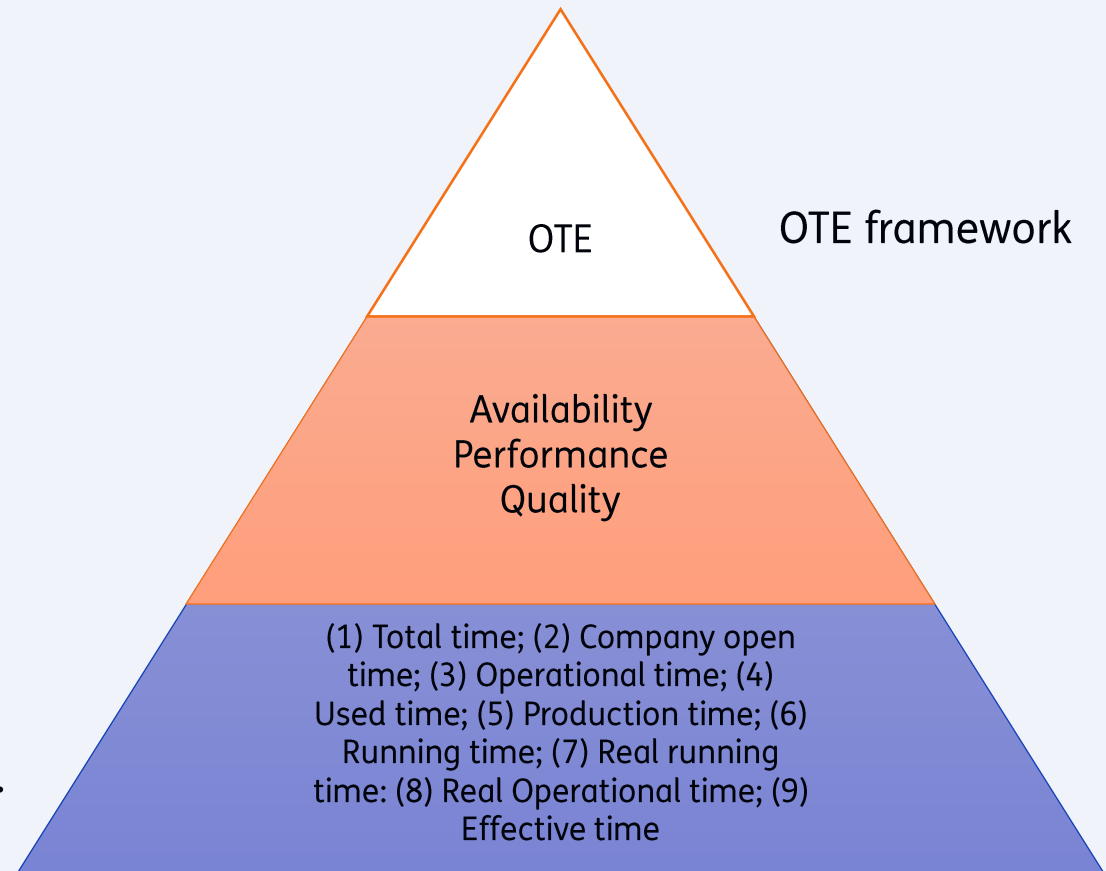
Table 1. OEE variants for the transportation sector.

	OEE variants	ID	Reference	Pros	Cons
2004	Overall vehicle effectiveness	OVE	Simons et al. ⁸	The first proposal of an aggregate indicator for measuring road transport efficiency. The indicator is based on the available time net of losses due to the five transportation losses (driver breaks, excess loading time, fill loss, speed loss, and quality)	Initially, the indicator was tested on a single case study, showing no statistical significance The indicator tends to reward less efficient routes in the case of multiple destinations
2003	Modified overall vehicle effectiveness	MOVE	Sun et al. ¹	It improves OVE by introducing a new component that quantifies in terms of vehicle utilization (weight to be carried) the ratio of proposed routes to optimal routes	The indicator was verified through a mathematical experiment. The validation of the measure is missing
2013	Overall transportation effectiveness	OTE	Dalmolen et al. ¹⁷	The indicator allows easier identification of losses from the total time of the interval considered The tool was validated through interviews with experts in the field	It quantifies routing effectiveness by calculating CO ₂ emissions in little detail without providing implications of the relationships between operational performance and the environmental impact of transport
2012	Transportation overall vehicle effectiveness	TOVE	Villareal et al. ⁹	Compared to the other indicators, it considers total calendar time It classifies activities between IT and NIT which facilitates the identification of waste	It considers a transport system efficient if it is totally focused on transport activity. Therefore, it focuses only on economic-operative performance

Bron: *International Journal of Engineering Business Management, Special Issue: Performance Measurement and Management Systems: opportunities, trends and new perspectives, Assessing the adequacy of transportation overall vehicle effectiveness for sustainable road transportation, Volume 15: 1-13, 2023.*

OTE methodiek

- De 'Overall Transport Effectiveness' (OTE) methodiek biedt een raamwerk voor het meten van prestaties van de transportactiviteiten van Logistiek DienstVerleners (LDVs) op een gestructureerde en objectieve wijze.
- Het is gebaseerd op eerdere raamwerken Overall Equipment Effectiveness (OEE) en Overall Vehicle Effectiveness (OVE).
- De OTE methodiek is meer gedifferentieerd in de identificatie van verliesfactoren op de benutting van transportactiviteiten.
- De OTE methodiek geeft een kwantitatieve maat voor benutting van assets op basis van 3 beschikbare factoren: beschikbaarheid (availability), prestatie (performance) en kwaliteit van dienstverlening (quality).
- De eenheid van berekenen van alle factoren in de OTE methodiek is tijd.

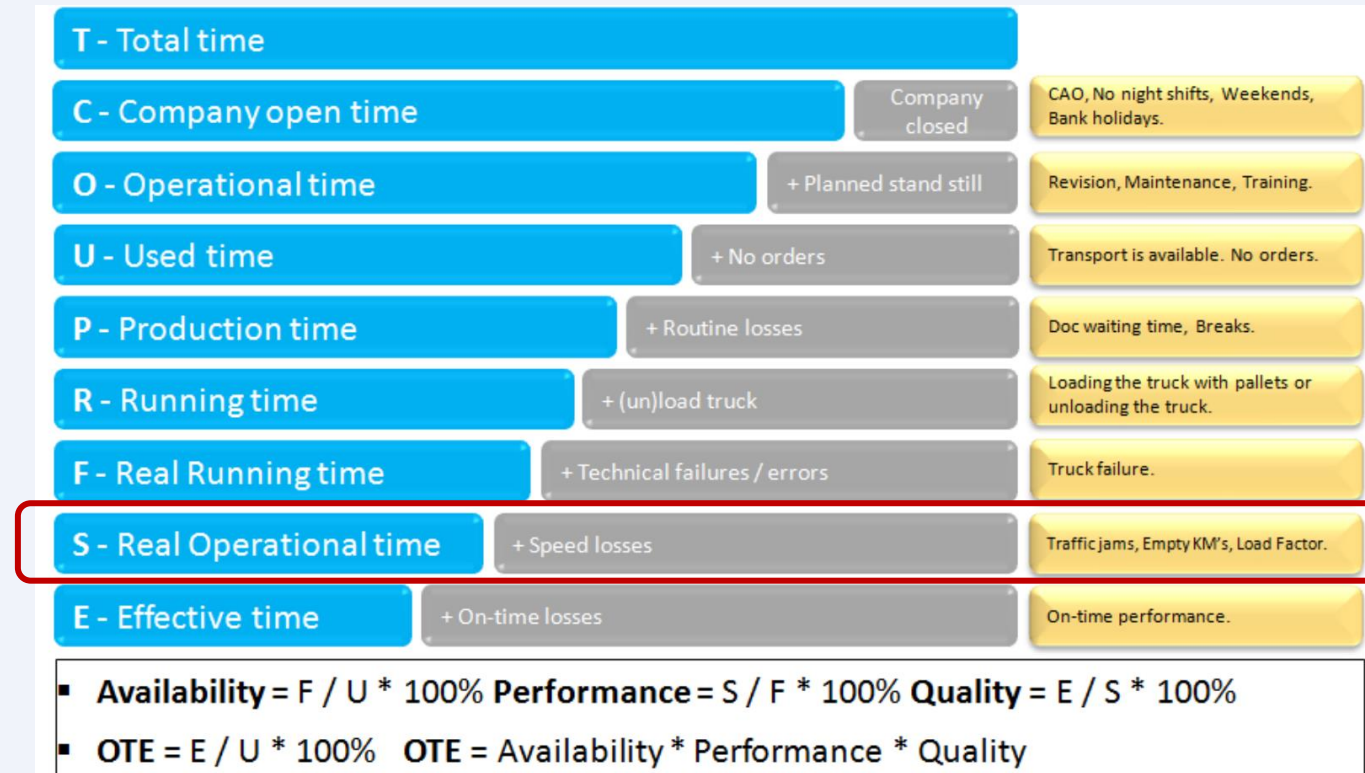


Bron: Transportation performances measures and metrics: Overall Transportation Effectiveness (OTE), A Framework, Prototype and Case Study, Dalmolen S, Moonen H, Iankoulova I, et al.

OTE methodiek

Kenmerken

- OTE neemt mee:
 - 'fill loss' = verlies door niet optimale belading
 - 'speed loss' = verlies door niet gebruiken van de maximale rijsnelheid op route
 - 'empty km's loss' = verlies door lege km's rijden
 - 'loading/unloading' = verlies door laden/lossen
- OTE neemt NIET mee:
 - Verlies door omrijden / niet optimale route



Bron: Transportation performances measures and metrics: Overall Transportation Effectiveness (OTE), A Framework, Prototype and Case Study, Dalmolen S, Moonen H, Iankoulova I, et al.

OTE methodiek

Rekenvoorbeeld voor performance maat.

$$Performance = \frac{(RealRunningTime - (TrafficSpeedLossTime + EmptyKmTime + LoadFactorLosses))}{RealRunningTime}$$

- LoadFactorLosses = tijdsverlies als gevolg van niet volle vrachtwagenlading
- EmptyKmTime = tijdsverlies door rijden met lege vrachtwagens
- TrafficSpeedLossTime = tijdsverlies door rijden op lagere snelheid dan toegestaan
- Rekenvoorbeeld:
 - Rijsnelheid 60 km/uur op 80 km/uur wegtraject
 - Afstand is 60 km = rijtijd is 60 min
 - Beladingsgraad = 75%
- Performance = 60 min – (15 min + 0 + 15 min) / 60 min = 30 / 60 = 50%

MOVE methodiek

- De 'Modified Overall Vehicle Effectiveness' (MOVE) methodiek is gebaseerd op een eerder raamwerk Overall Vehicle Effectiveness (OVE).
- De MOVE methodiek introduceert route efficiëntie door de daadwerkelijke gereden route te vergelijken met de optimale route in termen van energy gebruik. De optimale route dient te worden bepaald via Traveling Salesman Problem, TSP = korste pad algoritme).
- De MOVE methodiek geeft een kwantitatieve maat voor benutting van vrachtwagens op basis van vier factoren: vrachtwagens benutting, route efficiëntie, tijd efficiëntie en kwaliteit van dienstverlening (quality).

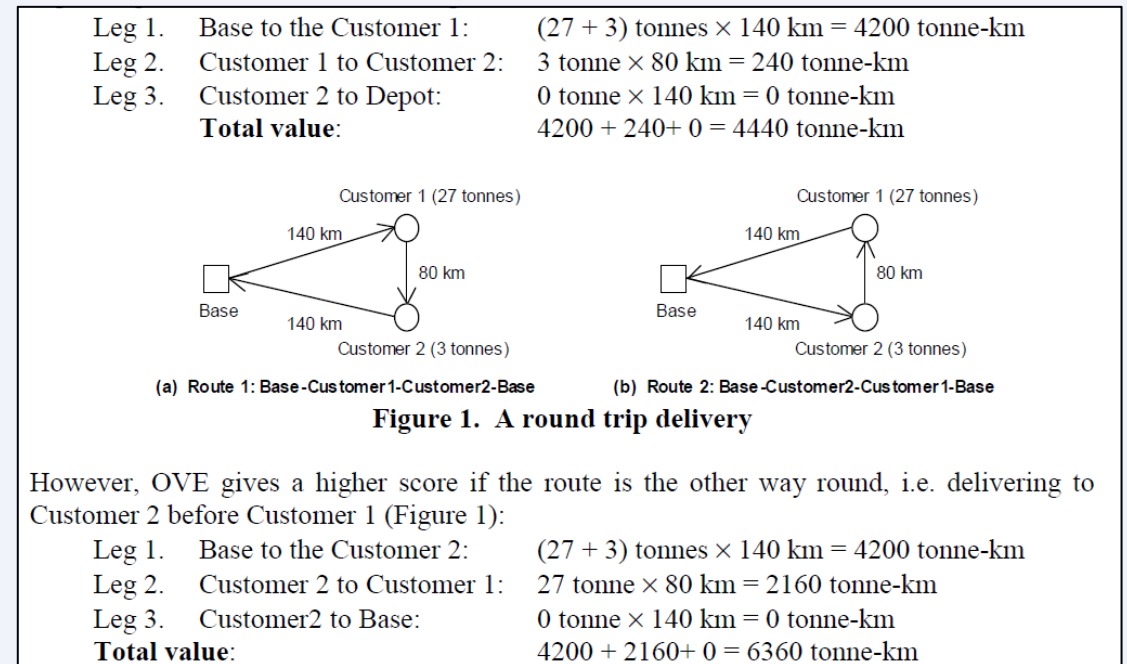
$$\begin{array}{l} \text{MOVE=} \\ \text{Vehicle utilization} \times \\ \text{Route efficiency} \times \\ \text{Time efficiency} \times \\ \text{Quality} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{MOVE=} \\ (\text{Required capacity} / \text{Available capacity}) \times \\ (\text{Minimum route cost} / \text{Actual route cost}) \times \\ (\text{Shortest possible time on best possible route} / \text{Actual time taken}) \times \\ (\text{Goods successfully delivered} / \text{Total goods to be delivered}) \end{array} \quad (1)$$

Bron: Sun GT, Mason R and Disney S. MOVE: modified overall vehicle effectiveness. In: Proceedings of the 8th International Symposium of Logistics. Seville, Spain, 2003.

MOVE methodiek

Rekenvoorbeeld MOVE – roundtrip problem

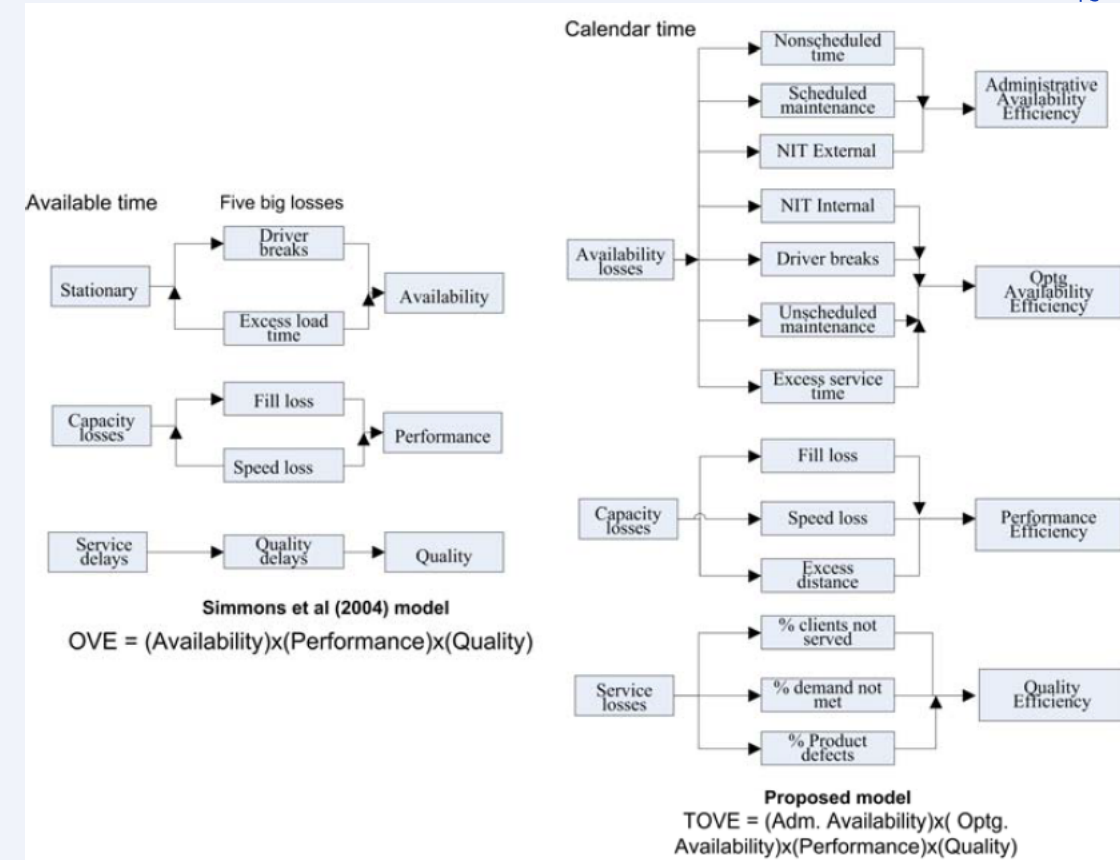
- MOVE methodiek adresseert het linksom vs. rechtsom rijden bij rondritten (round trip problem)
- ‘round trip problem’ oplossen door vergelijken van daadwerkelijke gereden route (ADD) met het theoretische minimum (Traveling Salesman Problem, TSP = korste pad algoritme) → TSP/ADD
- OTE en OVE geven hogere score voor langer rondrijden met meer lading → dat is vergelijkbaar met LPI_ADD
- MOVE geeft de voorkeur aan de route (1) met een betere energie efficiëntie (lager brandstofverbruik)



Bron: Sun GT, Mason R and Disney S. MOVE: modified overall vehicle effectiveness. In: Proceedings of the 8th International Symposium of Logistics. Seville, Spain, 2003.

TOVE methodiek

- De TOVE methodiek is gebaseerd op een eerder raamwerk Overall Vehicle Effectiveness (OVE).
- De TOVE methodiek is meer gedifferentieerd in de identificatie van verliesfactoren op de benutting van transportactiviteiten.
- De TOVE methodiek geeft een kwantitatieve maat voor benutting van assets op basis van vier factoren: administratieve beschikbaarheid (availability), operationele beschikbaarheid, prestatie (performance) en kwaliteit van dienstverlening (quality).
- TOVE methodiek gaat uit van een ideale transport performance als sprak is van:
 - alle voertuigen uit de vloot zijn 100% van de tijd (24 hours) met transport bezig (in transit)
 - volle belading zowel heen als terug (volume of gewicht)
 - optimale route (minimale afstand).
- TOVE methodiek maakt daarbij onderscheid tussen 'in-transit' (IT) activiteiten en 'not in-transit' (NIT) activiteiten



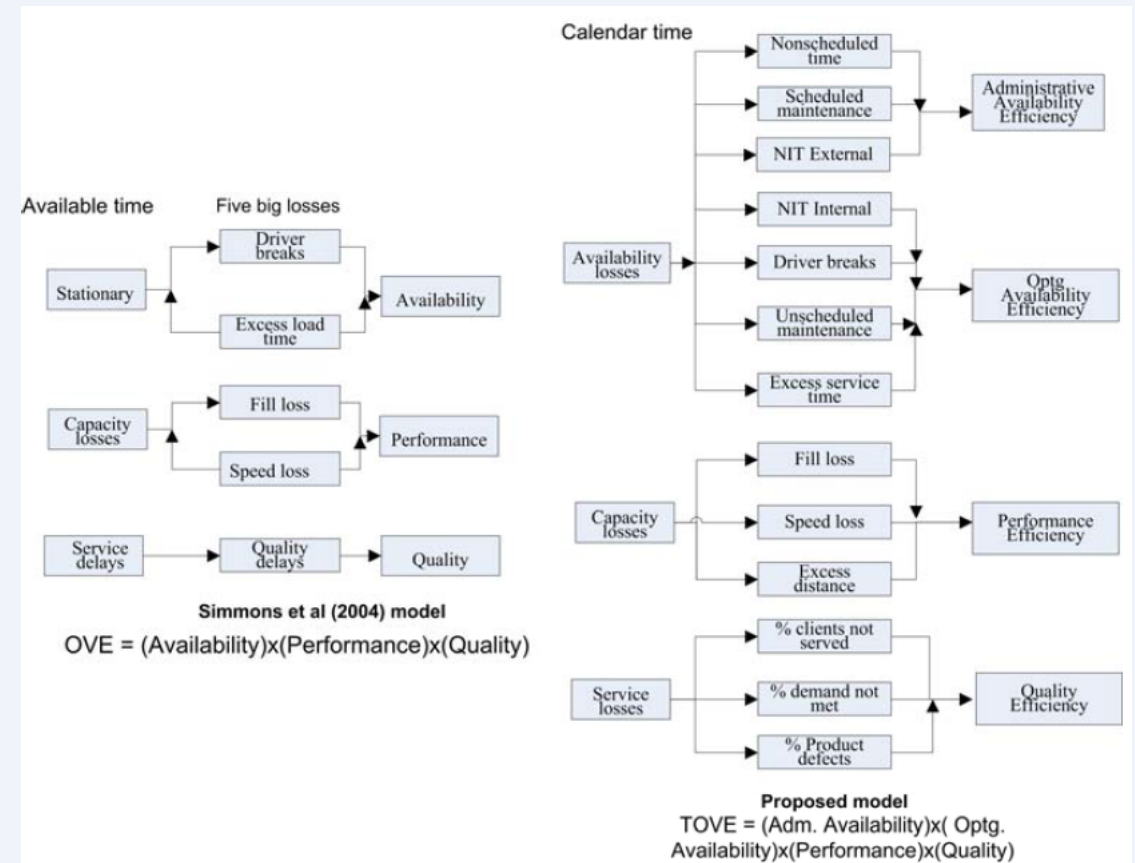
Bron: Villarreal B. The transportation value stream map (TVSM). Eur J Ind Eng 2012; 6(2): 216-233.

TOVE methodiek

Kenmerken

TOVE definieert de volgende verliesfactoren (waste):

- Vehicle administrative availability
 - Non-scheduled time
 - Vehicle scheduled maintenance time
- Operating availability efficiency
 - Excess customer service time
 - Vehicle breakdowns and non-scheduled or corrective maintenance
- Vehicle waiting time at DC
- Performance efficiency
 - Excess distance travelled
- Quality efficiency
 - Product defects originated by handling and routing
 - Percentage of clients not served by the route
 - Percentage of demand not satisfied in a route

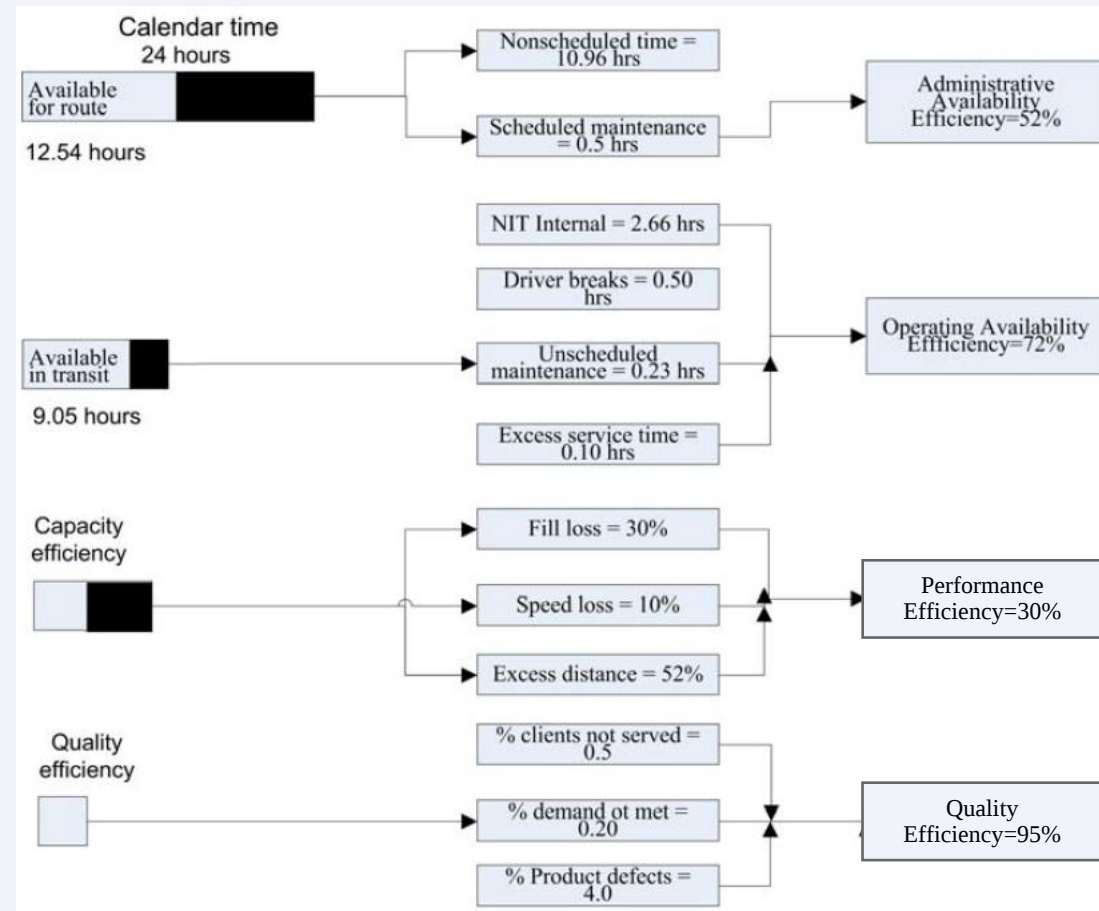


Bron: Villarreal B. The transportation value stream map (TVSM). Eur J Ind Eng 2012; 6(2): 216-233.

TOVE methodiek

Rekenvoorbeeld: Use case (1) uitgangssituatie:

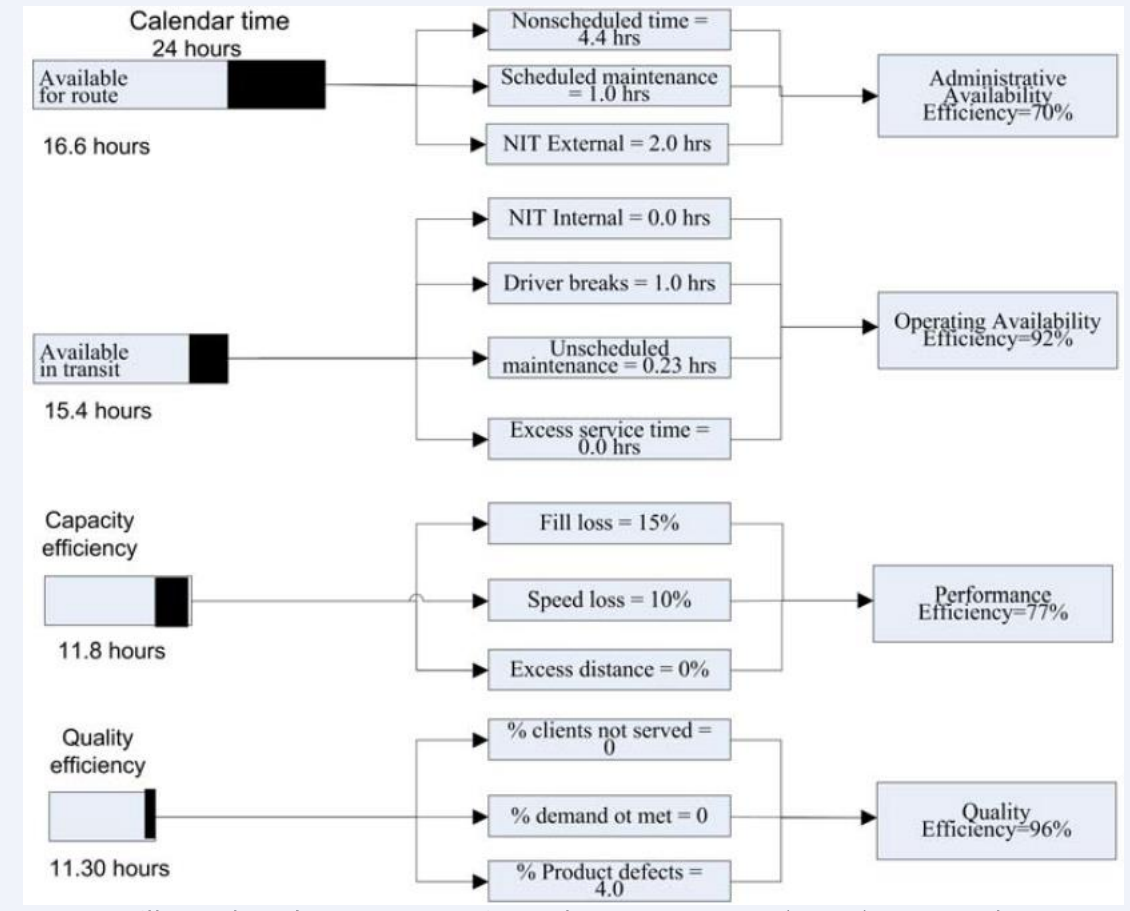
$$\text{TOVE} = \text{AAE} * \text{OAE} * \text{PE} * \text{QE} = 52\% * 72\% * 30\% * 95\% = 11\%$$



Bron: Villarreal B. The transportation value stream map (TVSM). Eur J Ind Eng 2012; 6(2): 216-233.

Rekenvoorbeeld: Usecase (2) verbeteringen:

$$\text{TOVE} = \text{AAE} * \text{OAE} * \text{PE} * \text{QE} = 70\% * 92\% * 77\% * 96\% = 48\%$$



Bron: Villarreal B. The transportation value stream map (TVSM). Eur J Ind Eng 2012; 6(2): 216-233.

Bevindingen WP3 desk research naar referentiemethodieken

- Alle methodieken gaan uit van de totaal beschikbare tijd en ‘pellen daarvan af’ de tijdsduur besteed aan activiteiten die geen waarde toevoegen / verlies opleveren (‘waste’).
- ‘waste’ heeft betrekking op onder meer:
 - ‘fill loss’ = verlies door niet optimale belading
 - ‘speed loss’ = verlies door niet gebruiken van de maximale rij snelheid op route
 - ‘empty km’s loss’ = verlies door lege km’s rijden
 - ‘loading/unloading’ = verlies door laden/lossen
- OTE en OVE geven een hogere score voor langer rondrijden met meer lading → dit is vergelijkbaar met LPI_ADD
- MOVE en TOVE houden rekening met verlies door omrijden door te vergelijken met optimale route (TSP, shortest path algorithm)
- Nadeel OTE is bij hogere datakwaliteit krijg je automatisch een lagere OTE-waarde (dit lijkt op te gaan voor alle bestudeerde methodieken)
- Nadeel van alle methodieken is dat ze vrijwel geen onderscheid maken in transport met verschillende vloten voertuigen met verschillende capaciteiten

Conclusies WP3 desk research naar referentiemethodieken

Samenvattend

- Vier verschillende methoden vergeleken vanuit de literatuur voor beoordelen van benutting van transportvoertuigen
- OTE en OVE zijn algemeen en maken geen onderscheid in route efficiëntie
- MOVE en TOVE houden wel rekening met route efficiëntie
- De meeste factoren van invloed gaan om andere benuttingsaspecten dan beladingsgraad en afgelegde afstand voor verplaatsen van goederen
- De vraag blijft of één van de methoden bruikbaar is voor het beoogde doel = validatie van LPI-schatter op basis van praktijkdata → het is niet zeker dat dit een meerwaarde oplevert ten opzichte van de huidige inzichten opgedaan uit WP1
- Als besloten wordt tot een formele uitgebreide validatie op basis van praktijkdata dan zijn de meest geschikte methodes MOVE en TOVE aangezien deze rekening houden met route efficiëntie.