

AI IN TRANSPORT EN LOGISTIEK: DREIGING OF KANS VOOR TRANSFORMATIE?

Alinda Kokkinou

Breda University of Applied Sciences

Ondrej Mitas

Breda University of Applied Sciences

Samenvatting

Binnen de transport- en logistieke sector heerst enthousiasme over de kansen die kunstmatige intelligentie (AI) biedt. In combinatie met andere Industrie 4.0-technologieën zoals Internet of Things (IoT), cloud computing, Big Data Analytics (BDA) en robotica kan AI bijdragen aan de ontwikkeling van de supply chain-capaciteiten die nodig zijn om de uitdagingen van megatrends zoals klimaatverandering, uitputting van hulpbronnen, toenemende verstedelijking en verschuivingen in de consumentenvraag aan te gaan. AI is een veelzijdige technologie die kan bijdragen aan meer klantgerichte, flexibele en efficiënte supply chains. Toch is dit een kortzichtig perspectief, omdat het geen rekening houdt met de impact van de toepassing van AI door andere sectoren op transport- en logistieke bedrijven.

Ook andere sectoren maken gretig gebruik van AI. In deze sectoren kan AI bijdragen aan een beter begrip van de vraag van de klant en leiden tot beter op maat gemaakte producten. AI zou ook kunnen leiden tot nauwkeurigere vraag- en verkoopprognoses, wat in combinatie met krachtigere voorspellende analyses kan leiden tot betere strategieën voor just-in-time voorraadbeheer. Er wordt ook verwacht dat AI-gestuurde innovaties de opzet van supply chain netwerken radicaal zullen veranderen door supply chains te verkorten en nearshoring te bevorderen. Samen hebben deze ontwikkelingen het potentieel om het bedrijfsmodel voor transport en logistiek sterk te beïnvloeden, omdat activiteiten zoals opslag en transport kunnen worden verminderd

Transport en logistiek zouden meer aandacht moeten schenken aan de mogelijkheden van AI voor digitale transformatie. Transport en logistiek hebben toegang tot aanzienlijke supply chain-gegevens en gespecialiseerde supply chain-expertise. Ze bevinden zich dus in een unieke positie om deze gegevens te valoriseren door nieuwe bedrijfsmodellen te ontwikkelen die gericht zijn op het mogelijk maken van de circulaire transitie.

1. Inleiding

De transport- en logistieke sector wordt geconfronteerd met meerdere uitdagingen (Pessot et al., 2023; Winkelhaus and Grosse, 2020). De vergrijzing leidt tot een verminderde beschikbaarheid van arbeidskrachten. Klimaatverandering leidt tot aanzienlijke verstoringen, die een negatieve invloed hebben op lokale en wereldwijde supply chains en de urgentie van CO₂-reductie versterken. Tegelijkertijd stijgen de verwachtingen van klanten voor snelle en betrouwbare levering en neemt de concurrentiedruk van steeds globalere spelers toe (Issaoui et al., 2021; Rainer et al., 2025; Winkelhaus and Grosse, 2020). Transport- en logistieke bedrijven worden daardoor gedwongen responsiever, flexibeler, betrouwbaarder, veerkrachtiger en efficiënter te worden (Pessot et al., 2023). Terwijl deze doelstellingen in het verleden als tegenstrijdig werden beschouwd, heeft kunstmatige intelligentie (AI) zich ontpopt als een veelzijdige technologie die ertoe kan bijdragen dat transport- en logistieke bedrijven meerdere van deze doelstellingen tegelijk bereiken.

AI heeft bewezen potentieel om bij te dragen aan de operationele, milieu- en sociale prestaties van supply chains (Shahzadi et al., 2024). AI stelt hen bijvoorbeeld in staat om operationele prestaties te verbeteren door middel van automatisering, betere voorspellingen en toewijzing van middelen, en meer in het algemeen door verbeterde besluitvorming (Al-Surmi et al., 2022). Het is dan ook begrijpelijk dat AI door de transport- en logistieke sector van harte wordt omarmd, zowel door academici als professionals, zoals blijkt uit enthousiaste titels als *"AI and ML will improve supply chain efficiency"* (Supply Chain Movement, 2024) en *"How AI Is Reshaping Transportation and Logistics (and Why It's Good)"* (Supply and Demand Chain Executive, 2024).

AI is inderdaad bijzonder geschikt voor transport- en logistieke bedrijven vanwege de complexiteit van de supply chains waarin zij opereren (Alliance for Logistics Innovation Through Collaboration in Europe, 2024). De globalisering heeft bedrijven aangemoedigd om verder weg op zoek te gaan naar betere en goedkopere leveranciers en/of klanten te bedienen in nieuwe geografische markten (Winkelhaus and Grosse, 2020; Zinn and Goldsby, 2020). Tegelijkertijd heeft de focus op slanke bedrijfsvoering bedrijven aangemoedigd om de voorraadniveaus in de supply chains te verlagen (Bode et al., 2011), waardoor supply chains efficiënter worden, maar ook kwetsbaarder voor verstoringen (Pettit et al., 2010; Wong et al., 2020). Wel is de toegenomen behoefte aan coördinatie en nauwe koppeling in het voordeel van transport- en logistieke bedrijven die over gespecialiseerde kennis en middelen beschikken om de verschillende logistieke activiteiten uit te voeren. De steeds competitievere markt waarin transport en logistiek opereren heeft hen gedwongen om digitalisering, en AI in het bijzonder, te implementeren als een manier om prestaties te verbeteren (Issaoui et al., 2021).

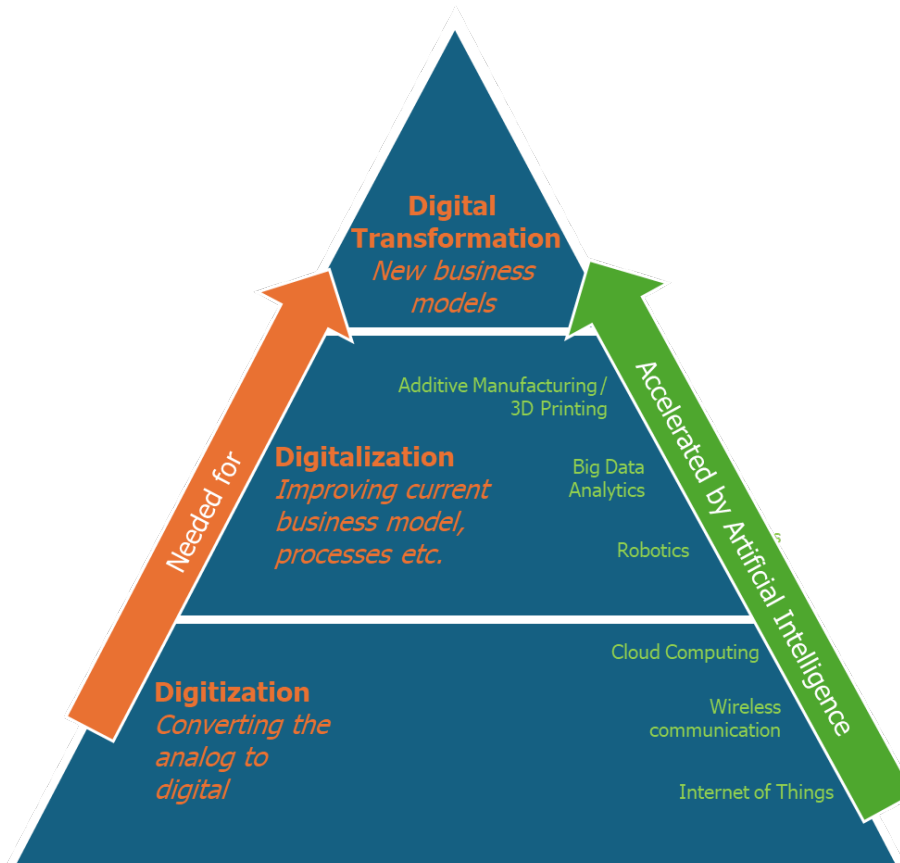
AI is een zeer veelzijdige technologie die, in combinatie met andere Industrie 4.0-technologieën, veelbelovend is voor transport- en logistieke bedrijven. In combinatie met Internet of Things (IoT)-sensoren kan AI de zichtbaarheid in de supply chain vergroten, waardoor verstoringen sneller kunnen worden opgespoord en aangepakt. Cloud computing maakt de opslag en het delen van grote

hoeveelheden gegevens tussen partners in de supply chain gemakkelijker. Big Data Analytics, gekoppeld aan AI, stelt bedrijven in staat om gegevens snel om te zetten in inzichten die de snelheid en kwaliteit van de besluitvorming verbeteren. Robotica, ook sterk verbeterd door AI, stelt bedrijven in staat om efficiënter te werken door afhankelijkheid van menselijke arbeid te verminderen. AI heeft dus de potentie om supply chains responsiever en efficiënter te maken, wat het idee ondersteunt dat AI het huidige bedrijfsmodel van transport- en logistieke bedrijven sterk zal verbeteren. Aan de hand van een literatuuroverzicht wordt in dit artikel echter beargumenteerd dat deze visie beperkt is en voorbijgaat aan de diepgaande impact die de toepassing van AI door andere industrieën zal hebben op de transport- en logistieke sector. Het doel van dit conceptuele paper is om te pleiten voor een grotere focus op AI als een gangmaker van de digitale transformatie van transport- en logistieke bedrijven, zodat zij de regisseurs van de circulaire transitie worden.

In de volgende secties geven we, na een korte achtergrond over AI en Industrie 4.0 (sectie 2) en de toepassing ervan in transport en logistiek (sectie 3), een overzicht van de literatuur over de toepassing van AI door andere industrieën (sectie 4) en beargumenteren we dat dit een negatieve invloed zal hebben op het huidige bedrijfsmodel van transport- en logistieke bedrijven. We sluiten af met een oproep om ons te richten op de kansen die AI biedt voor digitale transformatie (hoofdstuk 5).

2. AI en industrie 4.0

AI is een van de belangrijkste technologieën van Industrie 4.0. De term Industrie 4.0 werd voor het eerst geïntroduceerd in 2011 op de *Hannover Messe* als onderdeel van de hightechstrategie van Duitsland, waarbij het idee van een volledig geïntegreerde industrie centraal stond (Hofmann and Rüsç, 2017). Industrie 4.0 wordt vaak verward met digitalisering en digitale transformatie, en deze concepten worden vaak door elkaar gebruikt. In het kader van deze studie zullen Machado et al.'s (2019) onderscheid tussen "*digitization*", digitalisering en digitale transformatie echter worden aangehouden. Het engelse "*digitization*" (niet te vertalen in het Nederlands) is het "*technische proces van het omzetten van analoge signalen in een digitale vorm, en uiteindelijk in binaire cijfers*" (Legner et al., 2017, p. 301). Digitization wordt mogelijk gemaakt door digitale technologieën zoals IoT-sensoren. IoT stelt objecten in staat om informatie te genereren en te verzenden naar een centraal of decentraal systeem (Winkelhaus and Grosse, 2020). De bekendste IoT-technologie is RFID, maar IoT-sensoren hebben veel bredere toepassingen dan de eenvoudige identificatie die mogelijk wordt gemaakt door RFID. IoT-sensoren kunnen helpen bij het opsporen van omgevingsomstandigheden (zoals temperatuur, helderheid, druk en vochtigheid) en deze omzetten in gegevens die door andere toepassingen kunnen worden gebruikt (Da Silva et al., 2023; Winkelhaus and Grosse, 2020). Het IoT is daarmee ondersteunend aan digitalisering, in combinatie met draadloze communicatietechnologieën en cloud computing (Issaoui et al., 2021)



Afbeelding1 Digitalisering, digitalisering en digitale transformatie

Digitalisering (in het Engels: digitalization) wordt hier gedefinieerd als "*het gebruik van technologieën en gegevens om de bedrijfsprocessen te verbeteren en te transformeren*" (Machado et al., 2019, p. 1114). In de context van transport, logistiek en supply chain management verwijst digitalisering naar het gebruik van digitale technologieën om bedrijfsprocessen te verbeteren, zoals forecasting, vraagplanning, inkoop, inkomend transport, vlootbeheer, opslag, voorraadbeheer en uitgaand transport (Rainer et al., 2025). Big data analytics stellen organisaties bijvoorbeeld in staat om prognoses te verbeteren en zo vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en verspilling te verminderen. Big data analytics hebben ook veel toepassingen in voorspellend onderhoud (Bhargava et al., 2022; Winkelhaus and Grosse, 2020) en leveranciersselectie (Brau et al., 2024; Hofmann et al., 2017). Big data analytics worden ook steeds meer toegepast in de context van proactieve en reactieve veerkrachtcapaciteiten (Kokkinou et al., 2023b). Een andere digitale technologie, robotica, wordt ook steeds meer toegepast in opslag om de efficiëntie te verhogen en de productiviteit te verhogen, door operationele kosten te verlagen, menselijke fouten te verminderen en activiteiten te stroomlijnen (Klumpp and Ruiner, 2022; Rainer et al., 2025). De toepassing van digitalisering in logistiek, ook wel logistics 4.0 genoemd (Winkelhaus and Grosse, 2020), smart logistics (Issaoui et al., 2021), en digital logistics (Rainer et al., 2025) maakt zo de ontwikkeling van supply chain capabilities mogelijk (Pessot et al., 2023). De succesvolle inzet van digitalisering vereist een multidisciplinaire aanpak die rekening

houdt met mensen, processen en technologie (Gupta and George, 2016; Kokkinou et al., 2023a, 2024a). Digitale transformatie staat echter strikt genomen los van digitalisering.

Digitale transformatie wordt mogelijk gemaakt door dezelfde digitale technologieën als digitalisering, maar is breder en omvat "*veranderingen in de bedrijfsmodellen, activiteiten, processen en competenties om alle voordelen van de volledige inzet van de nieuwe technologieën te kunnen benutten*" (Machado et al., 2019, p. 1114). In een onderzoek gericht op logistieke dienstverleners (LSPs), definieerden Cichosz et al. (2020, p. 219) digitale transformatie (van LSPs) als een "*evolutionair veranderingsproces dat gebruik maakt van technologieën en digitale capaciteiten van een LSP, zijn werknemers, partners en klanten, om belangrijke verbeteringen mogelijk te maken binnen de LSP, met betrekking tot operationele efficiëntie (inclusief eco-efficiëntie), klantervaring, evenals nieuwe diensten en digitaal ondersteunde bedrijfsmodellen om waarde te creëren voor zijn belanghebbenden.*" Digitale transformatie is dus veel meer dan de toepassing van digitale technologieën en omvat aanzienlijke veranderingen in de structuur, processen, strategie en het bedrijfsmodel van organisaties (Kokkinou et al., 2024b). Digitalisering en digitale transformatie worden mogelijk gemaakt door digitale technologieën, waarvan AI de krachtigste is.

AI ontstond in de jaren 1980 als een disciplineoverschrijdend gebied van computerwetenschap en gegevenswetenschap (Helo and Hao, 2022). Hoewel AI onlangs opnieuw bekendheid heeft gekregen bij academici en mensen uit de praktijk door de vrijgave van generatieve AI-tools aan het bredere publiek (bijvoorbeeld ChatGPT van Open AI en Microsoft Copilot), omvat het een groot aantal technologieën, waaronder Automated Guided Vehicles (AGVs), machine learning, machine vision, verwerking van natuurlijke taal en spraakherkenning (McElheran et al., 2024). AI wordt door de Association for the Advancement of Artificial Intelligence gedefinieerd als "*mechanismen die ten grondslag liggen aan denken en intelligent gedrag en hun belichaming in machines*" (Culot et al., 2024, p. 1). AI is nauw verweven met andere Industrie 4.0-technologieën en wordt er tegelijkertijd door gevoed en mogelijk gemaakt (McElheran et al., 2024). AI wordt mogelijk gemaakt door de komst van het IoT in combinatie met draadloze communicatietechnologieën en cloud computing. Samen maakten IoT, draadloze communicatietechnologieën en cloud computing het verzamelen, opslaan en ophalen van grote hoeveelheden gegevens mogelijk en kostenefficiënt. Big data analytics voedde de valorisatie van deze gegevens door organisaties in staat te stellen grote hoeveelheden gegevens om te zetten in waardevolle inzichten voor besluitvorming. Deze toepassingen bestonden al vóór de komst van AI, maar de vooruitgang in AI heeft de prestaties verhoogd, waardoor AI een katalysator van Industrie 4.0 is geworden

Hoewel AI al sinds de jaren 50 van de vorige eeuw bestaat, heeft de combinatie van verbeteringen in rekenkracht, de beschikbaarheid van grote datasets, de ontwikkeling van nieuwe leeralgoritmen en de grote investeringen door prominente bedrijven de ontwikkeling en de toepassing ervan (Helo and Hao, 2022; Pournader et al., 2021) in verschillende industrieën (McElheran et al., 2024) en bedrijfsfuncties

(Cubric, 2020), waaronder transport en logistiek (Brau et al., 2024; Richey et al., 2023; Shahzadi et al., 2024; Toorajipour et al., 2021)

3. Kunstmatige Intelligentietoepassingen in transport- en logistieke bedrijven

Transport- en logistieke bedrijven opereren in zeer complexe supply chains, waardoor ze een vruchtbare bodem vormen voor veelzijdige technologieën zoals AI (Alliance for Logistics Innovation Through Collaboration in Europe, 2024). AI-instrumenten en -toepassingen zijn veelbelovend voor verschillende actoren in het transport- en logistieke ecosysteem, zoals havens, vrachtwagenbedrijven, magazijnen en intermodaal transport (Altuntaş Vural et al., 2020; Harris et al., 2015). De toepassing van op AI-gebaseerde tools en technologieën stelt deze organisaties in staat om processen te verbeteren en zo doorlooptijden te verkorten, fouten te verminderen en dus kosten te besparen. AI kent al talloze toepassingen in transport, logistiek en supply chain management, zowel in upstream- als downstreampraktijken (Richey et al., 2023)

De meest erkende toepassingen van AI in supply chain management zijn voorspellingen (vraag, productie en/of leverancier), prijsbepaling en leveranciersselectie (Brau et al., 2024; Hofmann et al., 2017; Toorajipour et al., 2021). Deze AI-toepassingen zijn vaak gebaseerd op Artificial Neural Networks (ANN's), een zeer veelzijdige AI-techniek gebaseerd op wiskundige regressie. Deze AI-toepassingen maken gebruik van de mogelijkheden die worden geboden door de grote hoeveelheden verzamelde historische gegevens om complexe patronen te identificeren die niet zichtbaar zijn voor mensen (Brau et al., 2024). Omgekeerd zijn AI-systemen minder gevoelig voor menselijke vooroordelen, ervan uitgaande dat er geen vooroordelen worden geïntroduceerd tijdens het trainingsproces van de modellen. Hoewel deze systemen autonoom zeer goed presteren, worden ze het best gebruikt in combinatie met menselijk toezicht, omdat niet alle relevante gegevens beschikbaar zijn voor detectiemechanismen en gegevensinvoer (Brau et al., 2024)

Een ander gebied waar AI aanzienlijk bijdraagt aan een grotere operationele efficiëntie is distributielogistiek en routeoptimalisatie (Brau et al., 2024). In combinatie met IoT maken AI-toepassingen zoals Transportation Management Systems (TMS) het voor transport- en logistieke bedrijven mogelijk om real-time verkeersgegevens te gebruiken om routes te optimaliseren en zo vertragingen en kosten te verminderen en de duurzaamheid te vergroten (Papert and Pflaum, 2017). AI kan ook bijdragen aan een verbeterde kostenefficiëntie en leveringsbetrouwbaarheid van de multimodale supply chain, door rekening te houden met een complexere reeks transportmodaliteiten (Hofmann et al., 2017).

In combinatie met digitale technologieën en systemen zoals cloud Enterprise Resource Planning kan AI ook bijdragen aan een betere zichtbaarheid van de supply chain, wat op zijn beurt kan bijdragen aan een beter beheer van risico's, proactieve en reactieve risicobeperkingsstrategieën, veerkracht van de supply chain en risicobeheer (Kokkinou et al., 2025; Shatat and Shatat, 2024). Verschillende AI-

algoritmen, waaronder agent-based simulatie, multi-agent simulatie en genetische algoritmen die worden gebruikt bij het ontwerpen, analyseren en simuleren van supply chains, maken ook de analyse van complexe supply chains mogelijk, bijvoorbeeld door het identificeren van kritieke paden en het oplossen van multi-objectieve optimalisatieproblemen (Hofmann et al., 2017; Min, 2010; Toorajpour et al., 2021)

AI in combinatie met robotica versnelt ook de automatiseringsmogelijkheden. AI-technologieën zoals AGV's, machine vision en machine learning hebben de ontwikkeling van autonome robots versneld, doordat ze verbeterde mogelijkheden hebben om hun omgeving waar te nemen en er interactief mee om te gaan (Klumpp and Ruiner, 2022; Rainer et al., 2025). Na het initiële programmeren gebruiken robots machine learning algoritmen om zichzelf te trainen en hun bewegingen te optimaliseren (Demlehner et al., 2021). Robots dragen in grote mate bij aan een verbeterde veiligheid, bijvoorbeeld in magazijnen. Robots verhogen de productiviteit, verlagen de arbeidskosten en andere operationele kosten (Klumpp and Ruiner, 2022; Rainer et al., 2025). Robots dragen ook bij aan een grotere efficiëntie door het verminderen van menselijke fouten en het stroomlijnen van werkzaamheden.

AI werkt dus als een katalysator voor andere Industrie 4.0-technologieën, waardoor het effect op transport en logistiek nog groter wordt. De meeste AI-toepassingen in transport en logistiek zijn echter gericht op het upgraden van bestaande bedrijfsmodellen, door processen te verbeteren om ze sneller, efficiënter en betrouwbaarder te maken, en richten zich dus op digitaliseringsinitiatieven. Relatief weinig gedocumenteerde toepassingen van AI in transport en logistiek beschrijven de ontwikkeling van nieuwe bedrijfsmodellen en hebben dus betrekking op digitale transformatie-initiatieven. Dit kan een bedreiging vormen voor transport en logistiek, aangezien de digitalisering en digitale transformatieprocessen in andere industrieën ook leiden tot meer concurrentie voor transport- en logistieke bedrijven (Hofmann and Osterwalder, 2017)

4. Kunstmatige Intelligentie Toepassingen in Andere Industrieën

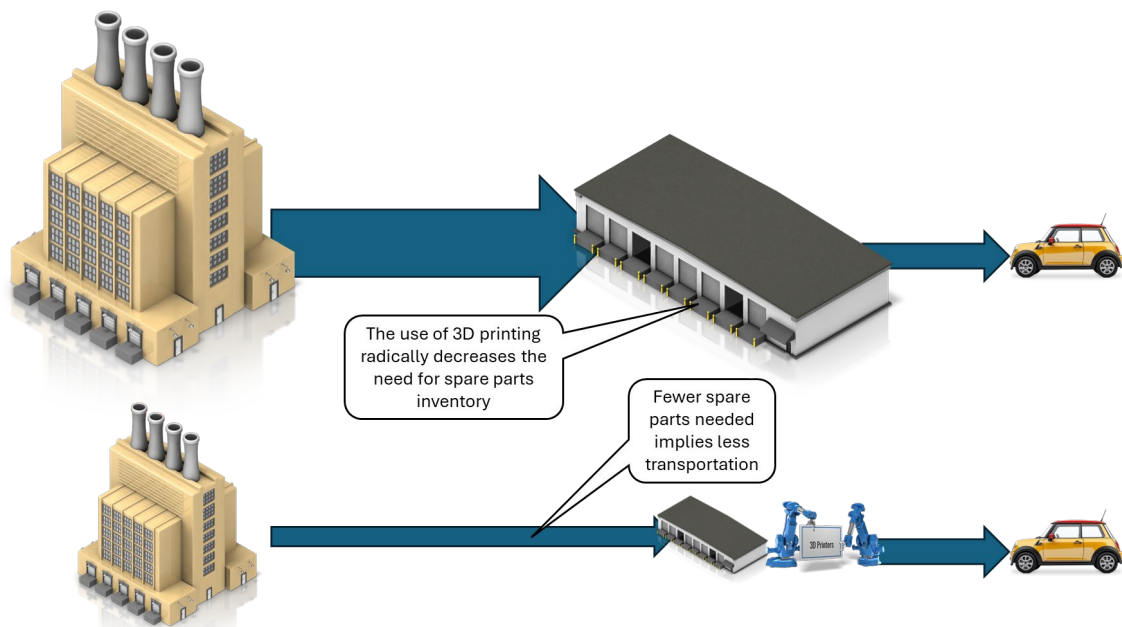
Terwijl AI-ondersteunde digitalisering grote kansen biedt voor transport- en logistieke bedrijven om operationele prestaties te verbeteren, stimuleert AI-ondersteunde digitale transformatie ontwikkelingen ook in andere industrieën en sectoren. Dit kan mogelijk een bedreiging vormen voor transport- en logistieke bedrijven als deze bedrijven hun bedrijfsmodellen niet aanzienlijk uitbreiden. We illustreren deze bedreiging aan de hand van twee voorbeelden.

4.1. Kunstmatige intelligentie in de auto-industrie

Het is niet verwonderlijk dat AI enthousiast wordt omarmd en geïmplementeerd in diverse andere industrieën, zoals de auto-industrie, de textielindustrie en de detailhandel (Hofmann et al., 2017; McElheran et al., 2024; Mohiuddin Babu et al., 2024). AI heeft vergaande toepassingen in de auto-industrie (Bai et al., 2019; Hofmann et al., 2017). AI-toepassingen komen steeds vaker voor in de

werking van auto's (bijv. veiligheidsfuncties, zelf parkeren en zelf rijden) (Lopez-Vega and Moodysson, 2023). AI-toepassingen zijn ook gedocumenteerd in de autoproductie, waaronder kwaliteitscontrole, productievoorspelling en -planning, voorspellend onderhoud en robotica (Demlehner et al., 2021). Het gebruik van AI komt ook steeds vaker voor in de logistieke processen van de auto-industrie, waaronder inkoop, productie, distributie en logistiek van reserveonderdelen (Hofmann et al., 2017). De combinatie van big data analytics en AI heeft aangetoond dat het de flexibiliteit van de supply chain in de Chinese auto-industrie vergroot door de integratie van de supply chain te verbeteren (Ma and Chang, 2024).

Een specifieke toepassing van Industrie 4.0 en AI die veel aandacht heeft gekregen, is in de supply chain voor auto-onderdelen (Dalpadulo et al., 2022; Isasi-Sanchez et al., 2020; Savastano et al., 2016). Omdat autobedrijven de immobilisatietijd van auto's en voertuigen die gerepareerd moeten worden tot een minimum moeten beperken, zorgen ze voor een hoge beschikbaarheid van reserveonderdelen. Aangezien deze bedrijven zowel de huidige als de vorige generaties van autoprodukten ondersteunen, en gezien de geografische verspreiding van de toeleveringsnetwerken, vertaalt dit zich in grote, uitgebreide, traag bewegende en dus dure voorraden (Savastano et al., 2016). Om deze uitdaging aan te gaan, worden additive manufacturing en 3D-printen beschouwd als technologie om onderdelen te produceren op basis van behoefte, waardoor zowel de voorraden als het bijbehorende transport worden verminderd. Deze vermindering van voorraden en transport door de toepassing van 3D-printen biedt ook aanzienlijke financiële en duurzaamheidsvoordelen, waarbij de gebruikte materialen met naar schatting 12,3% en de CO₂-uitstoot met naar schatting 9,2% afnemen (Isasi-Sanchez et al., 2020).

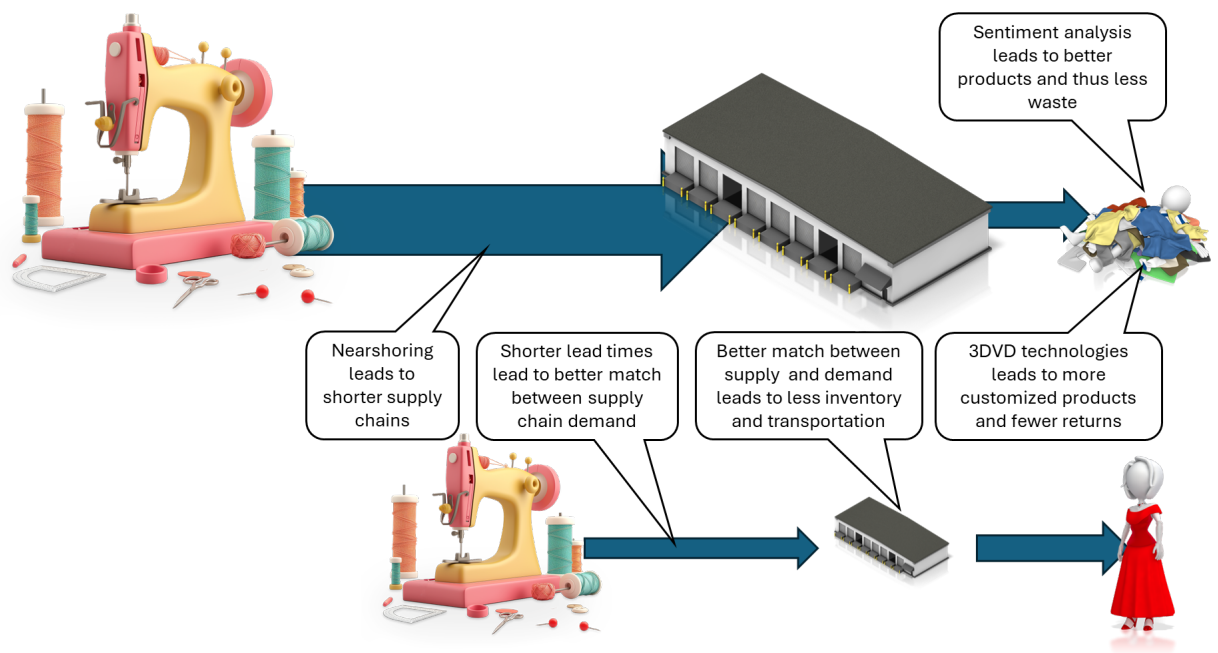


Figuur 2: Impact van de toepassing van AI op spare-part supply chains in de auto-industrie

4.2. Kunstmatige Intelligentietoepassingen in de Mode- & Textielindustrie

De mode- en textielindustrie is een van de grootste ter wereld, met een aandeel van 38% in Azië, 26% in Europa en 22% in Noord-Amerika (Mohiuddin Babu et al., 2024), maar wordt tegelijkertijd ook beschouwd als een van de meest vervuilende industrieën ter wereld (European Parliament, 2024). Het afval dat door de textielindustrie wordt gegenereerd, wordt geschat op één vrachtwagen per seconde (Nouinou et al., 2023), maar toch hebben bedrijven nog steeds last van voorraadtekorten, waardoor voorraadbeheer een belangrijke uitdaging is die moet worden aangepakt (McKinsey, 2024). Hoewel de mode- en textielindustrie aanvankelijk relatief traag was met het invoeren van AI en Industrie 4.0-technologieën (Fromhold-Eisebith et al., 2021), heeft COVID-19 dit proces versneld (Casciani et al., 2022). De combinatie van big data analytics en AI heeft bijgedragen aan verbeterde klantinzichten. Technieken zoals sentimentanalyse stellen modebedrijven in staat om marketingcapaciteiten te ontwikkelen door socialmediagegevens te gebruiken om voorkeuren van klanten en verschuivingen daarin beter aan te voelen (Pantano et al., 2019; Xue et al., 2023). Dit stelt hen in staat om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen, waardoor verspilling wordt tegengegaan. De combinatie van AI en machine vision wordt ook toegepast in kwaliteitscontrole, waardoor de kwaliteit van garen, kleur en stof kan worden bewaakt (Dal Forno et al., 2023; Mohiuddin Babu et al., 2024), waardoor verspilling in de supply chain verder wordt teruggedrongen. AI heeft daardoor bijgedragen aan de ontwikkeling van agile manufacturing in de mode- en textielindustrie, waardoor er minder tijd nodig is tussen onderzoek naar markttrends, productie en verkoop van kledingstukken aan klanten (Casciani et al., 2022; Mohiuddin Babu et al., 2024).

Een bijzondere reeks industrie 4.0- en AI-technologieën met een mogelijk ontwrichtend effect op de mode- en textielindustrie zijn 3D virtuele en digitale technologieën (3DVD) (Casciani et al., 2022; Dal Forno et al., 2023). 3DVD-technologieën maken 'virtueel passen' mogelijk, waardoor klanten minder vaak hoeven te retourneren (Casciani et al., 2022). 3DVD-technologieën maken de volledige digitalisering van het ontwerp- en prototypingproces mogelijk, waardoor productiefouten en materiaalverbruik worden verminderd en de tijd die nodig is om van ontwerp naar productie te gaan sterk wordt versneld (Arribas and Alfaro, 2018). 3DVD-technologieën maken ook ontwerpen op maat mogelijk, wat in combinatie met robotica en fabrieksautomatiseringstechnologieën de nearshoring van textielbedrijven verder vergemakkelijkt. Aan de zeer geïndividualiseerde vraag van klanten kan worden voldaan door zeer efficiënte en flexibele lokale productiesystemen (Fromhold-Eisebith et al., 2021). Nearshoring zal dus naar verwachting steeds relevanter worden, ook in het licht van geopolitieke gebeurtenissen (McKinsey, 2024). Nearshoring verkort doorlooptijden, zorgt voor een betere afstemming tussen vraag en aanbod en vermindert voorraden. Industrie 4.0 en AI kunnen dus bijdragen aan het verkorten van doorlooptijden, een betere afstemming van vraag en aanbod, nearshoring en het terugdringen van voorraden, die allemaal de behoefte aan transport en opslag verminderen, zoals geïllustreerd in figuur 3.



Figuur 3: Invloed van de toepassing van AI op de supply chains van mode en textiel

4.3. Bedreigingen voor de transport- en logistieksector

Hoewel de vooruitgang van deze industrieën in de richting van digitale transformatie traag verloopt (Fromhold-Eisebith et al., 2021; McElheran et al., 2024; McKinsey, 2024), beginnen de bedreigingen voor transport en logistiek zich al af te tekenen. Er zijn twee verschillende bedreigingen. Ten eerste verandert de toepassing van Industrie 4.0-technologieën, versneld door AI, de supply chains ingrijpend, waardoor de behoefte aan transport en logistiek mogelijk afneemt. Ten tweede, naarmate bedrijven in andere industrieën zich toelagen op digitale transformatie en digitale capaciteiten ontwikkelen, kunnen ze meer geneigd zijn om verticaal te integreren en de eigen logistieke processen te beheren, waarbij ze rechtstreeks concurreren met externe logistieke dienstverleners.

Op macroniveau dreigt de vraag naar transport- en opslagdiensten op lange termijn af te nemen. Zoals de voorbeelden uit de auto-industrie en de mode- en textielindustrie aantonen, stimuleert de externe druk voor duurzamere en flexibelere supply chains technologische innovatie om doorlooptijden en overtollige voorraden te verminderen (McKinsey, 2024; Pessot et al., 2023). De toepassing van technologieën zoals additieve manufacturing hebben het potentieel om conventionele transportlogistiek te vervangen (Hofmann and Osterwalder, 2017). De huidige bedrijfsmodellen van transport- en logistieke bedrijven zijn echter gericht op het verbeteren van de logistieke prestaties en efficiëntie door de toepassing van AI en Industry 4.0-technologieën (Malhotra and Kharub, 2025). Volgens de paradox van Jevon kan een verhoogde efficiëntie mogelijk zorgen voor een toename van de vraag doordat de

prijzen dalen (Klumpp, 2016). Dit houdt echter geen rekening met de externe druk veroorzaakt door andere industrieën.

Bedrijven in andere sectoren die een digitale transformatie ondergaan, ontwikkelen eigen digitale mogelijkheden voor de supply chain (Brau et al., 2024). Door te investeren in big data analytics en AI, ontwikkelen ze capaciteiten voor supply chain-toepassingen zoals vraagplanning, voorraadoptimalisatie en leveringsplanning, waardoor ze vervangende capaciteiten ontwikkelen (Hofmann and Osterwalder, 2017). Afhankelijk van de snelheid waarmee ze worden ingevoerd en geïmplementeerd, kunnen de capaciteiten die van transport en logistiekbedrijven overstijgen. Deze bedrijven zullen dan concurrentie ondervinden van bedrijven die zich bezighouden met achterwaartse en/of voorwaartse integratie (Brau et al., 2024; Hofmann and Osterwalder, 2017). Herold et al. (2021) beschrijven hoe Amazon zich ontwikkelde van een online retailer tot een belangrijke speler in logistiek en supply chains, dankzij de vroege adoptie van technologieën. Amazon concurreert op die manier steeds meer met externe logistieke dienstverleners (Hofmann and Osterwalder, 2017). Transport- en logistieke bedrijven moeten er daarom voor zorgen dat ze hun concurrentievoordeel ten opzichte van bedrijven in andere sectoren behouden door nieuwe bedrijfsmodellen te ontwikkelen die inspelen op het eigen voordeel.

5. Kansen voor digitale transformatie in de transport- en logistieksector

De traditionele activiteiten van transport- en logistieke bedrijven, namelijk de fysieke stromen van het vervoeren en opslaan van fysieke producten, kunnen door de opmars van AI-systemen dus in gevaar komen. Desalniettemin, bieden AI-toepassingen ook volop kansen voor de transport- en logistiek sector, mits deze kansen ook daadwerkelijk worden benut.

Gezien hun capaciteiten bevinden transport en logistiek zich echter in een unieke positie om Industrie 4.0 en AI-technologieën te gebruiken om de kloof in capaciteiten voor de circulaire economie te dichten. Industrieën, waaronder de auto-, mode- en textielindustrie en de detailhandel, moeten overstappen van een lineaire economie (gericht op productie en verkoop) naar een circulaire economie (European Parliament, 2024; Nouinou et al., 2023). Dit vereist de ontwikkeling van nieuwe netwerken van supply chains, waar afgedankte producten worden verzameld, gedemonteerd, gesorteerd en getransporteerd. Voor het ontwerp van deze supply chain netwerken en de automatisering van processen zijn digitale capaciteiten nodig. Gezien de complexiteit van supply chains, en vooral de complexiteit van het opzetten van nieuwe supply chains, is er dus een kans voor transport- en logistieke bedrijven om de rol van supply chain-regisseur van de circulaire transitie op zich te nemen.

De overgang naar circulariteit vereist dat supply chains in verschillende industrieën innovatieprocessen ondergaan. Deze innovatieprocessen vergen dat supply chain-actoren relaties opbouwen tussen bedrijven, innovatie bevorderen door middel van deskundige kennis en innovaties doorzetten via hiërarchische macht (Hansen and Schmitt, 2021) (Hansen en Schmitt, 2021). In supply chains die worden gedomineerd door enkele actoren (bijv. Walmart en Amazon in de detailhandel, IKEA in

woningmeubilair en Zara in textiel) worden deze processen doorgaans uitgevoerd door deze actor die de rol van supply chain-regisseur op zich neemt. In supply chains die lang, gefragmenteerd zijn en met een aanzienlijke aanwezigheid van MKB's, zijn circulaire transitie echter moeilijker te realiseren vanwege het ontbreken van een duidelijke supply chain-regisseur. Deze supply chains zijn bovendien complexer vanwege een grotere aantal actoren (Saccani et al., 2023).

Andere belemmeringen voor de overgang naar circulaire supply chains omvatten: een gebrek aan samenwerking tussen supply chain partners, hoge transportkosten, en een gebrek aan succesvolle bedrijfsmodellen om als voorbeelden te dienen (Govindan and Hasanagic, 2018). De gebrek aan samenwerking kan worden teruggekoppeld aan fragmentatie tussen supply chain actoren, wat het delen van informatie in de weg staat (Abdelmeguid et al., 2022). Dit is verbonden aan de beperkte traceerbaarheid van materialen binnen de supply chain. Traceerbaarheid is noodzakelijk aangezien het stelt besluitvormers in staat om betere beslissingen te nemen over de beschikbaarheid van materialen en zo hun circulaire doelen beter te bereiken (Govindan and Hasanagic, 2018). De hoge transportkosten zijn gekoppeld aan de noodzaak om materialen en producten over geografische locaties te vervoeren en de onzekerheid over de volume van stromen van middelen en materialen (Hina et al., 2022).

Door Industry 4.0 en AI-technologieën te combineren met hun bestaande capaciteiten en zich te richten op supply chain-coördinatiemechanismen (Fischer and Pascucci, 2017), kunnen transport- en logistieke bedrijven de supply chain-netwerken ontwikkelen die nodig zijn voor een succesvolle overgang naar een circulair economie model. Concrete voorbeelden hiervan zijn (1) het ontwikkelen van data platforms en applicaties zoals digitale passpoorten om de traceerbaarheid van materialen te vergroten, (2) het ontwikkelen van efficiënte supply chain netwerken om transportkosten gebonden aan circulariteit te verminderen, en het (3) ontwikkelen van nieuwe business cases dat circulaire business modellen toegankelijk maakt voor MKB-ers.

Ze kunnen transport en logistieke bedrijven hun fysieke middelen en supply chain-expertise combineren met Industry 4.0 en AI-technologieën en de rol van regisseur van de circulaire keten op zich nemen. De overgang naar circulaire supply chains biedt daarom een belangrijke kans voor transport- en logistieke bedrijven, aangezien zij uitgebreide capaciteiten hebben in het orkestreren van fysieke middelen, digitale capaciteiten en supply chain-knowhow. In deze complexere supply chains die MKB's omvatten die de middelen voor digitale transformatie missen, kan dit leiden tot een aanzienlijk concurrentievoordeel.

Dankbetuiging

Met dank aan Breda University of Applied Sciences Translation Services voor de hulp bij het vertalen van deze paper. Alle taalfouten hebben we zelf geïntroduceerd.

Referenties

- Abdelmeguid, A., Afy-Shararah, M., Salonitis, K., 2022. Investigating the challenges of applying the principles of the circular economy in the fashion industry: A systematic review. *Sustainable Production and Consumption* 32, 505–518. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.05.009>
- Alliance for Logistics Innovation Through Collaboration in Europe, 2024. White Paper AI in Logistics.
- Al-Surmi, A., Bashiri, M., Koliouisis, I., 2022. AI based decision making: combining strategies to improve operational performance. *International Journal of Production Research* 60, 4464–4486. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1966540>
- Altuntaş Vural, C., Roso, V., Halldórsson, Á., Ståhle, G., Yaruta, M., 2020. Can digitalization mitigate barriers to intermodal transport? An exploratory study. *Research in Transportation Business & Management* 37, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100525>
- Arribas, V., Alfaro, J.A., 2018. 3D technology in fashion: from concept to consumer. *JFMM* 22, 240–251. <https://doi.org/10.1108/JFMM-10-2017-0114>
- Bai, C., Satir, A., Sarkis, J., 2019. Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. *International Journal of Production Research* 57, 1037–1051. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1498986>
- Bhargava, A., Bhargava, D., Kumar, P.N., Sajja, G.S., Ray, S., 2022. Industrial IoT and AI implementation in vehicular logistics and supply chain management for vehicle mediated transportation systems. *Int J Syst Assur Eng Manag* 13, 673–680. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01581-2>
- Bode, C., Wagner, S.M., Petersen, K.J., Ellram, L.M., 2011. Understanding Responses to Supply Chain Disruptions: Insights from Information Processing and Resource Dependence Perspectives. *AMJ* 54, 833–856. <https://doi.org/10.5465/amj.2011.64870145>
- Brau, R.I., Sanders, N.R., Aloysius, J., Williams, D., 2024. Utilizing people, analytics, and AI for decision making in the digitalized retail supply chain. *J of Business Logistics* 45, e12355. <https://doi.org/10.1111/jbl.12355>
- Casciani, D., Chkanikova, O., Pal, R., 2022. Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply chains, business models, and sustainability-oriented innovations. *Sustainability: Science, Practice and Policy* 18, 773–795. <https://doi.org/10.1080/15487733.2022.2125640>
- Cichosz, M., Wallenburg, C.M., Knemeyer, A.M., 2020. Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. *IJLM* 31, 209–238. <https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2019-0229>

- Cubic, M., 2020. Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in business and management: A tertiary study. *Technology in Society* 62, 101257. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101257>
- Culot, G., Podrecca, M., Nassimbeni, G., 2024. Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry* 162, 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>
- Da Silva, R.M., Frederico, G.F., Garza-Reyes, J.A., 2023. Logistics Service Providers and Industry 4.0: A Systematic Literature Review. *Logistics* 7, 11. <https://doi.org/10.3390/logistics7010011>
- Dal Forno, A.J., Bataglini, W.V., Steffens, F., Ulson De Souza, A.A., 2023. Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review. *RJTA* 27, 95–117. <https://doi.org/10.1108/RJTA-08-2021-0106>
- Dalpadulo, E., Petruccioli, A., Gherardini, F., Leali, F., 2022. A Review of Automotive Spare-Part Reconstruction Based on Additive Manufacturing. *JMMP* 6, 133. <https://doi.org/10.3390/jmmp6060133>
- Demlehner, Q., Schoemer, D., Laumer, S., 2021. How can artificial intelligence enhance car manufacturing? A Delphi study-based identification and assessment of general use cases. *International Journal of Information Management* 58, 102317. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102317>
- European Parliament, 2024. The impact of textile production and waste on the environment (infographics).
- Fischer, A., Pascucci, S., 2017. Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry. *Journal of Cleaner Production* 155, 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.038>
- Fromhold-Eisebith, M., Marschall, P., Peters, R., Thomes, P., 2021. Torn between digitized future and context dependent past – How implementing 'Industry 4.0' production technologies could transform the German textile industry. *Technological Forecasting and Social Change* 166, 120620. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120620>
- Govindan, K., Hasanagic, M., 2018. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research* 56, 278–311. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>
- Gupta, M., George, J.F., 2016. Toward the development of a big data analytics capability. *Information & Management* 53, 1049–1064. <https://doi.org/10.1016/j.im.2016.07.004>
- Hansen, E.G., Schmitt, J.C., 2021. Orchestrating cradle-to-cradle innovation across the value chain:

- Overcoming barriers through innovation communities, collaboration mechanisms, and intermediation. *J of Industrial Ecology* 25, 627–647. <https://doi.org/10.1111/jiec.13081>
- Harris, I., Wang, Y., Wang, H., 2015. ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future. *International Journal of Production Economics* 159, 88–103. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.005>
- Helo, P., Hao, Y., 2022. Artificial intelligence in operations management and supply chain management: an exploratory case study. *Production Planning & Control* 33, 1573–1590. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882690>
- Hina, M., Chauhan, C., Kaur, P., Kraus, S., Dhir, A., 2022. Drivers and barriers of circular economy business models: Where we are now, and where we are heading. *Journal of Cleaner Production* 333, 130049. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130049>
- Hofmann, E., Osterwalder, F., 2017. Third-Party Logistics Providers in the Digital Age: Towards a New Competitive Arena? *Logistics* 1, 9. <https://doi.org/10.3390/logistics1020009>
- Hofmann, E., Rüsçh, M., 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry* 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
- Hofmann, M., Neukart, F., Bäck, T., 2017. Artificial Intelligence and Data Science in the Automotive Industry. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1709.01989>
- Isasi-Sanchez, L., Morcillo-Bellido, J., Ortiz-Gonzalez, J.I., Duran-Heras, A., 2020. Synergic Sustainability Implications of Additive Manufacturing in Automotive Spare Parts: A Case Analysis. *Sustainability* 12, 8461. <https://doi.org/10.3390/su12208461>
- Issaoui, Y., Khiat, A., Bahasse, A., Ouajji, H., 2021. Toward Smart Logistics: Engineering Insights and Emerging Trends. *Arch Computat Methods Eng* 28, 3183–3210. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09494-2>
- Klumpp, M., 2016. To Green or Not to Green: A Political, Economic and Social Analysis for the Past Failure of Green Logistics. *Sustainability* 8, 441. <https://doi.org/10.3390/su8050441>
- Klumpp, M., Ruiner, C., 2022. Artificial intelligence, robotics, and logistics employment: The human factor in digital logistics. *J of Business Logistics* 43, 297–301. <https://doi.org/10.1111/jbl.12314>
- Kokkinou, A., Kollenburg, T. van, Mandemakers, A., Hopstaken, E., Elderen, J. van, 2023a. The Data Analytic Capability Wheel: an implementation framework for digitalization, in: Pucihar, A., Kljajić Borštnar, M., Bons, R., Ongena, G., Heikkilä, M., Vidmar, D. (Eds.), *Proceedings of the 36th Bled eConference Digital Economy and Society: Balancing Act for Digital Innovation in Times of Instability: June 25 - 28*,. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, Bled, Slovenia.
- Kokkinou, A., Mandemakers, A., Mitas, O., 2024a. Cultivating a Data-Driven Culture: Exploring the Role

- of Data Analytic Capability, Employee Empowerment, and Transformational Leadership, in: Pucihar, A. (Ed.), 37th Bled eConference – Resilience Through Digital Innovation: Enabling the Twin Transition: June 9 – 12, 2024, Bled, Slovenia, Conference Proceedings. Bled, Slovenia. <https://doi.org/10.18690/um.fov.4.2024.10>
- Kokkinou, A., Mandemakers, A., Mitas, O., 2023b. Developing Resilient and Robust Supply Chains through Data Analytic Capability. *Continuity & Resilience Review* 5, 320–342. <https://doi.org/10.1108/CRR-07-2023-0013>
- Kokkinou, A., Mandemakers, A., Quak, H., 2024b. Driving Digital Transformation: Enablers and Inhibitors of Data Analytic Capability in Transportation and Logistics Companies. *Logistiek+ tijdschrift voor toegepaste logistiek* 17, 28–51.
- Kokkinou, A., Mitas, O., Mandemakers, A., 2025. Leveraging digital transformation to develop a data-driven culture for supply chain resilience: an empirical investigation. *CRR*. <https://doi.org/10.1108/CRR-08-2024-0023>
- Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhmman, T., Drews, P., Mädche, A., Urbach, N., Ahlemann, F., 2017. Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community. *Bus Inf Syst Eng* 59, 301–308. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0484-2>
- Lopez-Vega, H., Moodysson, J., 2023. Digital Transformation of the Automotive Industry: An Integrating Framework to Analyse Technological Novelty and Breadth. *Industry and Innovation* 30, 67–102. <https://doi.org/10.1080/13662716.2022.2151873>
- Ma, L., Chang, R., 2024. How big data analytics and artificial intelligence facilitate digital supply chain transformation: the role of integration and agility. *MD*. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2023-1822>
- Machado, C.G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V., Hallin, M., 2019. Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia CIRP* 81, 1113–1118. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.262>
- Malhotra, G., Kharub, M., 2025. Elevating logistics performance: harnessing the power of artificial intelligence in e-commerce. *IJLM* 36, 290–321. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2024-0046>
- McElheran, K., Li, J.F., Brynjolfsson, E., Kroff, Z., Dinlersoz, E., Foster, L., Zolas, N., 2024. AI adoption in America: Who, what, and where. *Economics Manag Strategy* 33, 375–415. <https://doi.org/10.1111/jems.12576>
- McKinsey, 2024. *The State of Fashion 2025: Challenges at every turn*.
- Min, H., 2010. Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications* 13, 13–39.

<https://doi.org/10.1080/13675560902736537>

- Mohiuddin Babu, M., Akter, S., Rahman, M., Billah, M.M., Hack-Polay, D., 2024. The role of artificial intelligence in shaping the future of Agile fashion industry. *Production Planning & Control* 35, 2084–2098. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2060858>
- Nouinou, H., Asadollahi-Yazdi, E., Baret, I., Nguyen, N.Q., Terzi, M., Ouazene, Y., Yalaoui, F., Kelly, R., 2023. Decision-making in the context of Industry 4.0: Evidence from the textile and clothing industry. *Journal of Cleaner Production* 391, 136184. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136184>
- Pantano, E., Giglio, S., Dennis, C., 2019. Making sense of consumers' tweets: Sentiment outcomes for fast fashion retailers through Big Data analytics. *IJRDM* 47, 915–927. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-07-2018-0127>
- Papert, M., Pflaum, A., 2017. Development of an Ecosystem Model for the Realization of Internet of Things (IoT) Services in Supply Chain Management. *Electron Markets* 27, 175–189. <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0251-8>
- Pessot, E., Zangiacomì, A., Marchiori, I., Fornasiero, R., 2023. Empowering supply chains with Industry 4.0 technologies to face megatrends. *J of Business Logistics* 44, 609–640. <https://doi.org/10.1111/jbl.12360>
- Pettit, T.J., Fiksel, J., Croxton, K.L., 2010. Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics* 31, 1–21. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x>
- Pournader, M., Ghaderi, H., Hassanzadegan, A., Fahimnia, B., 2021. Artificial intelligence applications in supply chain management. *International Journal of Production Economics* 241, 108250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108250>
- Rainer, R.K., Richey, R.G., Chowdhury, S., 2025. How Robotics is Shaping Digital Logistics and Supply Chain Management: An Ongoing Call for Research. *J of Business Logistics* 46, e70005. <https://doi.org/10.1111/jbl.70005>
- Richey, R.G., Chowdhury, S., Davis-Sramek, B., Giannakis, M., Dwivedi, Y.K., 2023. Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *J of Business Logistics* 44, 532–549. <https://doi.org/10.1111/jbl.12364>
- Saccani, N., Bressanelli, G., Visintin, F., 2023. Circular supply chain orchestration to overcome Circular Economy challenges: An empirical investigation in the textile and fashion industries. *Sustainable Production and Consumption* 35, 469–482. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.020>
- Savastano, M., Amendola, C., D'Ascenzo, F., Massaroni, E., 2016. 3-D Printing in the Spare Parts Supply

- Chain: An Explorative Study in the Automotive Industry, in: Caporarello, L., Cesaroni, F., Giesecke, R., Missikoff, M. (Eds.), *Digitally Supported Innovation, Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. Springer International Publishing, Cham, pp. 153–170. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40265-9_11
- Shahzadi, G., Jia, F., Chen, L., John, A., 2024. AI adoption in supply chain management: a systematic literature review. *JMTM* 35, 1125–1150. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2023-0431>
- Shatat, Ahmad Saleh, Shatat, Abdallah Saleh, 2024. The dynamic support of artificial intelligence techniques in managing logistics activities. *Human Systems Management* 01672533241291421. <https://doi.org/10.1177/01672533241291421>
- Supply and Demand Chain Executive, 2024. How AI Is Reshaping Transportation and Logistics (and Why It's Good). URL <https://www.sdexec.com/transportation/fleet-management/article/22917631/eroad-how-ai-is-reshaping-transportation-and-logistics-and-why-its-good>
- Supply Chain Movement, 2024. AI and ML will improve supply chain efficiency. URL <https://www.supplychainmovement.com/inspectorio-ai-and-ml-will-improve-supply-chain-efficiency/>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., Fischl, M., 2021. Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research* 122, 502–517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- Winkelhaus, S., Grosse, E.H., 2020. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research* 58, 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Wong, C.W.Y., Lirn, T.-C., Yang, C.-C., Shang, K.-C., 2020. Supply chain and external conditions under which supply chain resilience pays: An organizational information processing theorization. *International Journal of Production Economics* 226, 107610. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107610>
- Xue, Z., Li, Q., Zeng, X., 2023. Social media user behavior analysis applied to the fashion and apparel industry in the big data era. *Journal of Retailing and Consumer Services* 72, 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103299>
- Zinn, W., Goldsby, T.J., 2020. Global Supply Chains: Globalization Research in a Changing World. *J Bus Logist* 41, 4–5. <https://doi.org/10.1111/jbl.12241>