

MAATSCHAPPELIJKE EF- FECTEN VAN DRONES

MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN EN BATEN TOT 2050 IN KAART

EINDRAPPORT



DECISIO

seo • economisch onderzoek

AUTEURS

ARNOUT JONGELING (SEO), MARTIN ADLER (SEO), NIELS HOEFSLOOT (DECISIO), MICK KOOPMAN (DECISIO),
PIETER GROSKAMP (TO70), BERNARD SNAAUW (TO70) EN TOM VERBOON (TO70)

IN OPDRACHT VAN

MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN WATERSTAAT

Samenvatting

Vraagstelling

Het gebruik van drones in Nederland nam de afgelopen jaren sterk toe. De precieze impact van dronegebruik voor Nederland is nog onduidelijk. Het ministerie van IenW heeft SEO Economisch Onderzoek, Decisio en To70 daarom opdracht gegeven "een verkennende studie uit te voeren naar de potentiële maatschappelijke/economische waarde van de Nederlandse dronemarkt en op basis van de Europese SESAR-studie een economische indicatie en cijfers voor de Nederlandse markt te geven." SESAR (2016) is een studie die de verwachte ontwikkeling van het aantal drones en de economische impact daarvan voor de Europese Unie in kaart brengt tot 2050.

Net als SESAR richten wij ons in dit onderzoek op de impact van dronegebruik binnen de volgende vijf sectoren tot 2050: landbouw, energie en infrastructuur, veiligheid, bezorging en mobiliteit. Daar waar relevant bespreekt dit onderzoek ook de impact van de inzet van drones in zes overige sectoren. Buiten de reikwijdte van dit onderzoek valt het gebruik van drones door consumenten voor vrijetijdsbesteding en door defensie.

Methodologie

Dit onderzoek berekent de economische impact van drones in Nederland met de SESAR-methodologie. We schatten eerst het toekomstig gebruik van drones in via de economische theorie van de productielevenscyclus. Vervolgens berekenen we de economische impact op basis van kengetallen en aannames vanuit SESAR. De kengetallen en aannames van SESAR zijn met veel onzekerheid omgeven. De economische impact die wij in dit onderzoek rapporteren, is daarom geen precieze inschatting, maar geeft de orde van grootte van de impact weer. Uit het onderzoek blijkt dat de SESAR-methodologie soms afwijkt van de gangbare methodologie om economische impacts te schatten. Om die reden doen we in dit onderzoek suggesties om de SESAR-methodologie te verbeteren.

Dit onderzoek berekent de economische impact van de gehele waardeketen van drones voor Nederland. Net als SESAR delen wij de waardeketen als volgt in: i) productie van drones; ii) droneservices; iii) besturen van drones; iv) onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones. Onder "droneservices" valt de waarde die tot stand komt door het toepassen van drones. Bijvoorbeeld de waarde die drones creëren voor een boer door inzicht te bieden in de toestand van zijn gewassen.

Vanwege consistentie met de SESAR-methodologie, volgen we in dit onderzoek ook de door SESAR gehanteerde drone-indeling naar gebruiksfunctie. Dit is een andere drone-indeling dan de gangbare drone-indeling van EASA. In het onderzoek geven we aan hoe de drone-indeling van SESAR samenhangt met die van EASA.

Dit onderzoek schat de economische impact van drones voor Nederland ook 'top-down' in. Hierbij vermenigvuldigen wij de economische impact van drones voor de gehele Europese Unie volgens SESAR met het aandeel van Nederland in de Europese Unie in termen van bruto binnenlands product. Door de uitkomsten van beide methodes te combineren resulteert een bandbreedte van de verwachte economische impact van drones.

Economische impact drones

Het aantal drones binnen de onderzochte sectoren in Nederland groeit naar verwachting van circa 2.460 in 2019 naar 11.230 in 2050. Deze aantallen zijn niet gelijk aan het totaal aantal drones in Nederland. De reden is dat dit onderzoek zich richt op een bepaald aantal sectoren. Als gevolg daarvan zijn bijvoorbeeld drones die consumenten gebruiken als vrijetijdsbesteding niet meegenomen. Het onderzoek berekent de drone-aantallen vanaf 2019, omdat

dit het meest recente jaar is waarvoor daadwerkelijke gegevens over droneaantallen beschikbaar zijn via het CBS. Zodoende kunnen we onze schattingen van het aantal drones aan laten sluiten op daadwerkelijke gegevens.

Figuur S.1 laat zien dat het aantal drones in de sector "overig" het hoogst is. Het betreft het totaal aantal drones voor de zes overige sectoren gezamenlijk. Het gaat bijvoorbeeld om drones binnen de bouw- of de mediasector. Het aantal drones binnen een afzonderlijke overige sector is over het algemeen lager dan het aantal drones binnen een van de vijf 'hoofdsectoren' in dit onderzoek. Het relatieve belang van de overige sectoren neemt af over de tijd. Het marktaandeel van de overige sectoren in termen van drones neemt namelijk af van 83 procent in 2019 tot 35 procent in 2050.

Het aantal drones in de sectoren landbouw en veiligheid stijgt naar verwachting relatief snel vanaf 2019 in Nederland. De techniek voor het toepassen van drones in deze sectoren is namelijk al voorhanden. Daarnaast is de maatschappelijke acceptatie van het gebruik van drones binnen deze sectoren groot.

Opvallend is dat de ontwikkeling in het aantal drones in de bezorgings- en mobiliteitssector relatief laat op gang komt. Een van de redenen hiervoor is dat de technologie om met drones pakketjes of personen te vervoeren nog in ontwikkeling is. Daarnaast is de maatschappelijke acceptatie van dronegebruik binnen deze sectoren vooralsnog laag, omdat er onder de Nederlandse bevolking twijfels bestaan over de veiligheid van het gebruik van drones binnen deze sectoren.

Naar verwachting bedraagt de economische impact van drones binnen de onderzochte sectoren voor Nederland 103 tot 176 miljoen euro in 2019 en 374 tot 805 miljoen euro in 2050. Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening. De services en het inzicht die drones bieden zijn immers de uiteindelijke reden waarom drones ingezet worden.

In 2025 wordt een belangrijke deel van de jaarlijkse economische impact van drones in Nederland gecreëerd in de sectoren landbouw en veiligheid (zie Figuur S.1). Het gebruik van drones in deze sectoren ontwikkelt zich namelijk relatief snel. Vanaf 2035 neemt de economische impact van drones binnen de sector energie en infrastructuur sterk toe. In deze sector zullen namelijk naar verwachting vanaf dat jaar drones worden ingezet om windenergie op te wekken. De economische impact die een individuele drone voor windenergie creëert is relatief hoog. In 2050 nemen de sectoren bezorging en mobiliteit een relatief groot deel van de jaarlijkse economische impact voor hun rekening.

De economische impact per drone daalt van circa 42.000 euro in 2019 naar ongeveer 33.000 euro in 2050. De reden hiervoor is dat de sector bezorging in de toekomst steeds belangrijker wordt. Binnen deze sector is de economische impact per drone het laagst (circa 24.000 euro in 2050).

Externe effecten drones

Naast het creëren van economische impact hebben drones ook externe effecten op duurzaamheid en de leefomgeving. Deze effecten zijn extern, omdat ze terecht komen bij de samenleving in plaats van bij de dronegebruiker of -producent. Door deze externe effecten mee te nemen in het onderzoek ontstaat er een completer beeld van de maatschappelijke impact van drones.

We onderzoeken de externe effecten op duurzaamheid en de leefomgeving door drones per toepassing af te zetten tegen alternatieven. Hierbij bepalen we welke externe effecten er ontstaan door drones en welke externe effecten

worden voorkomen met het vervangen van alternatieven door drones. In een aantal situaties zijn drones extra waarvoor ze wel externe effecten genereren maar niet voorkomen.

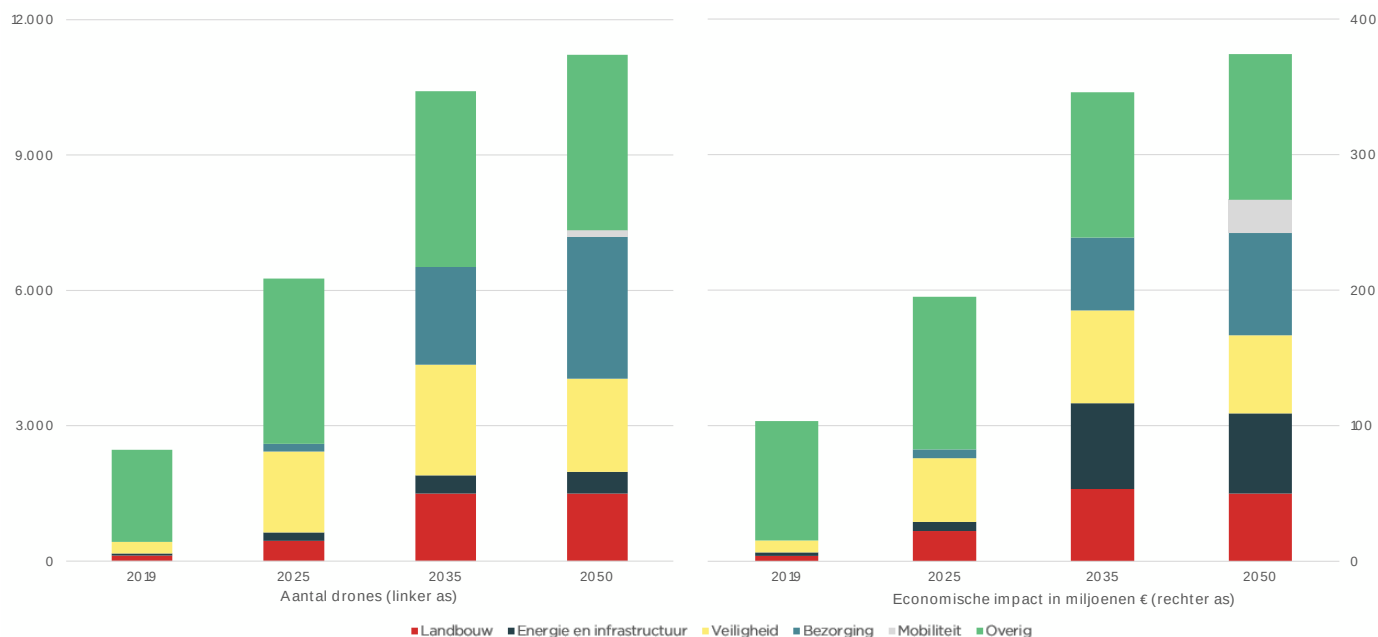
Het onderzoek wijst uit dat drones weinig CO₂ uitstoten, maar in veel gevallen veel uitstoot voorkomen door het vervangen van alternatieven. Dit kan leiden tot toenemend gebruik van de toepassing en/of vermindering van klimaatverandering. Bovendien hoeft er bij inspecties en incident management met drones geen verkeersstremmingen te ontstaan. Waar voor sommige toepassingen met traditionele middelen (vaar)wegen afgezet moeten worden, zal een drone in staat zijn te opereren zonder resulterende verkeersstremming. Dit levert tijdswinst op voor weggebruikers, en leidt tevens tot duurzaamheidsbaten als weggebruikers niet meer om hoeven te rijden. Drone-inzet leidt verder tot veiligheidsbaten. Gevaarlijke inspecties worden bij de inspecteur weggenomen en neergelegd bij de drone. Bovendien kan de drone inspecteren op locaties waar inspecteurs zelf niet kunnen komen. Hierdoor worden calamiteiten vaker voorkomen. Daarnaast kunnen drones mensen in nood sneller hulp bieden en kan een drone criminelen sneller opsporen. Hiermee draagt drone-inzet in verschillende toepassingen ook bij aan veiligheid. In een aantal sectoren levert het vliegen met drones ongewenste neveneffecten op. Deze neveneffecten treden voornamelijk op wanneer drones in de buurt van burgers opereren. De voornaamste effecten zijn dan visuele hinder, neerstortgevaar en inbreuk op de privacy.

Vervolgonderzoek

Dit onderzoek is een verkenning naar de economische en maatschappelijke impact van drones voor Nederland. Er zijn verschillende kansen voor vervolgonderzoek. De belangrijkste zijn:

- Het actualiseren van de kengetallen en aannames van SESAR en deze toespitsen op Nederland;
- Onderzoek naar de verwachte economische en maatschappelijke impact van wijzigingen in het Nederlandse dronebeleid;
- Onderzoek naar de kansen voor Nederlandse startups binnen de dronemarkt en hoe deze ondersteund kunnen worden door de overheid.

Figuur S.1 De economische impact van drones binnen de sector bezorging en mobiliteit groeit sterk vanaf 2035



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: De figuur geeft de resultaten weer in euro's van 2021.

De rechtergrafiek geeft uitsluitend de ondergrens van de economische impact van drones weer.

Inhoud

Samenvatting	2
1 Introductie	1
1.1 Achtergrond en vraagstelling	1
1.2 Definitie drones	1
1.3 Onderzochte sectoren	3
1.4 Aanpak	4
1.5 Leeswijzer	5
2 Methodologie	6
2.1 Schatting ontwikkeling aantal drones	6
2.2 Berekening economische impact	10
3 Economische impact van drones	17
3.1 Resultaten op hoofdlijnen	17
3.2 Ontwikkelingen per sector	23
4 Externe effecten	31
4.1 Landbouw	31
4.2 Energie en infrastructuur	34
4.3 Veiligheid	38
4.4 Bezorging	41
4.5 Mobiliteit	42
4.6 Overig	42
5 Conclusies	44
Referenties	46
Bijlage A Aannames inschatting potentiële vraag drones	48

1 Introductie

Dit onderzoek brengt de economische en maatschappelijke kosten en baten van drones in kaart voor Nederland tot 2050. In dit onderzoek definiëren we drones als onbemande vliegtuigsystemen. Het onderzoek richt zich op vijf sectoren waarin veel toepassingsmogelijkheden voor drones zijn.

1.1 Achtergrond en vraagstelling

Het gebruik van drones in Nederland nam de afgelopen jaren sterk toe. Zo bedroeg in 2015 het aantal drones voor beroepsmatig gebruik nog maar 170. In 2019 was dit aantal al toegenomen tot bijna 2,5 duizend.¹ Internationaal en nationaal levert de toename van dronegebruik een discussie op over de impact van drones. In deze discussie komt onder andere de impact van drones op economische groei, werkgelegenheid, verduurzaming en geluidshinder ter sprake. De precieze impact voor Nederland is nog onduidelijk. Daarom heeft het ministerie van IenW SEO Economisch Onderzoek, Decisio en To70 opdracht gegeven "een verkennende studie uit te voeren naar de potentiële maatschappelijke/economische waarde van de Nederlandse dronemarkt en op basis van de Europese SESAR-studie Joint Undertaking (SJU) een economische indicatie en cijfers voor de Nederlandse markt te geven." Box 1.1 geeft uitleg over de Europese SESAR-studie Joint Undertaking (vanaf nu: SESAR-studie).

Box 1.1 De SESAR-studie berekent de verwachte economische impact van drones voor de Europese Unie tot 2050

SESAR (2016) is een studie die de verwachte ontwikkeling van het aantal drones en de economische impact daarvan voor de Europese Unie in kaart brengt tot 2050. Het is de belangrijkste studie naar de economische impact van drones die betrekking heeft op de Europese Unie.

SESAR is een publiek-privaat samenwerkingsverband dat onderzoek uitvoert naar het management van het luchtruim. Omdat drones een steeds belangrijkere rol in het luchtruim spelen, voert deze organisatie ook onderzoek uit naar drones.

De studie richt zich op het gebruik van drones in de volgende sectoren: landbouw, energie en infrastructuur, veiligheid, bezorging en mobiliteit. Volgens SESAR bieden deze sectoren veel mogelijkheden voor het inzetten van drones.

Bron: SESAR (2016)

1.2 Definitie drones

De gehanteerde definitie van drones ziet deze als onbemande vliegtuigsystemen (Unmanned Aerial Systems, UAS). Hieronder vallen zowel op afstand bestuurbare vliegtuigsystemen als autonome UAS zonder piloot. De definitie

¹ Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/vervoermiddelen-en-infrastructuur/vliegtuigen>

omvat de drone inclusief alle bijbehorende besturings- en operationele apparatuur.² Deze definitie is in lijn met EU-regelgeving.³

Naast een dronedefinitie gebruiken we in dit onderzoek ook een drone-indeling. We nemen de drone-indeling naar gebruiksfunctie van SESAR (2016) als uitgangspunt. SESAR (2016) deelt de drones allereerst in in de volgende categorieën:

- **Visual line of sight (VLOS) vliegende drones:** deze drones dienen te allen tijde in het zicht van de grondpiloot te zijn. Zodoende is de piloot in staat om objecten (zoals gebouwen of andere drones) te ontwijken;
- **Beyond visual line of sight (BVLOS) vliegende drones:** deze drones zijn niet constant in het zicht van de grondpiloot. In plaats daarvan wordt de drone bestuurd met besturingsapparatuur zoals een laptop of tablet;
- **Onbemande vliegtuigen:** dit zijn passagiers- en cargovliegtuigen die zijn omgebouwd, zodat ze autonoom kunnen vliegen.

Vervolgens verdeelt SESAR (2016) BVLOS vliegende drones onder in deze drie categorieën op basis van de functie van de drone:

- **Drones voor het uitvoeren van inspecties:** deze drones beschikken over een geavanceerde camera. De landbouwsector gebruikt dit type drone bijvoorbeeld om gewassen te inspecteren;
- **Drones voor langdurige inspecties:** deze drones zijn in staat om buiten het very low level (VLL) luchtruim te vliegen. Met andere woorden, deze drones kunnen hoger dan 150 meter vliegen. Op een dergelijke hoogte is de luchtweerstand laag, waardoor deze drones in staat zijn hoge snelheden te behalen. Op deze manier zijn deze drones in staat om grote afstanden te overbruggen. Ook deze drones beschikken over een geavanceerde camera;
- **Drones voor het vervoeren van kleine pakketten:** dit zijn relatief kleine drones die pakketjes tot enkele kilogrammen kunnen vervoeren.

Het Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) hanteert een alternatieve drone-indeling. Het agentschap deelt drones in de volgende drie categorieën in:

- **Open:** Dronevluchten in deze categorie hoeven niet van tevoren geautoriseerd te worden door een overheidsinstantie. Het betreft drones die lichter zijn dan 25 kilo (indien niet in de buurt van mensen gevlogen wordt) of lichter zijn dan twee kilo (indien in de buurt van mensen gevlogen wordt). Het merendeel van de drones voor consumentengebruik valt onder deze categorie. Ook drones die gebruikt worden voor bedrijfsmatig gebruik met een laag risico, vallen doorgaans in deze categorie;
- **Specific:** Drones die niet in de categorie "open" vallen, maken deel uit van de categorie "specific". Vluchten met drones in deze categorie dienen vooraf geautoriseerd te worden door een overheidsinstantie;
- **Certified:** Drones waarmee vluchten met een hoog risico worden uitgevoerd, vallen onder deze categorie. Een voorbeeld is het vervoeren van passagiers met drones. EASA ontwikkelt op dit moment regelgeving voor deze categorie.

Deze categorisering bepaalt aan welke vereisten een drone (en de dronepiloot) dienen te voldoen.⁴ Tabel 1.1 laat zien hoe de drone-indeling van SESAR (2016) samenhangt met die van EASA. Uit de tabel blijkt dat de meeste dronecategorieën van SESAR onder de EASA-categorie "Certified" vallen.

² Er bestaan ook definities van drones die besturings- en operationele apparatuur niet meenemen.

³ Zie bijvoorbeeld: artikel 3 (30) van EU verordening 1139/2018, artikel 2 (1) van EU verordening 2019/947 en artikel 3 (3) van EU verordening 2019/945.

⁴ Zie: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones/drones-regulatory-framework-background>

Tabel 1.1 De meeste SESAR-categorieën ziet EASA als certified drones

Indeling SESAR (2016)	Indeling EASA
VLOS vliegende drones	Open / Specific
BVLOS vliegende drones – inspectie	Specific
BVLOS vliegende drones – langdurige inspectie	Certified
BVLOS vliegende drones – vervoer pakketten	Certified
Onbemande vliegtuigen	Certified

Bron: SEO Economisch Onderzoek

In dit onderzoek kiezen we ervoor om de drone-indeling van SESAR te gebruiken. De reden is dat SESAR drones indeelt naar gebruiksfunctie. Omdat de kosten en baten van drones verschillen per gebruiksfunctie, is deze indeling bruikbaar voor dit onderzoek.

1.3 Onderzochte sectoren

Drones worden in veel sectoren toegepast. Net als SESAR (2016) richten wij ons op de volgende vijf sectoren:

- **Landbouw:** gebruik van drones voor landbouwtoepassingen zoals het inspecteren van gewassen en het verspreiden van bestrijdingsmiddelen;
- **Energie en infrastructuur:** gebruik van drones voor het inspecteren van energiecentrales, nutsleidingen (zoals hoogspanningskabels) en infrastructuur (zoals bruggen en sluizen). Gebruik van drones voor het opwekken van windenergie;
- **Veiligheid:** gebruik van drones door de veiligheidsdiensten (politie, brandweer en reddingsbrigade) en inzet van drones bij incidentmanagement op vaarwegen, autowegen en het spoor;
- **E-commerce en bezorging:** gebruik van drones voor (spoed)bezorging en -transport van goederen;
- **Mobiliteit en transport:** gebruik van drones voor het vervoeren van passagiers met tot drones omgebouwde vliegtuigen.

SESAR richt zich op deze sectoren, omdat binnen deze sectoren veel kansen zijn voor drones en omdat deze sectoren maatschappelijk relevant zijn. Het dronegebruik binnen deze sectoren is op dit moment nog relatief beperkt. Echter, deze sectoren zullen zich naar verwachting tijdens de onderzoeksperiode ontwikkelen tot de sectoren, waar drones de grootste economische en maatschappelijke impact creëren.

In tegenstelling tot SESAR onderzoekt deze studie ook de impact van dronegebruik binnen de sector infrastructuur. Net als de energiesector gebruikt de infrastructuursector drones voornamelijk voor inspecties. We verbreden daarom de sector "energie" in de SESAR-studie tot "energie en infrastructuur".

Daar waar relevant bespreekt dit onderzoek ook de impact van de inzet van drones in overige sectoren. Hieronder vallen de volgende sectoren:

- **Bouwnijverheid:** gebruik van drones voor inspectie van bouwplaatsen;
- **Telecommunicatie:** gebruik van drones voor inspectie van zendmasten;
- **Verzekeringswezen:** gebruik van drones voor het uitvoeren van schadeonderzoek. Bijvoorbeeld om schade aan daken goed en veilig te beoordelen;
- **Media en entertainment:** gebruik van drones voor het maken van rapportages;
- **Vastgoed:** gebruik van drones om te koop staande huizen goed in beeld te brengen;
- **Academisch onderzoek:** gebruik van drones voor onderzoek. Bijvoorbeeld om de grootte van een kudde dieren in beeld te brengen;

1.4 Aanpak

Dit onderzoek berekent de economische impact van drones in Nederland met de SESAR-methodologie. SESAR schat eerst het toekomstig gebruik van drones in via de economische theorie van de productielevenscyclus. Vervolgens berekent SESAR de economische impact op basis van kengetallen en multipliers.⁵ Soms wijkt de SESAR-methodologie af van de gangbare methodologie om economische impacts te schatten. Om die reden doen we in hoofdstuk 2 suggesties om de SESAR-methodologie te verbeteren.

De kengetallen en multipliers van SESAR hebben betrekking op de volgende onderwerpen:

- Toekomstige technologische innovaties met betrekking tot drones (zoals autonoom vliegen);
- Toekomstige regelgeving met betrekking tot drones (zoals wanneer vliegen met BVLOS vliegende drones is toegestaan);
- De ontwikkeling van de vraag naar drones.

Het verloop van de technologische innovatie, regelgeving en de vraag naar drones is met veel onzekerheid omgeven. Als innovatie met betrekking tot drones sneller (langzamer) verloopt dan verwacht, zal de economische impact van drones hoger (lager) zijn. Ook geldt dat als de toekomstige regelgeving met betrekking tot drones coulanter (strenger) is dan verwacht, de economische impact hoger (lager) zal zijn. De economische impact die wij in dit onderzoek rapporteren, is daarom geen precieze inschatting, maar geeft de orde van grootte van de impact weer.

Tot slot dient er rekening mee gehouden te worden dat de SESAR-studie mogelijk verouderd is. De studie is namelijk afkomstig uit 2016. Drones zijn volop in ontwikkeling. Daarom kan er in een korte periode veel veranderen binnen de drone-industrie.

Dit onderzoek berekent de economische impact van de gehele waardeketen (value chain) van drones voor Nederland.⁶ Net als SESAR delen wij de waardeketen als volgt in:

- Productie van drones;
- Droneservices;
- Besturen van drones;
- Onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones.

⁵ Een multiplier is de ratio tussen de directe economische impact en de indirecte economische impact.

⁶ Een waardeketen geeft een overzicht van alle activiteiten die nodig zijn om een product of service te produceren.

Onder “droneservices” valt de waarde die tot stand komt door het toepassen van drones. Bijvoorbeeld de waarde die drones creëren voor een boer door inzicht te bieden in de toestand van zijn gewassen. Of de waarde die drones creëren voor een passagier door hem te vervoeren. Droneservices nemen het grootste gedeelte van de waardecreatie door drones voor hun rekening. De services en het inzicht die drones bieden zijn namelijk de uiteindelijke reden waarom drones ingezet worden. Dit onderzoek schat ook de indirecte economische impact van drones in. Dit is de economische activiteit die in Nederland ontstaat door het toeleveren aan de drone-industrie, zoals het produceren van accu's voor drones.

Naast de economische impact van drones berekenen we ook de externe effecten van drones op duurzaamheid en de leefomgeving. De impact hiervan definiëren we als het verschil tussen de externe effecten die ontstaan door uitvoering van activiteiten met drones en de externe effecten die zouden ontstaan bij uitvoering van dezelfde activiteiten met de huidige technologie (zonder drones). Kortom, welke externe effecten worden gegenereerd door drones, en welke externe effecten worden voorkomen met het vervangen van traditionele uitvoering door drones. De effecten spelen naar verwachting voornamelijk op het gebied van CO₂-emissies, visuele hinder, geluidshinder, veiligheid en tijdswinst.

1.5 Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk beschrijft de methodologie. We bespreken ten eerste de methode waarmee wij een inschatting maken van de ontwikkeling in het aantal drones in Nederland. Vervolgens bespreken wij hoe wij op basis van deze inschatting de maatschappelijke en economische kosten en baten van de Nederlandse dronemarkt bepalen. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de verwachte economische impact van de Nederlandse dronemarkt in 2019, 2025, 2035 en 2050. Hoofdstuk 4 kwantificeert vervolgens de externe effecten van drones.

2 Methodologie

De methodologie om de impact van drones te bepalen start met het inschatten van het toekomstig gebruik van drones. Op basis van kengetallen en multipliers volgt vervolgens de 'bottom-up' berekening van de economische impact. Tot slot berekenen we de economische impact van drones 'top-down'. Door de beide uitkomsten te combineren resulteert een bandbreedte van de verwachte economische impact.

2.1 Schatting ontwikkeling aantal drones

Om de verwachte economische en maatschappelijke kosten en baten van drones te kunnen bepalen maken we eerst een inschatting van het aantal drones op de Nederlandse markt in 2025, 2035 en 2050. Deze inschatting baseren wij op de verwachte vraag naar drones op de Nederlandse markt. We maken een inschatting voor elk van de vijf onderzochte sectoren afzonderlijk. Deze sectoren zijn: landbouw, energie en infrastructuur, veiligheid, bezorging en mobiliteit (zie paragraaf 1.3). Vervolgens combineren wij de verwachte ontwikkeling in het aantal drones met kengetallen over hoe vaak een drone ingezet wordt en welke economische impact als gevolg daarvan gegenereerd wordt.

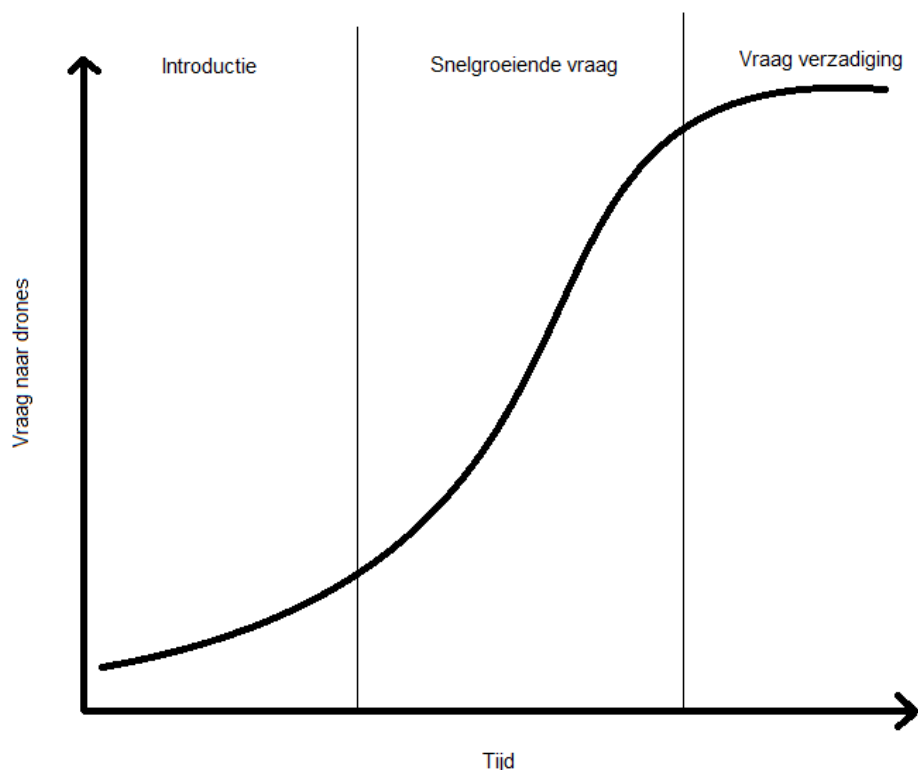
Voor het aantal drones in het jaar 2019 – het meest recente jaar waarvoor daadwerkelijke gegevens over droneaantallen beschikbaar zijn⁷ – maken we gebruik van CBS-data.⁸ Het CBS splitst deze droneaantallen niet uit naar sector. We verdelen deze droneaantallen over de verschillende sectoren op basis van het marktaandeel in termen van drones voor elke sector in 2019. SESAR heeft een inschatting van de verwachte marktaandelen per sector in 2019 gemaakt, die wij voor het maken van de onderverdeling gebruiken.

De inschatting van de ontwikkeling van het aantal drones baseren wij op de economische theorie van de productlevenscyclus. De literatuur beschrijft deze cyclus uitgebreid (zie bijvoorbeeld Tyulin & Chursin, 2020). De productlevenscyclus beschrijft hoe de vraag naar een nieuw product zich ontwikkelt vanaf het moment dat dit product geïntroduceerd wordt op de markt. Volgens deze cyclus is de vraag naar een product in eerste instantie beperkt. Wanneer het product vervolgens aanslaat, start er een periode van snelgroeiende vraag naar het product. Na verloop van tijd raakt de vraag naar het product verzadigd: de potentiële vraag is bereikt.

⁷ Gegevens van het RDW bieden ook inzicht in het aantal drones in Nederland. Het RDW verstrekt informatie over het aantal afgegeven exploitantnummers. Elke eigenaar van een drone met een camera of een gewicht van 250 gram of meer dient een exploitantnummer aan te vragen bij het RDW. Tot 28 november 2021 zijn er 36.324 exploitantnummers afgegeven. Het aantal afgegeven exploitantnummers is niet gelijk aan het aantal drones in Nederland. De redenen hiervoor zijn dat de meeste eigenaren van drones voor professioneel gebruik meerdere drones in bezit hebben en dat niet iedere eigenaar een exploitantnummer aanvraagt. Om die reden gebruiken wij in dit onderzoek voornamelijk de CBS-data.

⁸ Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/vervoermiddelen-en-infrastructuur/vliegtuigen>

Figuur 2.1 Na verloop van tijd raakt de vraag naar een product verzadigd



Bron: Tyulin en Chursin (2020)

Door sectorale gegevens te combineren met kengetallen is het mogelijk om de potentiële vraag naar drones in te schatten voor de Nederlandse markt (zie Figuur 2.2). De sectorale gegevens zijn voornamelijk afkomstig van CBS en Eurostat. De gebruikte kengetallen zijn afkomstig vanuit de literatuur, zoals SESAR (2016), BCG (2017) en McKinsey (2017). Ter illustratie van de gebruikte methodologie beschrijven we in Box 2.1 op welke manier we de potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector hebben ingeschat (zie ook Figuur 2.2). Voor de overige sectoren is de beschrijving van de inschatting opgenomen in Bijlage A.

De inschatting van de potentiële vraag is specifiek voor elke sector. Ook het verloop van de productlevenscyclus verschilt per sector. Het is bijvoorbeeld onwaarschijnlijk dat er binnenkort vraag ontstaat naar drones binnen de sector "mobiliteit". De technologie voor het vervoer van passagiers met onbemande drones moet immers nog grotendeels ontwikkeld worden. Daarnaast is maatschappelijke acceptatie van het vervoer van passagiers met drones noodzakelijk. Het verloop van de productlevenscyclus hangt ook af van de wet- en regelgeving. Dit zijn de gebruikte aannames met betrekking tot de verwachte ontwikkeling van drone wet- en regelgeving:

- De wetgeving die vluchten met BVLOS vliegende drones mogelijk maakt is uiterlijk 2025 beschikbaar;
- De wetgeving die het mogelijk maakt om met drones windenergie op te wekken is vóór 2035 beschikbaar;
- De wetgeving die het mogelijk maakt om met autonoom vliegende drones passagiers te vervoeren is vóór 2050 beschikbaar;

SESAR (2016) geeft voor elke onderzochte sector een verwachting van het verloop van de productlevenscyclus. Deze verwachtingen gebruiken we in dit onderzoek. Ter illustratie beschrijven we in Box 2.1 de verwachting van

SESAR met betrekking tot het verloop van de vraag naar drones binnen de sector landbouw. Voor de overige sectoren is deze beschrijving opgenomen in Bijlage A.

Figuur 2.2 Onderzoeksmethode voor de inschatting van de ontwikkeling van het aantal drones



Bron: SEO Economisch Onderzoek

Box 2.1 De potentiële vraag naar drones berekenen wij door kengetallen te combineren met sectorale gegevens

Potentiële vraag

De potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector voor landinspectie berekenen we met de SESAR-aannames in Tabel 2.1. Deze tabel geeft per grootteklasse weer voor welk percentage van de landbouwbedrijven de inzet van drones voor landinspectie (op termijn) rendabel is. De tabel geeft ook weer voor welk percentage van de landbouwbedrijven de aankoop van een eigen drone voordelig is. Vervolgens berekenen we met Eurostat-gegevens het aantal landbouwbedrijven en hectares landbouwgrond in Nederland per grootteklasse (zie Tabel 2.2)

Door voor elke grootteklasse het percentage uit Tabel 2.1 te vermenigvuldigen met het aantal landbouwbedrijven in Nederland berekenen we het aantal landbouwbedrijven in Nederland met (op termijn) een drone. Op dezelfde manier berekenen we het aantal hectares landbouwgrond in Nederland met (op termijn) een drone. Op basis van de derde kolom van Tabel 2.1 bepalen we welk deel van de landbouwbedrijven en hectares landbouwgrond in Nederland een eigen drone in bezit heeft.

Tabel 2.3 laat zien dat 994 landbouwbedrijven in Nederland (met 111.890 hectare landbouwgrond in bezit) op termijn een eigen drone in bezit hebben. De overige 16.674 landbouwbedrijven (met 922.374 hectare landbouwgrond in bezit) huren een drone via een bedrijf voor droneverhuur. Volgens SESAR is voor een periodieke inspectie van 2.000 hectare landbouwgrond één drone nodig. Bij een efficiënte drone-inzet is het aantal drones dat deze landbouwbedrijven inhuren op termijn gelijk aan $922.374 / 2000 = 461$ drones. Het totaal aantal drones voor landinspectie bedraagt daarmee op termijn $994 + 461 = 1455$. We nemen in de berekening aan dat het aantal hectares landbouwgrond in Nederland in de toekomst constant blijft.

Tabel 2.1 De inzet van een drone is vooral voor grote landbouwbedrijven rendabel

Omvang landbouwbedrijven	% landbouwbedrijven inzet drones (op termijn) rendabel	Heeft het landbouwbedrijf een eigen drone in bezit of wordt de drone ingehuurd?
Micro (kleiner dan 10 ha)	10%	Uitsluitend inhuur
Klein (10 tot 50 ha)	25%	Uitsluitend inhuur
Medium (50 tot 100 ha)	75%	5% van de medium landbouwbedrijven heeft een eigen drone in bezit
Groot (groter dan 100 ha)	95%	20% van de grote landbouwbedrijven heeft een eigen drone in bezit

Bron: SESAR (2016)

Tabel 2.2 De meeste landbouwbedrijven in Nederland hebben tussen 10 en 50 hectare landbouwgrond

	Aantal landbouwbedrijven in Nederland	Aantal hectares landbouwgrond in Nederland
Micro (kleiner dan 10 ha)	18.540	77.650
Klein (10 tot 50 ha)	25.180	685.550
Medium (50 tot 100 ha)	9.360	631.480
Groot (groter dan 100 ha)	2.630	401.580

Bron: Eurostat

Noot: De gegevens hebben betrekking op het jaar 2016

Tabel 2.3 Naar verwachting maken circa 17.668 landbouwbedrijven in Nederland (op termijn) gebruik van een drone

	Aantal landbouwbedrijven in Nederland met (op termijn) een drone	Aantal hectare landbouwgrond in Nederland (op termijn) gecoverd door een drone
Micro (kleiner dan 10 ha)	1.854	7.765
Klein (10 tot 50 ha)	6.295	171.388
Medium (50 tot 100 ha)	7.020 (waarvan 468 met een eigen drone)	473.610 (waarvan 31.574 ha gecoverd door een eigen drone)
Groot (groter dan 100 ha)	2.499 (waarvan 526 met een eigen drone)	381.501 (waarvan 80.316 hectare gecoverd door een eigen drone)
Totaal	17.668 (waarvan 994 met een eigen drone)	1.034.264 (waarvan 111.890 hectare gecoverd door een eigen drone)

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Noot: Micro en kleine landbouwbedrijven huren uitsluitend drones in.

De potentiële vraag naar drones voor het besproeien van gewassen baseren wij op de SESAR-aanname dat enkel groente- en fruittelers drones voor dit doel gebruiken. De achtergrond van deze aanname is dat het gewicht dat een drone kan vervoeren beperkt is. Het is daarom vooral voor kleine landbouwbedrijven – voornamelijk groente- en fruittelers – rendabel om met drones gewassen te besproeien. In lijn met SESAR nemen we aan dat elke groente- en fruitteiler (op termijn) een drone inzet bij het besproeien van gewassen.

Vervolgens berekenen we de potentiële vraag met behulp van het Eurostat-gegeven dat het aantal hectares landbouwgrond van groente- en fruittelers in Nederland 22.010 bedroeg in 2016. We combineren dit gegeven met het SESAR-kengetal dat voor de periodieke besproeiing van 500 hectare landbouwgrond één drone nodig is. De potentiële vraag naar drones voor besproeiing is dus gelijk aan het aantal hectares landbouwgrond van groente- en fruittelers gedeeld door 500. Voor Nederland bedraagt de potentiële vraag naar drones voor besproeiing dus 44 ($=22.010/500$). We nemen hierbij aan dat het aantal hectares landbouwgrond van groente- en fruittelers in Nederland in de toekomst constant blijft.

Productlevenscyclus

De potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector bedraagt dus $1455 + 44 = 1499$ drones. Op basis van de SESAR-aannames over het verloop van de productlevenscyclus van drones binnen de landbouwsector berekenen we hoe deze potentiële vraag zich zal realiseren.

Volgens SESAR zal de potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector in 2025 voor 30 procent gerealiseerd zijn. Het aantal drones binnen de landbouwsector in Nederland zal dus in 2025 naar verwachting circa 450 bedragen ($=30\% * 1499$). In 2035 zal de potentiële vraag volledig gerealiseerd zijn.

2.2 Berekening economische impact

Dit onderzoek berekent de economische impact van de Nederlandse dronemarkt allereerst 'bottom-up'. Hiertoe combineren wij de verwachte ontwikkeling in het aantal drones met verschillende economische kengetallen.⁹ Bij de 'bottom-up' methode berekenen we de economische impact van de gehele waardeketen van drones voor Nederland. Deze bestaat uit de volgende onderdelen: i) productie van drones; ii) droneservices; iii) besturen van drones; iv) onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones. We berekenen eerst de economische impact van de gehele waardeketen van drones. Vervolgens schatten we de economische impact van de productie van drones, het besturen van drones en het onderhouden en verzekeren van drones los in. Het restant is de economische impact van droneservices.

Dit onderzoek schat de economische impact van drones voor Nederland ook 'top-down' in. Hierbij vermenigvuldigen wij de economische impact van drones voor de gehele Europese Unie volgens SESAR met het aandeel van Nederland in de Europese Unie in termen van bruto binnenlands product (bbp, een maatstaf voor de grootte van een economie). Door de uitkomsten van de top-down en bottom-up berekening te combineren resulteert een bandbreedte van de verwachte economische impact van drones.

Alle economische impacts zijn uitgedrukt in euro's van 2021. In de rest van deze paragraaf gaan we nader in op de berekening van de economische impact. Ter illustratie laten we in Box 2.2 de berekening van de economische impact van drones binnen de landbouwsector in 2050 zien.¹⁰

2.2.1 Bottom-up berekening economische impact

Totale economische impact drones

Conform SESAR stellen wij bij de 'bottom-up' methode de totale economische impact van drones gelijk aan de totale betalingsbereidheid (willingness to pay) voor de diensten en activiteiten die drones uitvoeren.¹¹ Wanneer drones al bestaande services uitvoeren, stelt SESAR de betalingsbereidheid gelijk aan het bedrag dat op dit moment betaald wordt voor deze service. Een voorbeeld van een dergelijke service is het inspecteren van land. Landbouwbedrijven betalen op dit moment ongeveer tien euro per hectare voor een landinspectie te voet. De betalingsbereidheid van een landinspectie met een drone is dus tien euro per hectare. In het geval dat drones een nieuwe service uitvoeren stelt SESAR de betalingsbereidheid vast door te bepalen hoeveel kostenbesparing de inzet van drones mogelijk oplevert. Een voorbeeld van een nieuwe service is het inspecteren van bruggen met drones, waarbij de dronebeelden geanalyseerd worden met artificial intelligence. Een dergelijke inspectie levert aanzienlijk meer inzicht op dan een traditionele inspectie op zicht. Hierdoor is Rijkswaterstaat in een vroeg stadium op de hoogte van gebreken aan bruggen. Dit levert kostenbesparingen op.¹²

⁹ Dit onderzoek heeft alleen betrekking op Nederland. Echter, ook in het Caribische gedeelte van het Koninkrijk der Nederlanden is het gebruik van drones in opkomst. Zo wordt er op Bonaire gewerkt aan een drone initiatief dat valt onder de '2025 Innovatie & Verduurzaming' agenda van Bonaire International Airport (BIA), Water- en Energiebedrijf Bonaire (WEB) en Fundashon Mariadal (FM). Het drone initiatief focust op het inzetten van drones om proactief bij te dragen aan de verhoging van de openbare veiligheid.

¹⁰ Een overzicht van de berekening van de economische impact van drones voor elke sector is op verzoek beschikbaar bij SEO Economisch Onderzoek.

¹¹ De economische impact is uitsluitend gelijk aan de totale betalingsbereidheid, wanneer er geen concurrentie is tussen drones en alternatieve manieren om de diensten en activiteiten uit te voeren (bijvoorbeeld door werknemers). Wanneer er wel concurrentie bestaat, daalt de betalingsbereidheid voor drones. In dat geval is de economische impact van drones hoger dan de betalingsbereidheid. Omdat het waarschijnlijk is dat drones concurrentie ondervinden, is de economische impact van drones die in dit rapport gerapporteerd wordt lager dan de daadwerkelijke economische impact.

¹² <https://rwsinnoveert.nl/innovaties/@208874/bruginspectie-drones/>

Economische impact droneproductie

In lijn met SESAR stellen wij de economische impact van droneproductie gelijk aan de omzet uit droneverkoop in Nederland.¹³ De omzet uit droneverkoop is het aantal verkochte drones vermenigvuldigd met de bijbehorende verkoopprijzen. De verkoopprijzen van drones baseren wij op aannames van SESAR (zie Tabel 2.4). Uit de tabel blijkt dat de verkoopprijs van “BVLOS vliegende drones voor langdurige inspectie” en “upgrade naar een onbemand vliegtuig” aanzienlijk hoger is dan de verkoopprijs van de andere dronetypen. De reden hiervoor is dat deze twee dronetypen relatief groot zijn. Ook zijn deze twee dronetypen technisch geavanceerder dan de andere dronetypen. In vergelijking met de andere dronetypen komen deze twee dronetypen relatief weinig voor.

Naar verwachting zal de verkoopprijs van een drone in de toekomst afnemen, omdat de droneproductie efficiënter wordt door innovaties in het productieproces en schaalvoordelen. We veronderstellen – in lijn met SESAR (2016) – dat de verkoopprijs van drones elk jaar met een procent afneemt.

Het aantal verkochte drones is gelijk aan de toename in het totaal aantal drones in Nederland plus het aantal drones in Nederland dat vervangen wordt. Paragraaf 2.1 beschrijft hoe wij de toename in het totaal aantal drones inschatten. Het aantal drones dat vervangen wordt bepalen wij met aannames van SESAR over de levensduur van drones (zie Tabel 2.4).

Een deel van de drones die binnen de onderzochte sectoren in Nederland gebruikt worden zijn geïmporteerd uit het buitenland. Aan de andere kant produceren Nederlandse bedrijven ook drones voor export naar het buitenland. In deze studie veronderstellen we dat voor de onderzochte sectoren de import en export van drones aan elkaar gelijk zijn. Als Nederland erin slaagt een netto exporteur van drones te worden zal Nederland extra economische impact uit droneproductie creëren. Omdat Nederland een innovatief land is, is dit een waarschijnlijk scenario.

Tabel 2.4 De verkoopprijs van “BVLOS vliegende drones voor langdurige inspectie” en “upgrade naar een onbemand vliegtuig” is aanzienlijk hoger dan de verkoopprijs van de andere dronetypen

Type drone	Verkoopprijs per drone in 2021	Levensduur in jaren
VLOS vliegende drones	19.900	4
BVLOS vliegende drones voor inspectie	49.700	4
BVLOS vliegende drones voor langdurige inspectie	3.312.200	20
BVLOS vliegende drones voor vervoer pakketten	30.900	4
Upgrade naar een onbemand vliegtuig	1.435.300	20

Bron: SESAR (2016)

Economische impact droneservices

Net als SESAR definiëren wij de economische impact van droneservices als de economische impact die tot stand komt door het toepassen van drones. Bijvoorbeeld de impact die drones creëren voor Rijkswaterstaat door inzicht te bieden in de conditie van een brug. SESAR stelt de economische impact van droneservices vast door de totale economische impact van drones vast te stellen en vervolgens alle andere gedeelten van de economische impact

¹³ De SESAR-methodologie kan verbeterd worden door de economische impact van productie gelijk te stellen aan de waarde die toegevoegd wordt door droneproductie. Dit is gelijk aan de omzet van droneproducenten min de goederen en diensten van derden die zijn in het productieproces gebruiken. Zodoende sluit de SESAR-methodologie aan bij de gangbare methodologie om economische impacts in te schatten.

hiervan af te trekken. Met bovenstaande methode stelt SESAR de economische impact van droneservices voor elke onderzochte sector vast. Vervolgens komt SESAR tot de conclusie dat de economische impact van droneservices gemiddeld genomen dubbel zo groot is als de economische impact van droneproductie. Dit kengetal gebruiken wij om de economische impact van droneservices voor de Nederlandse dronemarkt te bepalen.¹⁴

Economische impact besturen van drones

In dit onderzoek is de economische impact van het besturen van drones gelijk aan het salaris en de trainingskosten van dronepiloten in Nederland. Hierbij sluiten we aan bij de SESAR-studie. Het aantal benodigde dronepiloten berekenen wij met SESAR-aannames over het aantal drones dat één piloot bestuurt (zie Tabel 2.5). De tabel laat zien dat in 2019 twee piloten één VLOS vliegende drone besturen: één piloot bestuurt de drone en de ander bestuurt de camera. Naar verwachting zal het aantal drones dat één piloot bestuurt toenemen. De reden hiervoor is dat een drone vanwege technologische innovatie steeds autonomer kan vliegen. Door de aannames over het aantal drones per piloot te combineren met onze inschatting van de ontwikkeling in het aantal drones in Nederland berekenen we het verwachte aantal dronepiloten in Nederland.

Tabel 2.5 Het aantal drones dat één dronepiloot bestuurd neemt naar verwachting toe in de toekomst

	Aantal drones dat één piloot bestuurt			
	2019	2025	2035	2050
VLOS vliegende drones	0,5	1	1	1
BVLOS vliegende drones voor inspectie	-	1	3	3
BVLOS vliegende drones voor vervoer pakketten	-	1	15	15
BVLOS vliegende drones voor langdurige inspectie	-	-	1	1
Upgrade naar een onbemand vliegtuig	-	-	1	3

Bron: SESAR (2016)

Noot: Wanneer in een bepaald jaar het vliegen met een bepaald dronetype juridisch en/of technisch nog niet mogelijk is, staat er een streepje in de tabel.

In overeenstemming met SESAR nemen we aan dat voor tachtig procent van de dronepiloten geldt dat het besturen van drones niet hun hoofdtaak is. Het besturen van drones is een extra taak, in aanvulling op hun bestaande werkzaamheden. Een voorbeeld hiervan is een landmeter die een drone bestuurt, maar ook nog steeds landkaarten maakt. Het besturen van drones in aanvulling op reguliere werkzaamheden levert geen extra werkgelegenheid op. In lijn met SESAR nemen wij daarom deze dronepiloten niet mee bij het berekenen van de economische impact van het besturen van drones.

De overige twintig procent van de dronepiloten heeft het besturen van drones wel als hoofdtaak. Bijvoorbeeld een dronepiloot die werkzaam is bij een bedrijf dat landinspecties met drones aanbiedt aan landbouwbedrijven. Deze banen leveren wel extra werkgelegenheid op en dragen daarom bij aan de economische impact van het besturen van drones.

Voor de hoogte van het salaris en de trainingskosten van piloten maken we gebruik van SESAR-aannames. Volgens SESAR bedraagt het salaris van een dronepiloot ten minste 30.000 euro en ten hoogste 125.000 euro (zie Tabel 2.6). De tabel laat zien dat de hoogte van het salaris afhangt van de vereiste technische expertise en de

¹⁴ De economische impact van drone services stellen wij dus niet 'bottom up' vast. Het bottom-up uitrekenen van de economische impact van elke drone service binnen elke sector valt buiten de reikwijdte van dit onderzoek.

verantwoordelijkheid van het werk. Een piloot die met een drone passagiers vervoert heeft bijvoorbeeld een hoger salaris dan een piloot die met een drone landinspecties uitvoert. Volgens SESAR bedragen de trainingskosten van piloten tussen 2.000 en 10.000 euro per jaar (zie Tabel 2.6). Ook deze hangen af van de vereiste technische expertise en de verantwoordelijkheid van het werk.

De economische impact van het besturen van drones berekenen we vervolgens door de extra werkgelegenheid vanwege drones te vermenigvuldigen met de relevante salaris- en trainingskosten.

Tabel 2.6 Piloten die dronevluchten met een hoog risico uitvoeren ontvangen het hoogste salaris

Type piloot	Jaarlijkse salariskosten	Jaarlijkse trainingskosten
Piloot die dronevluchten met een hoog risico uitvoert (zoals vluchten met passagiers)	125.000	10.000
Piloot die technisch complexe dronevluchten uitvoert	50.000	5.000
Piloot die eenvoudige dronevluchten uitvoert	30.000	2.000

Bron: SESAR (2016)

Noot: De bedragen zijn uitgedrukt in euro's van 2021

Economische impact onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones

In lijn met SESAR definiëren wij de economische impact van het onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones als de totale uitgaven hieraan in Nederland.¹⁵ We schatten deze uitgaven in met SESAR-kengetallen over de gemiddelde jaarlijkse uitgaven aan onderhoud en verzekering per drone (zie Tabel 2.7). SESAR rapporteert deze kengetallen uitsluitend voor de jaren 2035 en 2050. Daarom gebruiken wij voor de jaren 2019 en 2025 het kengetal voor 2035.

Tabel 2.7 laat zien dat de gemiddelde jaarlijkse uitgaven aan onderhoud en verzekering per drone in 2050 hoger zijn dan in 2035. De reden is dat er in 2050 relatief veel grote drones ingezet worden (bijvoorbeeld voor passagiersvervoer). De uitgaven aan onderhoud en verzekering voor dergelijke drones zijn relatief groot. SESAR rapporteert geen kengetallen voor drone-onderhoud en -verzekering afzonderlijk. Ook rapporteert SESAR geen afzonderlijke kengetallen per dronetype.

Tabel 2.7 De gemiddelde jaarlijkse uitgaven per drone aan onderhoud en verzekering zijn het hoogst in 2050

	2019	2025	2035	2050
Gemiddelde jaarlijkse uitgaven per drone aan onderhoud en verzekering	3.800	3.800	3.800	5.500

Bron: SESAR (2016)

Noot: De bedragen zijn uitgedrukt in euro's van 2021

We berekenen de economische impact van het onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones door het verwachte aantal drones in Nederland te vermenigvuldigen met de gemiddelde jaarlijkse uitgaven per drone aan onderhoud en verzekering.

¹⁵ De SESAR-methodologie kan verbeterd worden door de economische impact van het onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones gelijk te stellen aan de toegevoegde waarde die hierbij gegenereerd wordt. Dit is gelijk aan de omzet van bedrijven die drones onderhouden en verzekeren min de goederen en diensten van derden die zij in het productieproces gebruiken. Zodoende sluit de SESAR-methodologie aan bij de gangbare methodologie om economische impacts in te schatten.

Indirecte economische impact

Tot slot berekenen we de indirecte economische impact van de Nederlandse dronemarkt. Dit is de economische activiteit binnen de Nederlandse economie van bedrijven die leveren aan de drone-industrie. Bijvoorbeeld de economische activiteit van bedrijven die accu's voor drones maken. De indirecte economische impact van de Nederlandse dronemarkt berekenen we op basis van de gangbare verhouding tussen de directe economische impact en de indirecte economische impact voor vergelijkbare markten. Deze gegevens zijn afkomstig van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OECD).

2.2.2 Top-down berekening economische impact

De 'bottom-up' methode om de economische impact van drones te berekenen geeft de ondergrens van de daadwerkelijke economische impact. De reden is dat de aannames en kengetallen van SESAR - die wij in dit onderzoek gebruiken - betrekking hebben op de gehele Europese Unie. Omdat Nederland een innovatief land is, zal er in Nederland in vergelijking met de rest van de Europese Unie relatief veel gebruik worden gemaakt van drones. Ook zal de economische impact per drone in Nederland naar verwachting hoger zijn dan in de rest van de Europese Unie. Wanneer de aannames en kengetallen van SESAR gebruikt worden in de berekeningen komen deze aspecten niet terug in de resultaten.

Daarom berekenen wij de economische impact van drones voor Nederland ook op een andere manier, namelijk top-down. Hierbij vermenigvuldigen wij de economische impact van drones voor de gehele Europese Unie volgens SESAR met het aandeel van Nederland in de Europese Unie in termen van bruto binnenlands product (bbp, een maatstaf voor de grootte van een economie). Zodoende houden we er rekening mee dat Nederland een innovatief land is. Dergelijke landen hebben namelijk een relatief hoog bbp per hoofd van de bevolking. Door de uitkomsten van de top-down en bottom-up berekening te combineren resulteert een bandbreedte van de verwachte economische impact van drones.

2.2.3 Werkgelegenheid

Naast economische impact creëert de dronemarkt ook werkgelegenheid. We maken een inschatting van het totaal aantal banen dat de dronemarkt creëert door de totale economische impact van de dronemarkt te delen door de gemiddelde omzet per werknemer in de dronemarkt. De gemiddelde omzet per werknemer in de dronemarkt is afkomstig van SESAR. Deze bedraagt 116.000 euro. SESAR veronderstelt dat de productiviteit van werknemers in de dronemarkt constant blijft over de tijd.

Box 2.2 De economische impact van drones binnen de landbouwsector bedraagt in 2050 circa 50 miljoen euro

Economische impact droneproductie binnen de landbouwsector

De economische impact van droneproductie binnen de landbouwsector in 2050 is gelijk aan het aantal verkochte drones binnen deze sector in 2050 vermenigvuldigd met de bijbehorende verkoopprijzen (zie hoofdstuk 2.1). In 2050 koopt de landbouwsector uitsluitend drones ter vervanging van bestaande, afgeschreven drones. De potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector is namelijk volledig gerealiseerd vanaf 2035. Daarom blijft vanaf dat jaar het totaal aantal drones constant. Tabel 2.8 laat de berekening van de economische impact van droneproductie binnen de landbouwsector zien.

Tabel 2.8 De economische impact van droneproductie binnen de landbouwsector bedraagt circa 12 miljoen euro

Welk gebruik?	Type drone	Aantal drones in 2050 (Box 2.1)	Levensduur drone (Tabel 2.4)	Aantal te vervangen drones in 2050	Verkoopprijs in 2050	Economische impact droneproductie in 2050
Landinspectie	BVLOS voor inspectie	1455	4 jaar	364	€ 32.204	€ 11,7 miljoen
Besproeiing gewassen	BVLOS voor vervoer	44	4 jaar	11	€ 23.098	€ 254 duizend
Totaal						€ 12,0 miljoen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Noot: Het aantal te vervangen drones in 2050 = het aantal drones in 2050 / drone levensduur

De verkoopprijs in 2050 = de verkoopprijs in 2021 * $0,99^{29}$. Tabel 2.4 geeft de verkoopprijs van 2021 weer. Door deze verkoopprijs te vermenigvuldigen met $0,99^{29}$ houden we rekening met de daling van de verkoopprijs van drones over de tijd.

Economische impact droneservices binnen de landbouwsector

Volgens SESAR is de economische impact van droneservices gemiddeld genomen dubbel zo groot als de economische impact van droneproductie. De economische impact van droneservices binnen de Nederlandse landbouwsector in 2050 bedraagt daarmee circa 24 miljoen euro (2 x 12 miljoen euro).

Economische impact besturen van drones binnen de landbouwsector

De economische impact van het besturen van drones binnen de Nederlandse landbouwsector in 2050 is gelijk aan het salaris en de trainingskosten van de dronepiloten die in dat jaar binnen deze sector actief zijn. Tabel 2.9 laat de berekening zien.

Tabel 2.9 De economische impact van het besturen van drones binnen de landbouwsector bedraagt ongeveer 6 miljoen euro.

Welk gebruik?	Type drone	Aantal drones in 2050	Aantal drones per piloot in 2050 (Tabel 2.5)	Aantal piloten in 2050	Kosten salaris en training (Tabel 2.6)	% piloten met als hoofdtaak drone besturen	Economische impact besturen van drones in 2050
Land inspectie	BVLOS voor inspectie	1455	3	485	€ 60.000	20%	€ 5,8 miljoen
Besproeiing gewassen	BVLOS voor vervoer	44	15	3	€ 60.000	20%	€ 36 duizend
Totaal							€ 5,8 miljoen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Noot: Het aantal benodigde piloten in 2050 = het aantal drones in 2050 / het aantal drones per piloot in 2050

De economische impact van het besturen van drones = het percentage piloten met als hoofdtaak het besturen van drones * de salaris- en trainingskosten van de piloten * het aantal benodigde piloten

Economische impact onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones binnen de landbouwsector

De economische impact van onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones binnen de landbouwsector in 2050 is gelijk aan de totale uitgaven hieraan binnen deze sector in dat jaar. Tabel 2.10 geeft de berekening van deze impact weer.

Tabel 2.10 De economische impact van onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones binnen de landbouwsector in 2050 is ongeveer 8,2 miljoen euro

Welk gebruik?	Type drone	Aantal drones in 2050 (Box 2.1)	Jaarlijkse uitgaven onderhoud en verzekering per drone in 2050 (Tabel 2.7)	Economische impact onderhoud en verzekering drones in 2050
Landinspectie	BVLOS voor inspectie	1455	€ 5.500	€ 8 miljoen
Besproeiing gewassen	BVLOS voor vervoer	44	€ 5.500	€ 242 duizend
Totaal				€ 8,2 miljoen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Totaalbeeld

Tabel 2.11 geeft het totaalbeeld van de economische impact van drones binnen de landbouwsector in 2050 weer. De economische impact bedraagt naar schatting ongeveer 50 miljoen euro. Drone services nemen ongeveer de helft van de impact voor hun rekening.

Tabel 2.11 De totale economische impact van drones binnen de sector landbouw bedraagt naar schatting ongeveer 50 miljoen euro

Type economische impact	Hoogte economische impact
Droneproductie	€ 12,0 miljoen
Droneservices	€ 24,0 miljoen
Besturen van drones	€ 5,8 miljoen
Onderhoud en verzekering drones	€ 8,2 miljoen
Totaal	€ 50 miljoen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

3 Economische impact van drones

Het aantal drones binnen de onderzochte sectoren in Nederland groeit naar verwachting van circa 2.460 in 2019 naar 11.230 in 2050. De resulterende jaarlijkse economische impact bedraagt 103 tot 176 miljoen in 2019 en 374 tot 805 miljoen euro in 2050. Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening.

3.1 Resultaten op hoofdlijnen

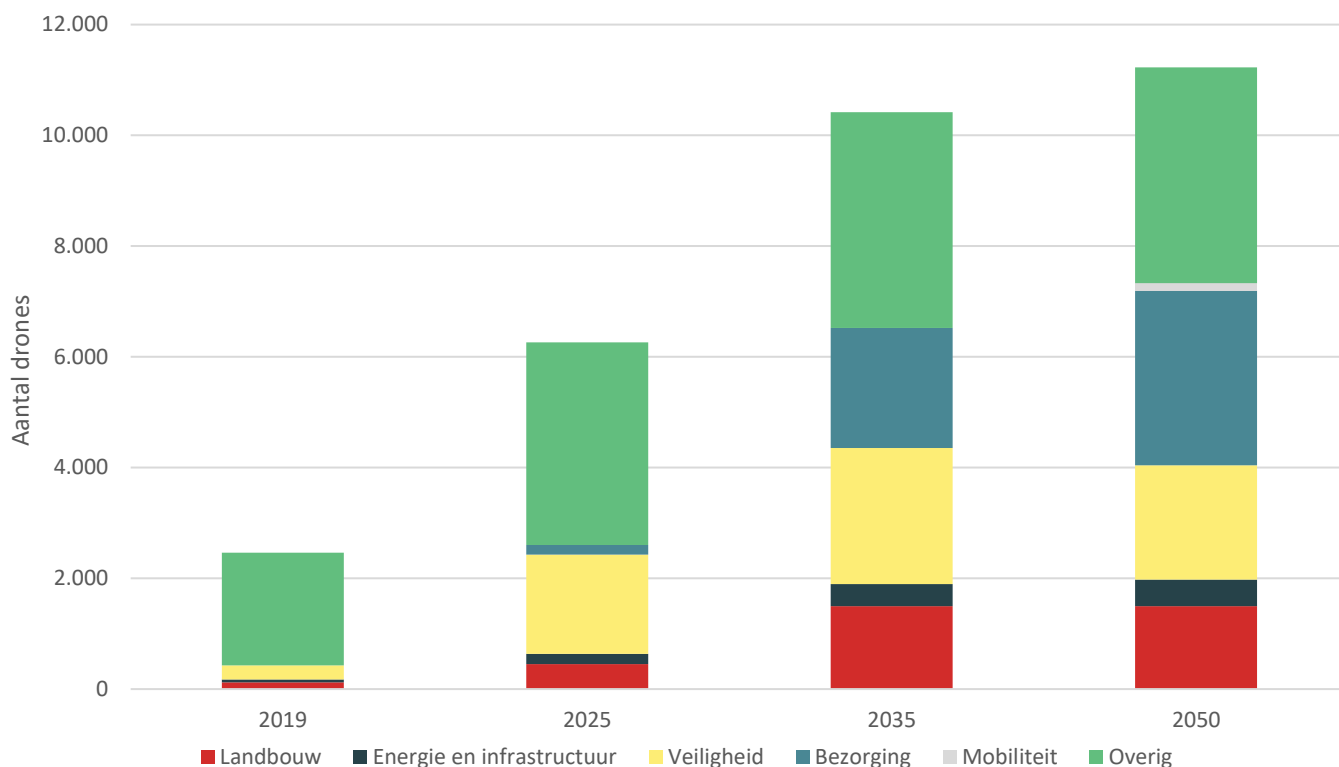
Aantal drones

Op basis van de methodologie – zoals beschreven in hoofdstuk 2 – en de gegevens en aannames uit Bijlage A bedraagt het aantal drones binnen de onderzochte sectoren in Nederland naar verwachting circa 11.230 in 2050 (zie Figuur 3.1). Ter herinnering, dit onderzoek richt zich op de volgende vijf sectoren: landbouw, energie en infrastructuur, veiligheid, bezorging en mobiliteit (zie paragraaf 1.3). Daar waar relevant gaat dit onderzoek ook in op de inzet van drones in zes overige sectoren.

Figuur 3.1 laat zien dat het aantal drones in de sector “overig” het hoogst is. Het betreft het totaal aantal drones voor de zes overige sectoren gezamenlijk. Het aantal drones binnen een afzonderlijke overige sector is over het algemeen lager dan het aantal drones binnen de vijf ‘hoofdsectoren’ in dit onderzoek. Binnen de overige sectoren worden voornamelijk VLOS vliegende drones gebruikt. Deze drones zijn technisch minder geavanceerd dan BVLOS vliegende drones en creëren daarom relatief weinig economische impact. Het relatieve belang van de overige sectoren neemt af over de tijd. Het marktaandeel van de overige sectoren in termen van drones neemt namelijk af van 83 procent in 2019 tot 35 procent in 2050.

De ontwikkeling in het aantal drones is in lijn met de economische theorie van de productlevenscyclus (zie paragraaf 2.1). Het aantal drones neemt namelijk tot 2035 sterk toe. Tussen 2035 en 2050 is de groei in het aantal drones nog maar beperkt. In deze periode raakt de vraag naar drones verzadigd.

Figuur 3.1 De ontwikkeling in het aantal drones in de sectoren bezorging en mobiliteit komt relatief laat op gang



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: Onder de overige sectoren vallen de volgende sectoren: bouwnijverheid, telecommunicatie, verzekeringswezen, media en entertainment, vastgoed, academisch onderzoek.

Opvallend is dat de ontwikkeling in het aantal drones in de bezorgings- en mobiliteitssector relatief laat op gang komt. De reden hiervoor is dat de technologie om met drones pakketjes of personen te vervoeren nog in ontwikkeling is. Daarnaast bestaan er onder de Nederlandse bevolking twijfels over de veiligheid van het gebruik van drones voor deze functies (Motivaction, 2021).

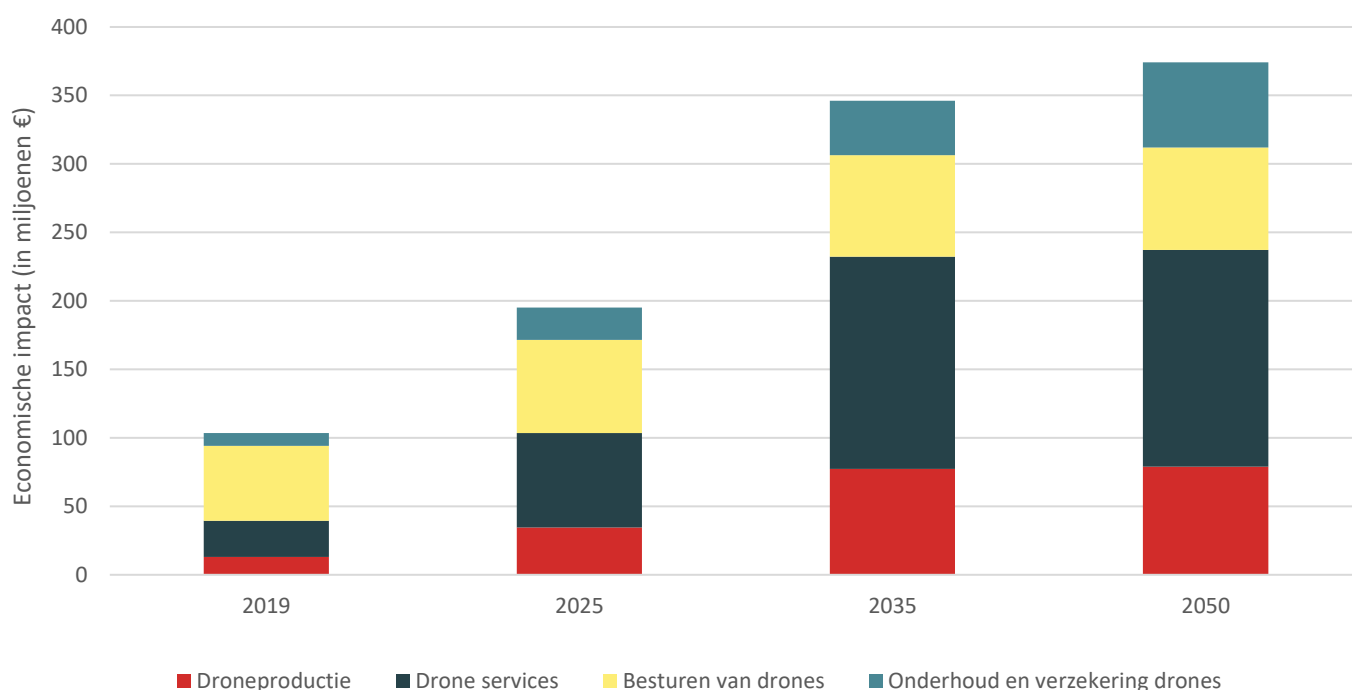
Het aantal drones in sectoren landbouw, energie & infrastructuur en veiligheid stijgt naar verwachting snel vanaf 2019 in Nederland. In de landbouwsector neemt het aantal drones toe van ongeveer 120 in 2019 naar 1500 in 2050. In de sector energie en infrastructuur ontwikkelt het aantal drones zich van zo'n 50 naar zo'n 480. Tot slot stijgt het aantal drones in de veiligheidssector van ongeveer 260 naar zo'n 2100. Een belangrijke verklaring voor de snelle stijging van het aantal drones binnen deze sectoren in de komende jaren is dat de noodzakelijke technologie voor het toepassen van drones in deze sectoren grotendeels al voorhanden is. Een andere verklaring is dat de maatschappelijke acceptatie van het gebruik van drones binnen deze sectoren groot is. Het betreft namelijk dronetoepassingen met een hoge maatschappelijke relevantie (in het geval van de sector veiligheid) of dronetoepassingen binnen dunbevolkte, afgelegen gebieden (in geval van de sector landbouw en energie & infrastructuur). Voor een uitgebreide bespreking van de maatschappelijke acceptatie van drones in Nederland verwijzen we naar Motivaction (2021). Paragraaf 3.2 bespreekt de ontwikkelingen per sector meer in detail.

Economische impact op basis van de kengetallen en aannames van SESAR (bottom-up)

De 'bottom-up' berekening van de economische impact van drones met de kengetallen en aannames van SESAR resulteert in een jaarlijkse economische impact van 103 miljoen euro in 2019 en 374 miljoen euro in 2050.

Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening. De services en het inzicht die drones bieden zijn immers de uiteindelijke reden waarom drones ingezet worden. Het onderhoud uitvoeren aan en verzekeren van drones levert de minste economische impact op. De economische impact van het besturen van drones neemt vanaf 2019 slechts beperkt toe. Dit is opvallend, omdat het aantal drones vanaf 2019 wel sterk stijgt. De verklaring hiervoor is dat het aantal drones dat een piloot bestuurt naar verwachting zal toenemen in de toekomst. Daardoor zal de economische impact van het besturen van drones, die door één drone wordt gecreëerd, afnemen.

Figuur 3.2 Droneservices nemen het grootste gedeelte van de economische impact voor hun rekening



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur
 Noot: De figuur geeft de resultaten weer in euro's van 2021.

In 2025 wordt het grootste deel van de jaarlijkse economische impact van drones in Nederland gecreëerd in de sectoren landbouw en veiligheid (zie Figuur 3.3). Het gebruik van drones in deze sectoren ontwikkelt zich namelijk relatief snel. In 2025 bedraagt de economische impact binnen de sector landbouw circa 22 miljoen euro en binnen de sector veiligheid ongeveer 47 miljoen euro. Vanaf 2035 nemen de sectoren bezorging en mobiliteit een relatief groot deel van de jaarlijkse economische impact voor hun rekening. Dit hangt samen met het feit dat de ontwikkeling in het aantal drones in deze sectoren relatief laat op gang komt. In 2050 bedraagt de economische impact binnen de sector bezorging ongeveer 75 miljoen euro en binnen de sector mobiliteit circa 25 miljoen euro.

De economische impact van drones binnen de sector energie en infrastructuur neemt ook sterk toe vanaf 2035. In deze sector zullen namelijk naar verwachting vanaf dat jaar drones worden ingezet om windenergie op te wekken. De hiervoor benodigde drones zijn geavanceerd. Daarom hebben zij een hoge aanschafwaarde. Daarnaast vereist het besturen van deze drones veel ervaring en technische expertise. Om deze redenen creëren deze drones veel economische impact.

Naar verwachting zal de jaarlijkse economische impact van drones in de sectoren landbouw, energie & infrastructuur en veiligheid dalen in 2050 ten opzichte van 2035. De belangrijkste reden hiervoor is dat de vraag naar drones

binnen deze sectoren verzadigd raakt. Daarnaast speelt mee dat de prijzen van drones in 2050 lager zijn dan in 2035, omdat de droneproductie efficiënter wordt door innovaties in het productieproces en schaalvoordelen (zie paragraaf 2.2). In een verzadigde markt heeft een prijsdaling slechts een beperkt effect op de vraag. Om die reden leidt de prijsdaling tot een daling van de omzet van droneproducten, en dus tot een afname van de economische impact van droneproductie.

Over de periode 2019 tot 2050 neemt het aantal drones (+356 procent) meer toe dan de totale economische impact (+262 procent). Daarom daalt de economische impact per drone van circa 42.000 euro in 2019 naar ongeveer 33.000 euro in 2050 (zie Tabel 3.1). De reden hiervoor is dat de sector bezorging in de toekomst steeds belangrijker wordt. Binnen deze sector is de economische impact per drone het laagst (circa 24.000 euro in 2050). Een drone voor bezorging heeft namelijk een beperkte capaciteit: in lijn met SESAR nemen we in dit onderzoek aan dat een drone voor bezorging circa 19 pakketten per dag bezorgt (zie bijlage A). Om die reden genereert één drone voor bezorging weinig economische impact.

De economische impact per drone binnen de sector mobiliteit is het hoogst, namelijk 175.000 euro in 2050 (zie Tabel 3.1). De drones binnen deze sector zijn groot en technisch geavanceerd, omdat zij gebruikt worden om passagiers te vervoeren. Daarom hebben deze drones een hoge aanschafwaarde en creëren zij veel economische impact van productie. Daarnaast is het besturen van drones met passagiers een verantwoordelijke taak die ook veel expertise vereist. Daarom genereren deze drones ook relatief veel economische impact van dronebesturing. In Tabel 3.1 valt ook op dat de economische impact van drones binnen de sector energie en infrastructuur stijgt van circa 53.000 euro in 2019 naar ongeveer 124.000 euro in 2050. De reden hiervoor is de introductie binnen deze sector van drones voor het opwekken van windenergie. Zoals hiervoor besproken, genereren deze drones veel economische impact.¹⁶

Tabel 3.1 De economische impact per drone is het laagst in de sector bezorging

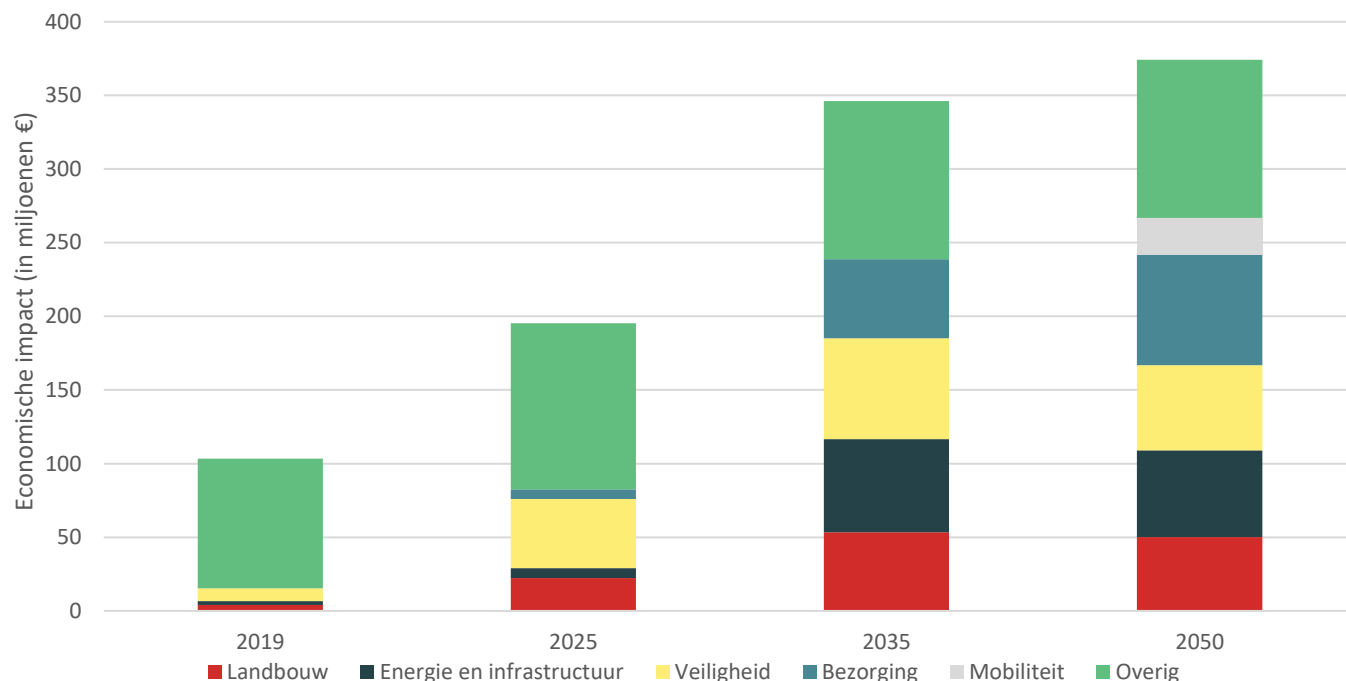
Sector	Economische impact per drone	
	2019	2050
Landbouw	€ 34.000	€ 33.000
Energie en infrastructuur	€ 53.000	€ 124.000
Veiligheid	€ 34.000	€ 28.000
Bezorging	-	€ 24.000
Mobiliteit	-	€ 175.000
Overig	€ 43.000	€ 28.000
Totaal	€ 42.000	€ 33.000

Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: De figuur geeft de resultaten weer in euro's van 2021. Bedragen zijn afgerond op duizendtallen. De sector bezorging en mobiliteit gebruikt in 2019 nog geen drones. Daarom is het niet mogelijk om voor deze sectoren in 2019 de economische impact per drone vast te stellen.

¹⁶ De jaarlijkse indirecte economische impact van drones in Nederland bedraagt naar schatting circa 93 miljoen euro in 2019 en ongeveer 337 miljoen euro in 2050. De indirecte economische impact is de economische activiteit binnen de Nederlandse economie van bedrijven die leveren aan de drone industrie. Bijvoorbeeld de economische activiteit van bedrijven die accu's voor drones maken. Zoals de 'MKBA werkwijzer voor de luchtvaart' aangeeft, zijn inschattingen van de indirecte economische impact met veel onzekerheid omgeven. Daarom besteden we weinig aandacht aan dit type impact in dit onderzoek.

Figuur 3.3 De economische impact van drones binnen de sector bezorging en mobiliteit groeit sterk vanaf 2035



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: De figuur geeft de resultaten weer in euro's van 2021.

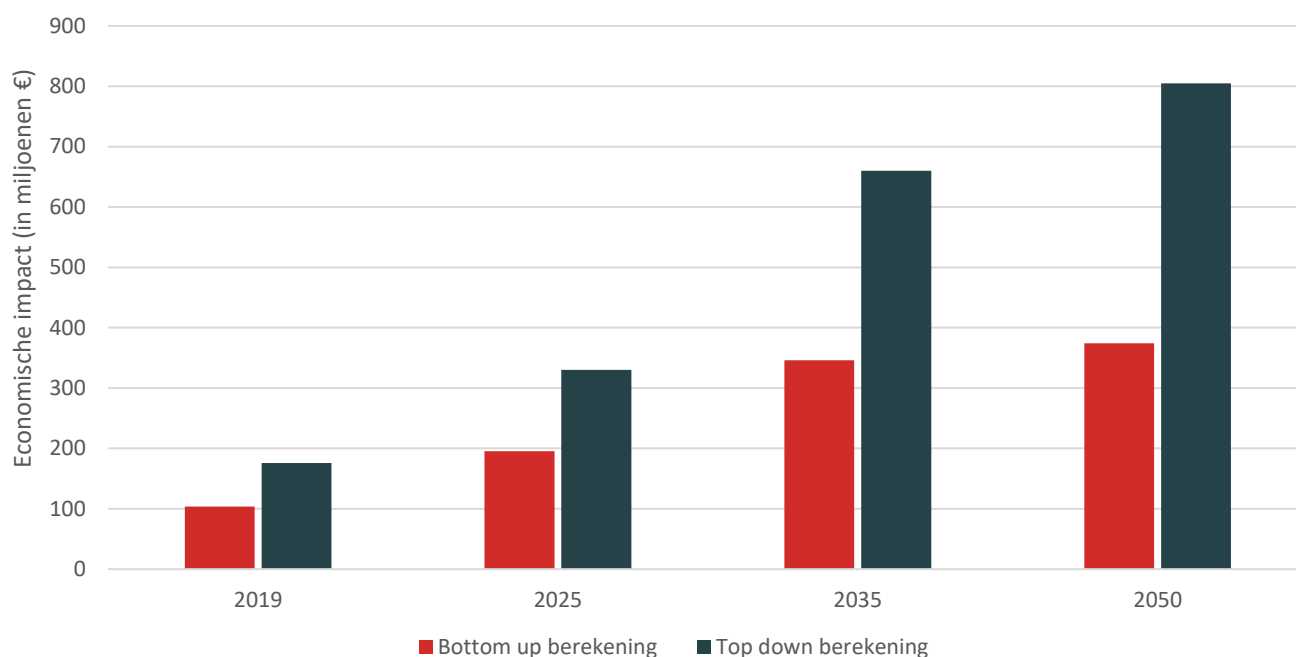
Onder de overige sectoren vallen de volgende sectoren: bouwnijverheid, telecommunicatie, verzekeringswezen, media en entertainment, vastgoed, academisch onderzoek.

Resultaten 'top-down' berekening economische impact

Op basis van de 'top-down' berekening van de economische impact van drones – zoals beschreven in de methodologie – bedraagt de jaarlijkse economische impact 176 miljoen euro in 2019 en 805 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.4). De economische impact van drones volgens de top-down berekening is ongeveer tachtig procent hoger dan de hiervoor besproken economische impact volgens de bottom-up berekening. De reden hiervoor is dat de bottom-up berekening een ondergrens van de verwachte economische impact geeft (zie hoofdstuk 2).

Door de uitkomsten van de top-down en bottom-up berekening te combineren resulteert een bandbreedte van de verwachte economische impact van drones (zie Figuur 3.4). Volgens deze bandbreedte bedraagt de jaarlijkse economische impact 103 tot 176 miljoen euro in 2019 en 374 tot 805 miljoen euro in 2050.

Figuur 3.4 Volgens de 'top-down' berekening bedraagt de economische impact van drones voor Nederland circa 805 miljoen euro in 2050



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur
 Noot: De figuur geeft de resultaten weer in euro's van 2021.

Tabel 3.2 rapporteert de economische impact van drones voor 2050 volgens de bottom-up en top-down benadering per type economische impact. De tabel laat zien dat het relatieve belang van de verschillende type economische impacts vergelijkbaar is voor de bottom-up en top-down benadering.

Tabel 3.2 Het relatieve belang van de verschillende type economische impacts verschilt weinig tussen de top-down en bottom-up berekening

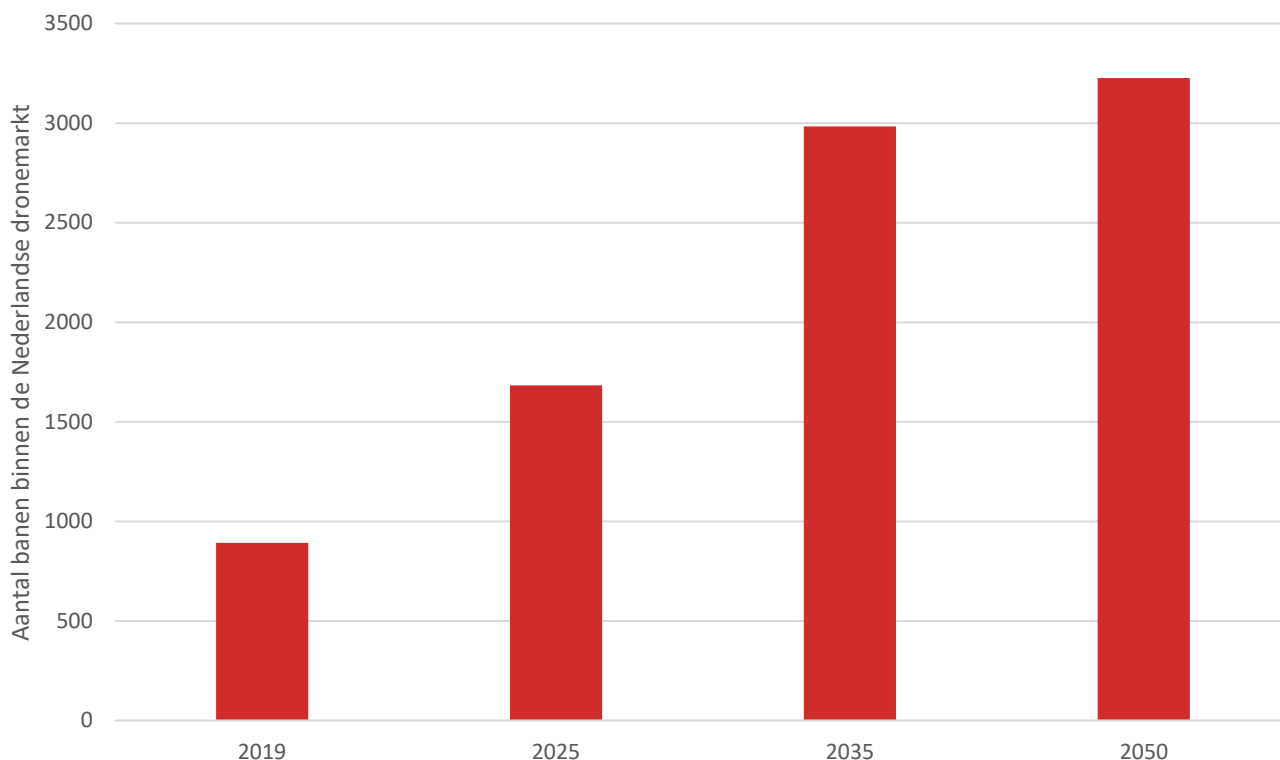
Type economische impact	Uitkomst voor Nederland in 2050			
	Bottom-up berekening		Top-down berekening	
		Aandeel		Aandeel
Droneproductie	€ 79 miljoen	21%	€ 150 miljoen	19%
Droneservices	€ 158 miljoen	42%	€ 390 miljoen	48%
Besturen van drones	€ 75 miljoen	20%	€ 150 miljoen	19%
Onderhoud en verzekering	€ 62 miljoen	17%	€ 115 miljoen	14%
Totaal	€ 374 miljoen	100%	€ 805 miljoen	100%

Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Werkgelegenheid

Naast economische impact creëert de dronemarkt ook werkgelegenheid. Op basis van de methodologie - zoals omschreven in hoofdstuk 2 - bedraagt het aantal banen binnen de Nederlandse dronemarkt circa 1.680 in 2025 en ongeveer 3.230 in 2050 (zie Figuur 3.5).

Figuur 3.5 Het aantal banen binnen de Nederlandse dronemarkt bedraagt ruim 3.200 in 2050



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

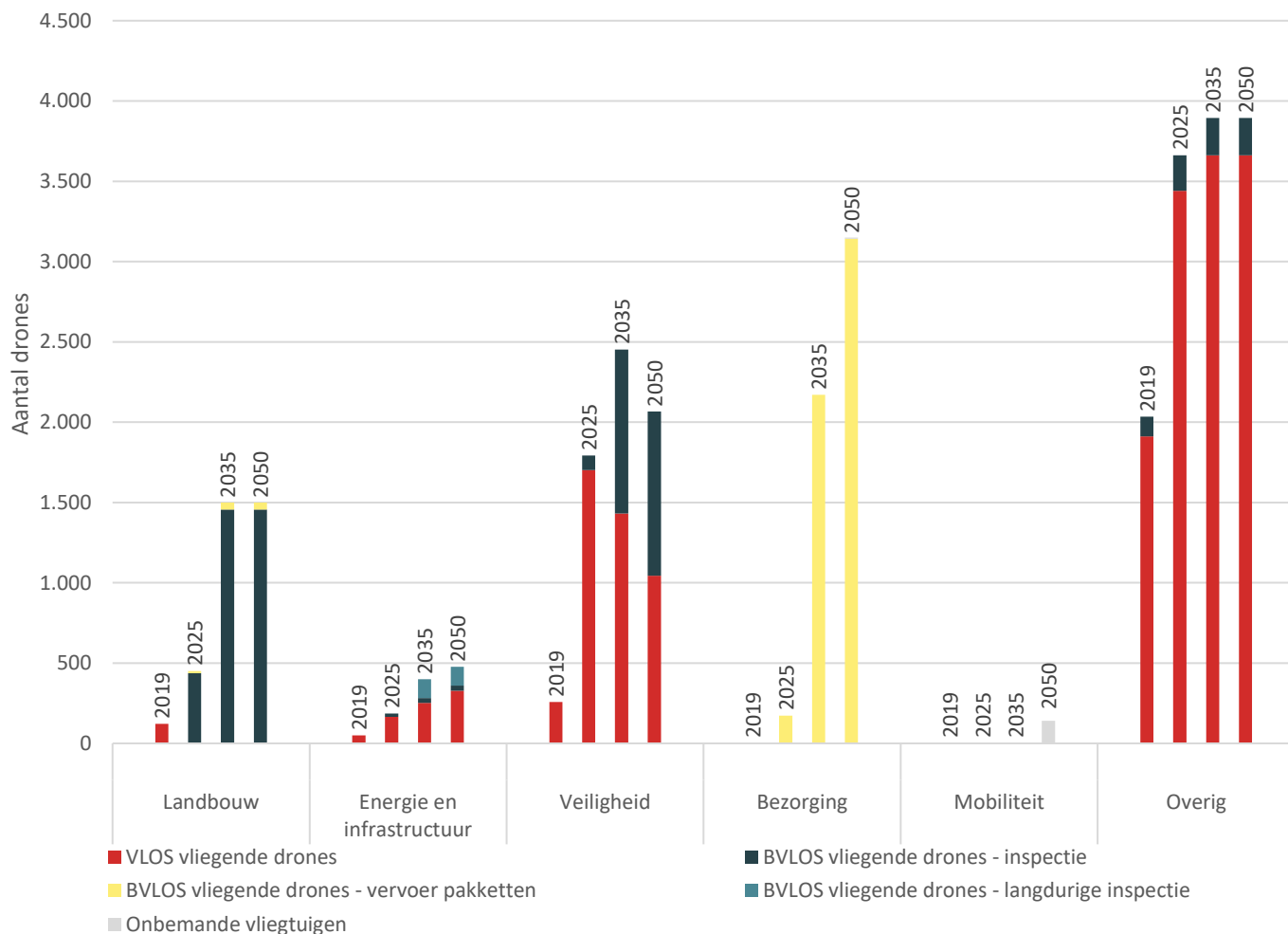
De dronemarkt biedt niet alleen maar werk aan dronepiloten. Het gaat bijvoorbeeld ook om werktuigbouwkundigen die drones ontwikkelen, produceren of repareren. Nederlandse werktuigbouwkundigen spelen een voortrekkersrol bij de ontwikkeling van innovatieve drones. Voorbeelden hiervan zijn drones die ongedierte bestrijden of windenergie opwekken.¹⁷

3.2 Ontwikkelingen per sector

In deze paragraaf gaan we dieper in op de ontwikkeling in het aantal drones en de economische impact daarvan per sector. We bespreken deze ontwikkelingen aan de hand van Figuur 3.5 en Figuur 3.6. Figuur 3.5 beschrijft de ontwikkeling in het aantal drones per sector. Hierbij zijn de drones uitgesplitst naar dronetype. De figuur laat zien dat de sectoren veiligheid, bezorging en overig de meeste drones gebruiken. Figuur 3.6 laat de ontwikkeling van de economische impact van drones zien binnen elke sector. Hierbij is de economische impact uitgesplitst naar type economische impact. De figuur toont dat binnen de sector overig drones de meeste economische impact creëren. Droneservices nemen het grootste gedeelte van de economische impact voor hun rekening.

¹⁷ Zie bijvoorbeeld: <https://pats-drones.com/> en <https://www.ampyxpower.com/>.

Figuur 3.6 Het aantal drones in de overige sectoren is het hoogst

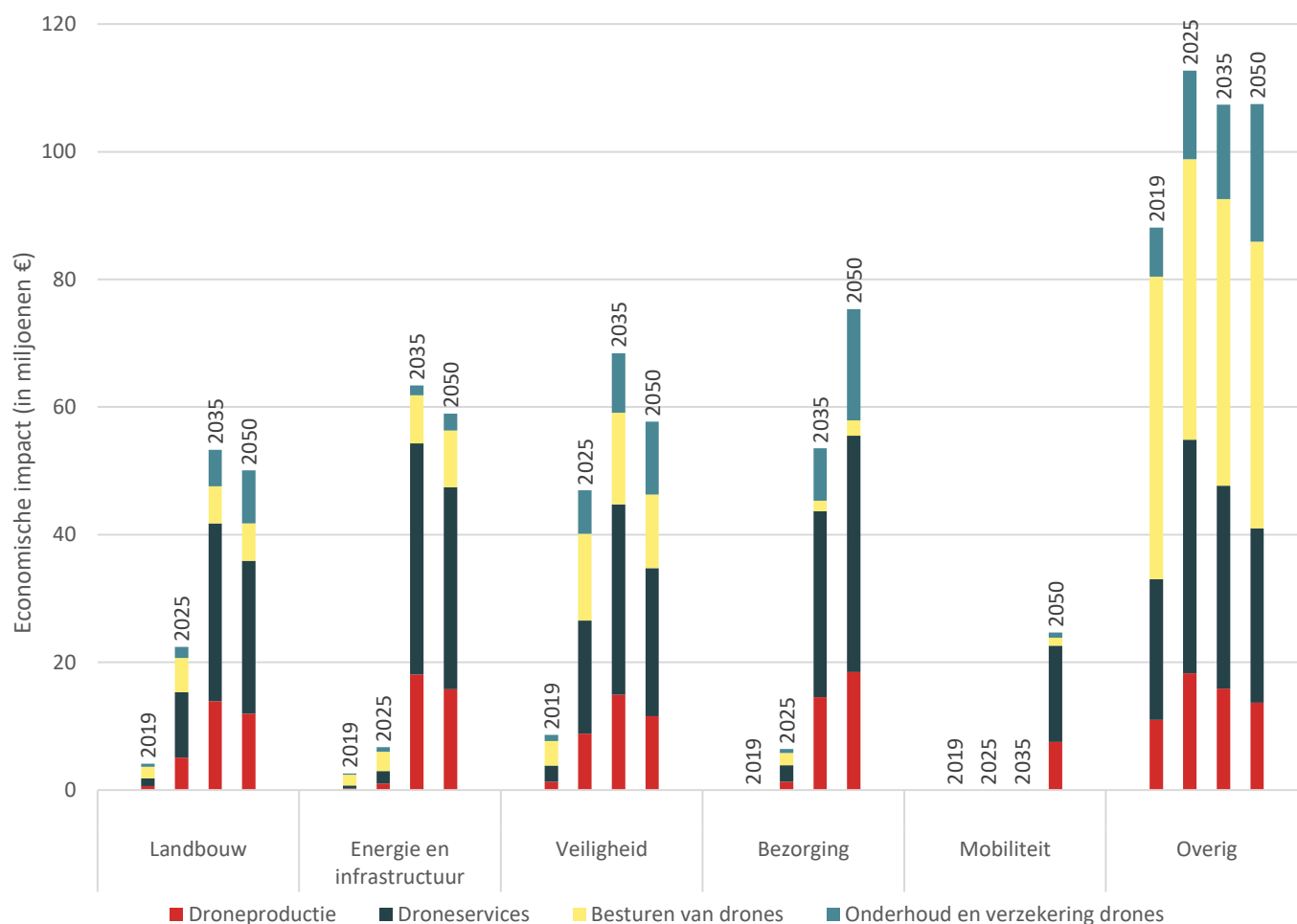


Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: Het aantal drones binnen de sector mobiliteit bedraagt in 2019, 2025 en 2035 nul

Onder de overige sectoren vallen de volgende sectoren: bouwnijverheid, telecommunicatie, verzekeringswezen, media en entertainment, vastgoed, academisch onderzoek.

Figuur 3.7 Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening.



Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/Eurostat data en kengetallen vanuit de literatuur

Noot: De economische impact van drones binnen de sector mobiliteit bedraagt in 2019, 2025 en 2035 nul. Onder de overige sectoren vallen de volgende sectoren: bouwnijverheid, telecommunicatie, verzekeringswezen, media en entertainment, vastgoed, academisch onderzoek.

Landbouw

Naar verwachting stijgt het aantal drones dat de landbouwsector in Nederland gebruikt van minder dan 150 in 2019 naar ruim 1400 in 2050 (zie Figuur 3.6). De landbouwsector zet drones vooral in om gewassen te inspecteren. Door drone-opnames te analyseren is een boer bijvoorbeeld in staat om onkruid op zijn land op te sporen. De landbouwsector zal drones naar verwachting ook inzetten om gewassen te besproeien. Echter, het is slechts beperkt mogelijk om drones voor dit doeleinde te gebruiken. Het gewicht dat een drone kan vervoeren is namelijk gelimiteerd. Het is daarom vooral voor kleine landbouwbedrijven rendabel om met drones gewassen te besproeien.¹⁸

¹⁸ Het is op dit moment in Nederland niet toegestaan om drones te gebruiken voor het besproeien van gewassen. Om het gebruik van drones voor dit doeleinde mogelijk te maken is aanpassing van bestaande wetgeving een noodzakelijke voorwaarde.

In 2019 gebruikt de landbouwsector uitsluitend VLOS vliegende drones (zie Figuur 3.6). De reden hiervoor is dat vliegen met BVLOS vliegende drones op dit moment nog niet toegestaan is in Nederland. Na de invoering van wetgeving die de inzet van BVLOS vliegende drones mogelijk maakt zullen VLOS vliegende drones naar verwachting in hoog tempo vervangen worden door BVLOS vliegende drones binnen de landbouwsector. We nemen aan dat deze wetgeving vóór 2025 beschikbaar is.

Volgens de 'bottom-up' berekening van de economische impact bedraagt de jaarlijkse economische impact van dronegebruik binnen de Nederlandse landbouwsector in totaal ruim 22,4 miljoen euro in 2025 en 50,1 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.7). Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening. De jaarlijkse economische impact van dronesservices voor de landbouwsector bedraagt ruim 10,2 miljoen euro in 2025 en neemt toe tot zo'n 23,9 miljoen euro in 2050. Een voorbeeld van een droneservice voor de landbouwsector is de ontwikkeling van software die met dronebeelden vaststelt waar extra irrigatie nodig is.

Energie en infrastructuur

Naar verwachting stijgt het aantal drones in de sector "energie en infrastructuur" in Nederland van ongeveer 75 in 2019 naar ongeveer 480 in 2050. De sector energie en infrastructuur zet drones voornamelijk in voor het uitvoeren van inspecties. Drones zijn namelijk uitermate geschikt hiervoor. Zo beschikken drones vrijwel altijd over een camera. Daarnaast zijn drones dankzij hun kleine formaat in staat om moeilijk toegankelijke plekken te bereiken. Er zijn talloze mogelijkheden om drones in te zetten voor inspecties. In dit onderzoek richten wij ons op de volgende type inspecties:

- Het inspecteren van energiecentrales (bijvoorbeeld windmolens, kerncentrales et cetera);
- Het inspecteren van nutsleidingen (hoogspanningsmasten, et cetera);
- Het inspecteren van infrastructuur. We richten ons op de inspectie van bruggen, sluizen en waterkeringen door Rijkswaterstaat;
- De meeste drones worden gebruikt voor het inspecteren van energiecentrales (zie Tabel 3.3).

Figuur 3.6 laat zien dat de sector "energie en infrastructuur" zowel VLOS vliegende drones als BVLOS vliegende drones inzet. Naar verwachting zullen inspecteurs van energiecentrales en infrastructuur gebruikmaken van VLOS vliegende drones. Tijdens de inspectie kan de drone namelijk in het zicht van de inspecteur blijven. Inspecteurs van nutsleidingen zullen naar verwachting wel gebruikmaken van BVLOS vliegende drones. De inspecteurs kunnen een BVLOS vliegende drone namelijk op afstand van hoogspanningsmast naar hoogspanningsmast laten vliegen. Bij gebruik van een VLOS vliegende drone zou de inspecteur genooddakt zijn de drone per auto naar elke hoogspanningsmast te vervoeren. PwC (2021) geeft aan dat het gebruik van BVLOS vliegende drones in plaats van VLOS vliegende drones bij het inspecteren van hoogspanningsmasten een kostenbesparing van ongeveer 34 procent oplevert.

Tabel 3.3 Aantal drones per type inspectie

Type inspectie	Aantal drones			
	2019	2025	2035	2050
Inspectie energiecentrales	50	150	220	300
Inspectie nutsleidingen	0	20	30	30
Inspectie infrastructuur (bruggen, sluizen en waterkeringen)	0	20	30	30
Totaal	50	190	280	360

Bron: Analyse SEO

Noot: De getallen zijn afgerond op hele tientallen.

De sector "energie en infrastructuur" zal drones naar verwachting ook inzetten voor het opwekken van windenergie.¹⁹ Het aantal drones voor het opwekken van windenergie bedraagt naar schatting circa 120 in 2035.²⁰ Een drone voor het opwekken van windenergie is met een kabel aan een lier verbonden. Tijdens de dronevlucht wordt de kabel steeds verder uitgerold. De lier werkt vervolgens als een dynamo die stroom opwekt. Een drone voor het opwekken van windenergie vliegt op circa 450 meter hoogte. Hierdoor wordt geprofiteerd van de sterke wind op die hoogte. Deze wind beweegt de drone voort.²¹ Drones wekken efficiënter windenergie op dan windturbines. De bouwconstructie die nodig is voor het opwekken van windenergie met drones is bijvoorbeeld beperkt in vergelijking met windturbines. Daarnaast opereren drones op grotere hoogte dan windturbines. Op grote hoogte is de wind sterker en stabiel (Cherubini, 2020).

Volgens de 'bottom-up' modelberekeningen bedraagt de jaarlijkse economische impact van drones binnen de sector energie en infrastructuur in totaal circa 6,7 miljoen euro in 2025 en ongeveer 59 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.7). De economische impact van droneproductie binnen deze sector schatten wij op circa één miljoen euro in 2025 en 15,8 miljoen euro in 2050. Het grootste deel van deze economische impact wordt gecreëerd door het produceren van drones voor windenergie. Deze drones zijn namelijk geavanceerd en hebben daarom een hoge verkoopprijs. Ook binnen de sector energie en infrastructuur nemen droneservices het grootste gedeelte van de economische impact voor hun rekening. De economische impact van droneservices binnen deze sector bedraagt circa twee miljoen euro in 2025 en ongeveer 31,6 miljoen euro in 2050.

Veiligheid

Naar verwachting stijgt het aantal drones binnen de sector veiligheid in Nederland van ongeveer 260 in 2019 naar bijna 2500 in 2035 (zie Figuur 3.6). Er bestaan veel mogelijkheden om drones te gebruiken binnen de sector veiligheid. In de modelberekeningen richten we ons op het volgende gebruik:²²

- Gebruik van drones door politie en brandweer;
- Gebruik van drones door de reddingsbrigade;

¹⁹ Het is op dit moment in Nederland niet toegestaan om met drones in het hoge luchtruim te vliegen. Om het gebruik van drones voor het opwekken van windenergie mogelijk te maken is aanpassing van bestaande wetgeving een noodzakelijke voorwaarde.

²⁰ In deze rapportage delen we de drones voor windenergie in in de categorie "BVLOS vliegende drones voor langdurige inspectie". De reden hiervoor is dat beide typen drones vanuit een grond control station worden bestuurd en dat ze allebei relatief groot zijn.

²¹ <https://www.change.inc/energie/vliegtuig-wekt-windenergie-op-boven-zee-30333>

²² Naast de in deze opsomming genoemde organisaties maken de douane, kustwacht, de Onderzoeksraad voor de Veiligheid en waterschappen ook gebruik van drones.

- Gebruik van drones voor incidentmanagement op vaarwegen, autowegen en het spoor.

Het aantal drones bij de politie en brandweer stijgt van 250 in 2019 naar 2280 in 2025. Vervolgens neemt het aantal drones weer af naar 1890 in 2050 (zie Tabel 3.4). De reden voor deze daling is dat vanaf 2025 de politie en brandweer VLOS vliegende drones naar verwachting gaan vervangen door BVLOS vliegende drones. Terwijl VLOS vliegende drones worden meegenomen op een politie- of brandweerauto, opereren BVLOS vliegende drones vanuit een brandweerkazerne of politiebureau. Grondpiloten op deze locaties besturen de BVLOS vliegende drones. Een BVLOS vliegende drone die opereert vanuit een centrale locatie kan efficiënter ingezet worden dan een VLOS vliegende drone. Om die reden vervangt één BVLOS vliegende drone meerdere VLOS vliegende drones.

Naar schatting bedraagt het aantal drones bij de reddingsbrigade 90 in 2035 (zie Tabel 3.4). Drones zijn van toegevoegde waarde bij het redden van drenkelingen. Zo heeft de Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij (KNRM) samen met onder meer TNO een drone ontwikkeld die drenkelingen detecteert op basis van lichaamswarmte.²³ Reddingswerkers kunnen deze drone meenemen op de reddingsboot.

Bij incidentmanagement op vaarwegen, autowegen en het spoor komen drones ook van pas. Rijkswaterstaat gebruikt momenteel al drones voor incidentmanagement op vaarwegen. In 2021 had Rijkswaterstaat hiervoor vijftientwintig VLOS vliegende drones in gebruik (RWS, 2020). Door het gebruik van drones zijn incidenten op vaarwegen 15 tot 30 procent sneller af te handelen.²⁴

Naar verwachting bedraagt het aantal drones voor incidentmanagement op vaarwegen, autowegen en het spoor 50 in 2025 en 80 in 2035 en 2050 (zie Tabel 3.4). Vanaf 2025 zetten inspecteurs van incidentmanagement diensten naar verwachting uitsluitend BVLOS vliegende drones in. De reden hiervoor is dat bij het gebruik van dit type drone het niet meer nodig is dat een incidentmanager de plek van de calamiteit bezoekt. Grondpiloten kunnen immers de BVLOS vliegende drone naar de plek van de calamiteit laten vliegen. Met de dronebeelden zijn inspecteurs vervolgens in staat om een inschatting te maken van de ernst van het incident en de passende maatregelen

Naar schatting bedraagt de jaarlijkse economische impact van drones binnen de veiligheidssector circa 47 miljoen euro in 2025 en 58 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.7). De economische impact van drones binnen deze sector neemt tussen 2035 en 2050 af met circa 15 procent. Daarmee noteert deze sector de sterkste daling van de economische impact in deze periode. De reden voor deze daling is dat de vraag naar drones binnen deze sector verzadigd raakt. De jaarlijkse economische impact van dronesservices voor de veiligheidssector bedraagt ruim 17,7 miljoen euro in 2025 en stijgt naar zo'n 23,2 miljoen euro in 2050.

²³ Zie: <https://innovationorigins.com/nl/knrm-test-inzet-van-drones-bij-reddingsacties/>

²⁴ <https://www.computable.nl/artikel/achtergrond/magazine/6949573/5215853/drones-nemen-bij-rijkswaterstaat-een-hoge-vlucht.html>

Tabel 3.4 Aantal drones per type veiligheidsdienst

Type veiligheidsdienst	Aantal drones			
	2019	2025	2035	2050
Politie en brandweer	250	1700	2280	1890
Reddingsbrigade	0	50	90	90
Incident management vaar-, auto- en treinverkeer	10	50	80	80
Totaal	260	1800	2450	2060

Bron: Analyse SEO

Noot: De getallen zijn afgerond op hele tientallen.

Bezorging

Het aantal drones binnen de sector bezorging in Nederland bedraagt naar verwachting 3.140 in 2050. Vooral vanaf 2025 neemt het aantal drones binnen deze sector sterk toe. De sector bezorging gebruikt drones vooral voor pakketbezorging. Volgens de modelschattingen groeit het aantal drones voor pakketbezorging in Nederland naar circa 175 in 2025, 2.170 in 2035 en 3.140 in 2050. De groei in het aantal drones voor pakketbezorging komt dus relatief laat op gang. De inzet van drones heeft vooral toegevoegde waarde bij spoedbezorgingen van pakketjes, omdat snelheid het belangrijkste voordeel is van drones. Een voorbeeld is de bezorging van medicijnen. Als de bezorgsnelheid in beperkte mate van belang is, is de inzet van een bestelbus voor pakketbezorging doorgaans kostenefficiënter (Aurambout, 2019).

Pakketbezorging met drones op grote schaal is uitsluitend realistisch, wanneer een grondpiloot meerdere BVLOS vliegende drones monitort. De kosten per dronevlucht bij een-op-een besturing van een VLOS vliegende drone bedragen namelijk naar schatting 22 euro (KiM, 2017). Daarom zal de bezorgsector naar verwachting alleen BVLOS vliegende drones inzetten bij het bezorgen van pakketten.

Op de lange termijn zullen drones naar verwachting ook ingezet worden bij het vervoeren van cargo. Volgens de modelberekeningen zijn er in 2050 in Nederland circa zeven onbemande cargovliegtuigen / drones.

Volgens de modelberekeningen bedraagt de jaarlijkse economische impact van drones binnen de bezorgingssector in totaal ruim 6,5 miljoen euro in 2025 en ruim 75,3 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.7). De relatief late ontwikkeling van dronegebruik binnen de bezorgingssector verklaart de relatief lage impact in 2025 ten opzichte van 2050. De jaarlijkse economische impact van dronesservices voor de bezorgingssector bedraagt zo'n 2,6 miljoen euro in 2025 en stijgt naar ruim 37 miljoen euro in 2050. Een voorbeeld van een droneservice voor de sector bezorging is het leveren van software die de drones van een pakketdienst managet. De economische impact van het besturen van drones binnen de bezorgingssector bedraagt 1,9 miljoen euro in 2025 en 2,4 miljoen euro in 2050. In vergelijking met de andere sectoren is deze impact opvallend klein. De reden hiervoor is dat binnen de bezorgingssector een piloot veel drones tegelijkertijd bestuurt. Daardoor creëert de inzet van een drone weinig economische impact van het besturen van drones.

Mobiliteit

Naar verwachting zullen drones in de toekomst ook een rol spelen in de sector mobiliteit. Hierbij vervoeren drones passagiers door de lucht. Drones die passagiers over grote afstanden vervoeren zullen doorgaans even groot zijn als conventionele passagiersvliegtuigen. De verwachting is dat deze drones vaak omgebouwde

passagiersvliegtuigen zullen zijn (SESAR, 2016). Volgens de modelberekeningen zijn er in 2050 in Nederland circa 140 onbemande vliegtuigen.

Drones zijn ook geschikt om passagiers over korte afstanden te vervoeren, bijvoorbeeld binnen een stad. Dergelijke drones worden in de literatuur "luchttaxi's" genoemd. Het is de vraag of het aanbieden van luchttaxiritten rendabel zal zijn. Wat betreft energie-efficiëntie is een drone namelijk minder geschikt voor korte afstanden, omdat een drone bij het opstijgen en landen relatief veel energie verbruikt. De verwachting is dat uitsluitend reizigers met een hoge reistijdwaardering interesse zullen hebben in luchttaxiritten (KiM, 2017). Gezien de onzekerheid omtrent de ontwikkeling van de luchttaxi hebben we deze niet meegenomen in de modelberekeningen.

Naar schatting bedraagt de jaarlijkse economische impact van drones binnen de mobiliteitssector in totaal ruim 24,7 miljoen euro in 2050 (zie Figuur 3.7). Door de relatief late ontwikkeling van het dronegebruik binnen de mobiliteitssector speelt deze sector nog geen rol in de economische impact in 2025 en 2035. De economische impact van het besturen van drones in deze sector is opvallend laag, namelijk 1,3 miljoen euro in 2050. De reden is dat deze sector slechts 140 drones gebruikt in 2050.

Overige sectoren

We hebben ook de ontwikkeling van het dronegebruik (en de economische impact daarvan) voor deze zes sectoren berekend: bouwnijverheid, telecommunicatie, verzekeringswezen, media en entertainment, vastgoed, academisch onderzoek (zie paragraaf 1.3 voor een beschrijving van deze sectoren). Het aantal drones binnen de overige sectoren bedraagt naar verwachting circa 3.660 in 2025 en circa 3.895 in 2050. Binnen deze sectoren worden voornamelijk VLOS vliegende drones gebruikt. Volgens de modelberekeningen bedraagt de jaarlijkse economische impact van drones in de overige sectoren in totaal circa 112,7 miljoen euro in 2025 en ongeveer 107,8 miljoen euro in 2050.

4 Externe effecten

Drones voeren taken in de meeste gevallen uit met enkele tientallen tot duizenden malen minder CO₂-emissies dan traditionele alternatieven. Bovendien leidt de inzet van drones in een aantal toepassingen tot veiligheidsbaten vergeleken met alternatieve invulling van de toepassingen. Wanneer drones in hoge frequentie in de buurt van burgers vliegen kunnen er ongewenste neveneffecten optreden als privacy-inbreuk, neerstortgevaar of visuele hinder en geluidshinder.

4.1 Inleiding

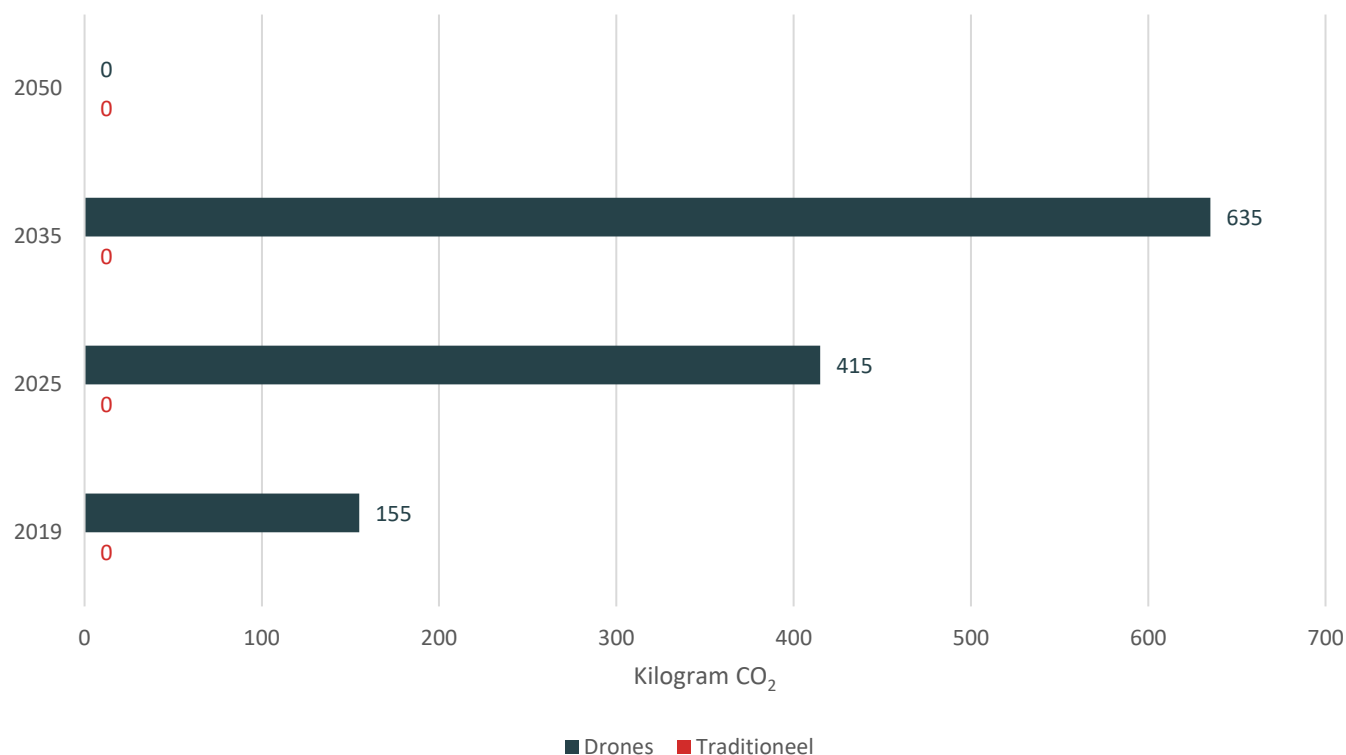
Onder de maatschappelijke kosten en baten van drones vallen externe effecten. Een deel van het onderzoek focust daarom op het bepalen van de externe effecten van drones op duurzaamheid en de leefomgeving. Deze externe effecten hebben we vergeleken per toepassing en afgezet tegen de traditionele manier van het uitvoeren van deze taak. Dus kortom, welke externe effecten worden gegenereerd door drones, en welke externe effecten worden voorkomen met het vervangen van traditionele uitvoering door drones? De effecten spelen naar verwachting voornamelijk op het gebied van CO₂-emissies, visuele hinder, geluidshinder, veiligheid en verkeersstremming. We bespreken de externe effecten per sector per toepassing en per effect.

4.2 Landbouw

Monitoren

In deze toepassing monitoren drones gewassen en vee om bijvoorbeeld in kaart te brengen waar gewassen het best groeien, waar de grond droog is of waar ziektes zitten. Onze aanname is dat deze taken traditioneel te voet werden uitgevoerd. Dit betekent dat de traditionele uitvoering van deze taken geen externe effecten kent. Wanneer deze taken met drones uitgevoerd worden ontstaan er wel externe effecten in de vorm van CO₂-emissies.

De jaarlijkse CO₂-emissies stijgen door tot ruim 600 kilogram CO₂ in 2035. Deze stijging ontstaat doordat het aantal hectare dat gemonitord wordt door de jaren toeneemt. De groei wordt echter wel geremd door de procentuele afname van het aandeel grijze stroom in de elektriciteitsmix. We verwachten dat in 2050 alle elektriciteit groen wordt opgewekt, waardoor de emissies dalen naar nul kilogram CO₂ per jaar. Vergeleken met de traditionele manier van land monitoren ontstaat er uiteindelijk dus een negatief extern effect op het gebied van duurzaamheid.

Figuur 4.1 Jaarlijkse CO₂-uitstoot van door drones gemonitorde landbouwgrond

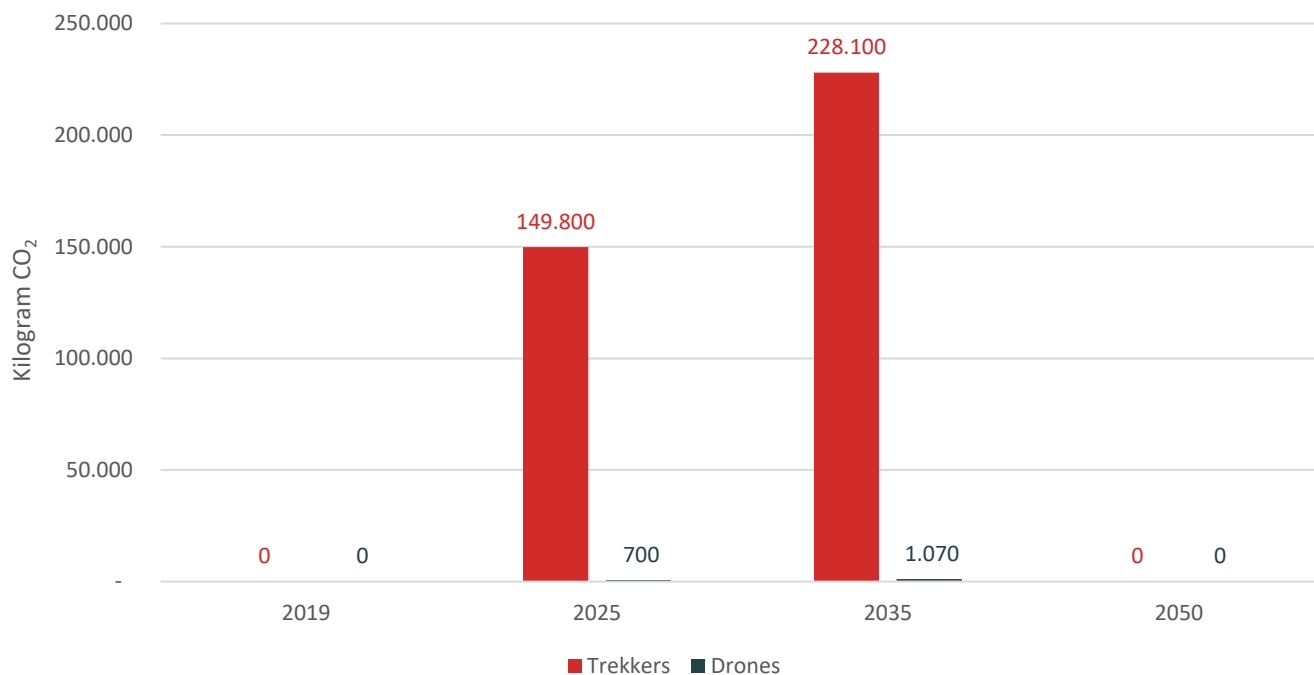
Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Gewassenbesproeiing

In deze toepassing verspreiden drones pesticiden over landbouwgrond. Traditioneel worden deze taken met landbouwtrekkers uitgevoerd. De overgang van trekkers naar drones leidt tot een verandering in een tweetal externe effecten. Allereerst verandert de CO₂-uitstoot door deze overgang. Verder verandert door precisielandbouw ook het gebruik van schadelijke stoffen voor de leefomgeving.

Vergeleken met drones is de CO₂-uitstoot van trekkers groot. Hier zitten dus grote duurzaamheidsbaten. Op de hectares waar drones naar verwachting in 2025 pesticiden verspreiden is de CO₂-uitstoot van deze drones 700 kilogram. De CO₂-uitstoot zou bijna 150.000 kilogram bedragen wanneer de pesticiden nog steeds met trekkers verspreid zouden worden op deze hectares. Het aantal hectares neemt tot 2035 procentueel sterker toe dan dat het deel van traditionele energiebronnen in de energiemix afneemt. Hierdoor stijgt de CO₂-uitstoot van drones en de door drones voorkomen CO₂-uitstoot van trekkers tot 2035. In 2050 zouden zowel de drone als de trekker klimaatneutraal pesticiden verspreiden. De uitstoot per hectare bouwt naar verwachting procentueel gezien met dezelfde snelheid af voor zowel trekkers als drones. De drone-uitstoot en de voorkomen uitstoot van de trekker dalen allebei met ongeveer 52 procent tussen 2025 en 2035. Absoluut gezien zijn er grote verschillen. In 2035 voorkomen drones jaarlijks bijna 80.000 kilogram CO₂ meer dan in 2025. Daar tegenover staat een kleine absolute groei van 370 kilogram CO₂ in jaarlijkse drone-uitstoot tussen 2025 en 2035.

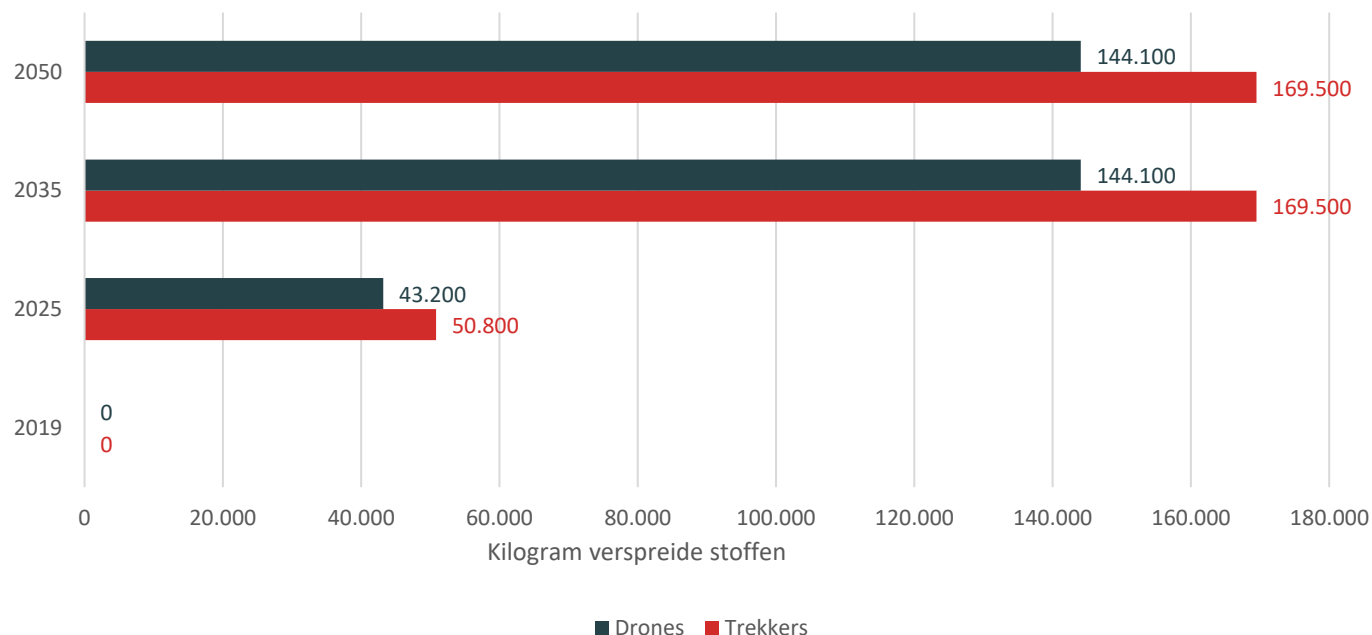
Figuur 4.2 Jaarlijkse CO₂-uitstoot voor het verspreiden van pesticiden

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Drones maken daarnaast precisielandbouw makkelijker. Ze kunnen locatiegericht pesticiden verspreiden zodat het gebruik van pesticiden af kan nemen met 15 procent. Hoewel de kwantiteit lastig te benaderen valt, kunnen we wel zeggen dat minder schadelijke stoffen in de leefomgeving het behoud van biodiversiteit stimuleren. Het verschil tussen de alternatieven is dus te zien als de reductie in pesticidegebruik op de hectares die door drones onderhouden worden. In 2019 werden voor deze toepassing nog geen drones gebruikt. Daarom staan zowel het pesticidegebruik van drones, als het voorkomen pesticidegebruik door drones op nul.

Figuur 4.3 Jaarlijks pesticidegebruik op door drones onderhouden land



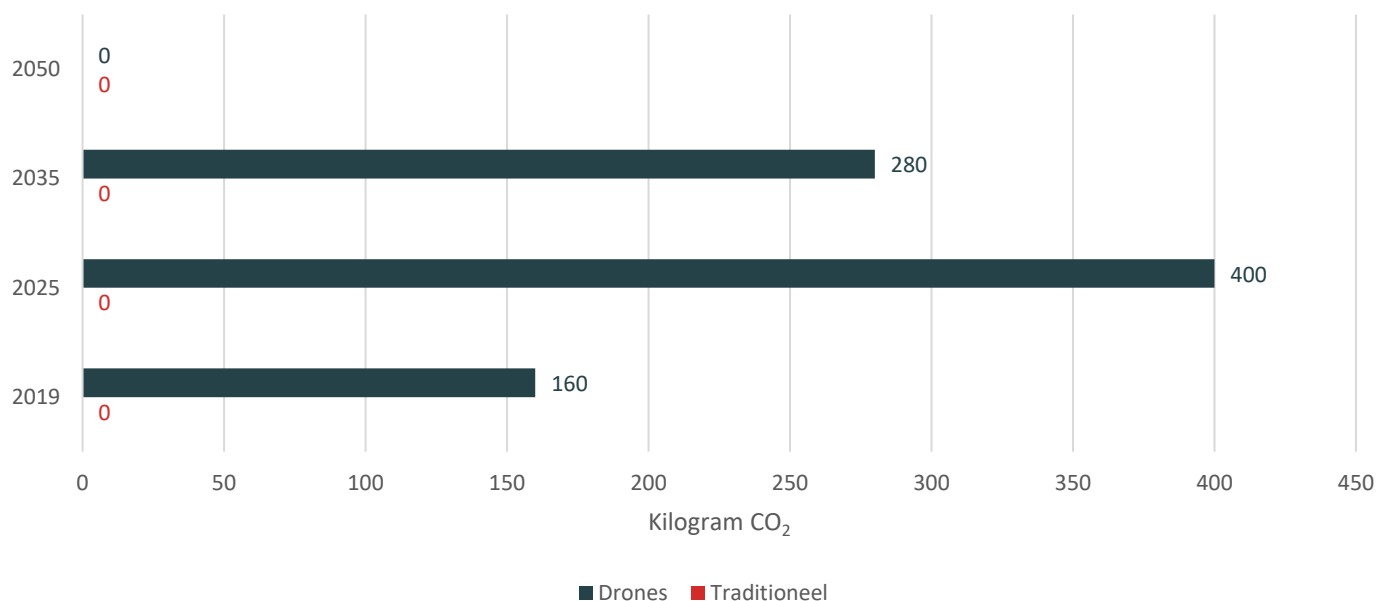
Bron: Decisio

4.3 Energie en infrastructuur

Inspecties energiecentrales

Drones kunnen ook worden ingezet voor de inspectie van energiecentrales. Bij de inzet van drones voor inspecties nemen we aan dat er drie voornaamste externe effecten opspelen of veranderen. Drones hebben wederom een invloed op de uitstoot van CO₂ en dus een invloed op duurzaamheid. Verder zijn er ook externe veiligheidseffecten. Door de inzet van drones verminderen allereerst de gevaarlijke situaties voor personeel dat inspecties uitvoert. Daarnaast kunnen zwakke plekken ook eerder herkend worden doordat drones op plekken kunnen komen waar mensen niet kunnen komen.

De jaarlijkse CO₂-uitstoot voor de inspectie van energiecentrales neemt toe. Dit komt doordat we de aanname uit SESAR (2016) overnemen dat drones extra zijn en alleen fysiek werk van de inspecteur overnemen. Tussen 2019 en 2025 neemt de jaarlijkse CO₂-uitstoot toe van 160 naar 400 kilogram per jaar. Hierna neemt de uitstoot af tot nul in 2050 door het verdwijnen van grijze stroom.

Figuur 4.4 Jaarlijkse CO₂-uitstoot voor het inspecteren van energiecentrales

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Vanuit het afwegingsmodel voor drone-inzet van Rijkswaterstaat uit de Handreiking inspecteren met drones is er een aantal incidenten genoemd die kunnen voorkomen bij een inspectie. Deze verschillen uiteraard per inspectie, maar in dit geval is er gekeken naar de afweging voor drone-inzet bij het inspecteren van de Eilandbrug. In deze afweging zijn mogelijke incidenten met verschillende risico's beschreven die zijn gebaseerd op verschillen in ernst, waarschijnlijkheid en frequentie van ongevallen bij inspecties. Als we de gemiddelde risico's van deze gebeurtenissen vergelijken tussen drones en traditionele inspecties, dan zien we dat de kans op een incident met dezelfde schade bijna 20 keer groter is voor traditionele inspecties. Omdat vergelijkbare cijfers voor inspecties aan energiecentrales niet gevonden zijn gaan we uit van vergelijkbare risicoverhoudingen tussen drone- en traditionele inspecties bij energiecentrales.

Daarnaast kunnen drones ook op locaties komen waar de inspecteur anders geen zicht op heeft. Dit vergroot de inspectiemogelijkheden en vergroot daarmee ook de kans dat zwakke plekken gedetecteerd kunnen worden. Hiermee wordt een deel van eventuele toekomstige calamiteiten voorkomen. De voorkomen schades van deze calamiteiten kunnen in grote mate verschillen en zijn uiteraard afhankelijk van verschillende factoren waardoor de voorkomen schade moeilijk te kwantificeren is.

Inspectie van kunstwerken Rijkswaterstaat

De inspecties aan kunstwerken van Rijkswaterstaat lijken in externe effecten op de inspecties aan energiecentrales. Ook bij deze inspecties zitten er baten in de vermindering van gevaarlijke werkzaamheden voor inspecteurs en het vaker voorkomen van toekomstige calamiteiten. Er zit een verschil met de inspecties van energiecentrales wat CO₂-uitstoot betreft. Doordat deze inspecties traditioneel met andere voertuigen worden gedaan ontstaan er duurzaamheidsbaten. De alternatieven waartegen we drones afzetten zijn schepen en hoogwerkers. Bovendien kunnen drones in deze toepassing ook verkeersstremmingen voorkomen.

Om de alternatieven goed te kunnen vergelijken gaan we uit van verschillende scenario's. In het eerste scenario worden alle inspecties uitgevoerd door drones, in het tweede scenario voeren patrouillevaartuigen alle inspecties uit en in het laatste scenario voeren hoogwerkers alle inspecties uit. In 2019 worden er nog geen drones gebruikt waardoor de uitstoot van drones en de voorkomen uitstoot van alternatieven nog nul is. In 2025 en 2035 is de uitstoot door drones voor Rijkswaterstaat inspecties vergeleken met de alternatieven. Voor dezelfde uitstoot kan een drone dezelfde inspectie ongeveer veertig tot vijftig keer vaker uitvoeren dan een schip en ongeveer veertig keer vaker dan een hoogwerker. Het uitvoeren van deze inspecties met een drone levert dus relatief grote duurzaamheidsbaten op. In 2050 gaan we uit van klimaatneutraliteit waardoor de CO₂-uitstoot voor alle inspecties weer nul is.

Tabel 4.1 Jaarlijkse CO₂-uitstoot in kilogram voor met drones uitgevoerde RWS-inspecties

Alternatief	Emissies			
	2019	2025	2035	2050
Drones	0	770	700	0
Schepen	0	34.600	31.600	0
Hoogwerkers	0	31.400	28.700	0

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Bij de veiligheidsbaten voor inspectiepersoneel van energiecentrales gingen we uit van een voorbeeld van een Rijkswaterstaat inspectie. Dit voorbeeld is uiteraard het meest relevant voor de toepassing van Rijkswaterstaat inspecties. Daarom gaan we er ook hier vanuit dat het risico op een ongeval met dezelfde schade voor de inspecteur ongeveer 20 keer groter is bij een inspectie met traditionele middelen dan bij een inspectie met een drone. Door de verschillen in te inspecteren objecten kan deze risicoverhouding in grote mate verschillen bij inspecties.

Ook voor Rijkswaterstaat inspecties geldt dat drones locaties kunnen inspecteren die niet te inspecteren zijn met de traditionele middelen. Hierdoor worden zwakke plekken beter gedetecteerd en kunnen calamiteiten vaker worden voorkomen. Per object zijn er grote verschillen in de potentiële schade bij calamiteiten en de mate waarin drones kunnen inspecteren op plekken waar een inspecteur niet bij komt. Potentiële schades bij calamiteiten kunnen aanzienlijk zijn en drones hebben een groter bereik bij inspecties. Hierdoor kan drone-inzet tot aanzienlijke baten leiden bij het vaker voorkomen van calamiteiten.

Drones kunnen daarnaast inspecties uitvoeren zonder daarmee verkeershinder te creëren. Inspecties zouden vaker uitgevoerd kunnen worden zonder dat (vaar)wegen afgezet moeten worden. Dit leidt tot een tweetal effecten. Allereerst ontstaat er tijdswinst. Voor de door drones uitgevoerde inspecties wordt naar verwachting geen verkeer gehinderd. De door drones gegenereerde tijdswinst, afgezet tegen het blokkeren van (vaar)wegen bedraagt naar verwachting bijna vijf miljoen uur in 2025. Dit loopt op tot een jaarlijks aantal van bijna tien miljoen uur in 2050. Uiteraard zijn deze uren verdeeld over alle weggebruikers. Daarnaast reduceert het voorkomen van verkeersstremmingen ook CO₂-uitstoot. Als we ervan uitgaan dat de helft van de mensen gemiddeld drie kilometer omrijdt door verkeersstremmingen, dan zorgt dit voor een extra CO₂-uitstoot. Dit kan voorkomen worden door de inzet van drones. De verwachting is dat drones via dit mechanisme 5 miljoen kilogram CO₂-uitstoot voorkomen in 2025, wat afzakt tot ruim 4,5 miljoen in 2035 en nul in 2050. Deze reductie ontstaat door vergroening van transport.

Inspectie van elektriciteitsbekabeling

Voor de inspectie van elektriciteitsbekabeling gelden dezelfde externe effecten als voor andere inspecties. Het verschil met andere inspecties is de inzet van grotere drones met een langer uithoudingsvermogen. Traditioneel worden deze inspecties uitgevoerd door een combinatie van helikoptervluchten en autoritten.

Omdat er verschillende alternatieven zijn gaan we weer uit van verschillende scenario's waarin telkens alle inspectiewerkzaamheden met één van de voertuigen wordt uitgevoerd. In 2019 worden deze inspecties nog niet met drones uitgevoerd, hierdoor zijn de drone-uitstoot en de voorkomen uitstoot van alternatieven nog nul. In 2025 en 2035 is de voorkomen CO₂-uitstoot van alternatieven door de inzet van drones aanzienlijk groter dan de CO₂-uitstoot door elektriciteitsgebruik van drones. Voor dezelfde uitstoot kan een drone dezelfde inspectie ongeveer honderd keer vaker uitvoeren dan een auto en bijna tienduizend keer vaker dan een helikopter. Volgens SESAR (2016) is de verwachting dat drones de inspecties vier keer vaker uit gaan voeren dan de alternatieven. In 2050 is de CO₂-uitstoot voor alle alternatieven weer nul door een groene energiemix.

Tabel 4.2 Jaarlijkse CO₂-uitstoot in kilogram voor met drones uitgevoerde elektriciteitsbekabelinginspecties

Alternatief	Emissies			
	2019	2025	2035	2050
Drones	0	5.200	3.550	0
Auto's	0	147.300	100.400	0
Helikopters	0	1.508.000	1.027.900	0

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

De inspectie van elektriciteitsbekabeling met drones genereert ook veiligheidsbaten voor inspectiepersoneel. Omdat er voor deze inspecties geen inspecteur op locatie hoeft te zijn, gaan de veiligheidsrisico's voor inspecteurs naar nul.

Omdat drones naar verwachting vier keer vaker gaan inspecteren dan nu wordt gedaan is de verwachting dat zwakke plekken ook eerder worden waargenomen waardoor calamiteiten vaker worden voorkomen.

De veiligheid voor de leefomgeving kan ook veranderen omdat gedeeltes van elektriciteitsinfrastructuur in de buurt van mensen komen. Neerstortingsgevaar kan daarmee een bedreiging vormen voor de leefomgeving. De verandering van deze veiligheidseffecten tegenover substituten, in positieve of negatieve vorm, kunnen niet worden gekwantificeerd omdat getallen hiervoor ontbreken.

Windenergie

Vastgebonden drones kunnen ook worden ingezet om op een hoogte van 450 meter energie op te wekken. Wanneer we deze toepassing afzetten tegen windmolens vinden we enkele invloeden op externe effecten. Het vervangen van windmolens door drones leidt tot externe effecten op het gebied van de leefomgeving, en meer specifiek op visuele hinder en biodiversiteit.

Een windopwekkende drone heeft een vermogen van 600 kilowatt. Een moderne windmolen heeft een vermogen van drie megawatt. Dit betekent dat er vijf drones nodig zijn om een moderne windmolen te vervangen. Aan de ene kant is dit een verergering van visuele hinder. Aan de andere kant is het ook zo dat de draden van drones dun zijn en dus niet te vergelijken zijn met een windmolen. De drone zelf is ook niet goed te zien, mede vanwege de hoogte

waarop deze zich bevindt. Het is daarom lastig te zeggen of deze substitutie voor positieve of negatieve externe effecten zorgt op het gebied van visuele hinder.

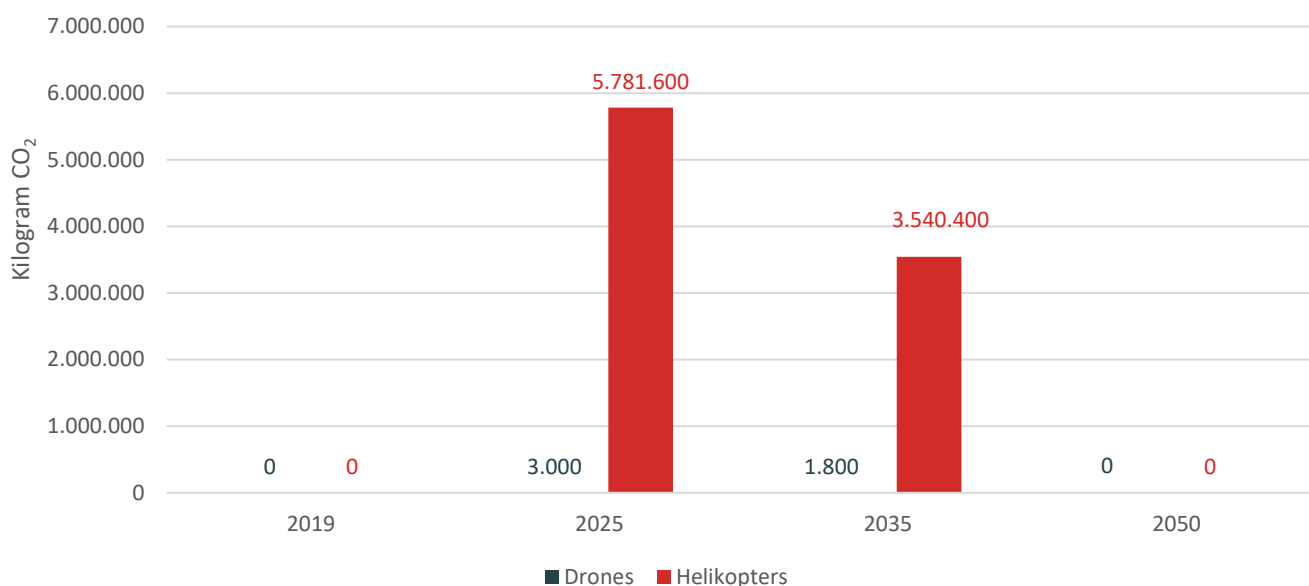
Wat biodiversiteit betreft, leidt de substitutie van windmolens naar drones tot positieve effecten. Naar schatting kwamen er in 2019 2.145 vogels om doordat ze doodgeslagen zijn door windmolens. Dit probleem geldt niet voor drones. De meeste vogels vliegen in hun leven namelijk niet hoger dan 150 meter. Deze grens ligt 300 meter lager dan de locatie van de drones.

4.4 Veiligheid

Politie en brandweer

Drones kunnen zowel lokaal als op afstand gebruikt worden door de politie en brandweer om de veiligheid te verhogen. Bij deze inzet vervangen ze veelal helikopters. Het is echter logisch dat drones vaker ingezet worden dan helikopters omdat drones makkelijker in te zetten zijn. Een groot deel van de drone-inzet voor politie en brandweer is dus extra. De externe effecten van drone-inzet bij politie en brandweer lopen uiteen. Allereerst vinden we een verandering in CO₂-uitstoot. Daarnaast vinden we een aantal veiligheidsbaten en invloeden op privacy en de leefomgeving. Deze externe effecten ontstaan doordat drones zich in de buurt van burgers bevinden. Ook organisaties als de douane zetten drones in. Deze toepassingen vallen buiten de scope van het onderzoek, maar genereren maatschappelijke kosten en baten in dezelfde categorie als de politie en brandweer.

We gaan uit van een gemiddelde inzet van een drone van twee keer een half uur in de week. De totale jaarlijkse CO₂-uitstoot van politie- en brandweerdrones zou in dit geval uitkomen op circa 3 duizend kilogram CO₂ in 2025. Als al deze inzet zou worden ingevuld door helikopters, dan zou de CO₂-uitstoot ongeveer 2 duizend keer zo hoog zijn. Voor een enkele helikopter zouden dus ongeveer 2.000 drones kunnen vliegen wat CO₂-uitstoot betreft. Richting 2050 neemt de uitstoot van drones en helikopters af naar nul door het vervangen van fossiele brandstoffen. De procentuele ontwikkeling van drone-uitstoot en door drones voorkomen uitstoot is gelijk aan elkaar. Tussen 2025 en 2035 dalen beiden met 40 procent. Dit komt doordat de uitstoot per gevlogen kilometer naar verwachting procentueel gezien met dezelfde snelheid afbouwt voor zowel helikopters als drones. Absoluut gezien zijn er grote verschillen. Tussen 2025 en 2035 bedraagt de afname in jaarlijks voorkomen helikopteruitstoot ruim 2 miljoen kilogram CO₂, terwijl de afname in jaarlijkse drone-uitstoot slechts duizend kilogram CO₂ bedraagt.

Figuur 4.5 Jaarlijkse CO₂-uitstoot voor inzet brandweer- en politiedrones

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Doordat het inzetten van drones makkelijker is dan het inzetten van helikopters zal het vaker gebeuren. Dit leidt ertoe dat mensen in nood sneller geholpen kunnen worden en dat criminelen makkelijker opgepakt kunnen worden. Beide effecten leiden tot veiligheidsbaten.

Als drones worden ingezet voor het opsporen van criminelen, zullen andere burgers ook geobserveerd worden. Dit leidt tot een inbreuk op de privacy, wat een negatief extern effect is van de inzet van extra drones.

Bij het vervangen van helikopters valt er geluidshinder weg. Waar een helikopter te horen is en als hinderlijk wordt ervaren, valt het geluid van een overvliegende drone op honderd meter hoogte weg in het omgevingsgeluid.

Drones kunnen wel voor visuele hinder zorgen. Als we ervan uitgaan dat een drone jaarlijks twee keer in de week een half uur over bebouwd gebied vliegt, dan passeren de politie- en brandweerdrones in 2025 jaarlijks ruim vijftien miljoen mensen die de drones hinderlijk vinden voor deze toepassing. Het aantal kan meerdere keren voor dezelfde persoon tellen en gaat er vanuit dat de acceptatie van drones voor deze toepassing constant blijft. Doordat helikopters beter zichtbaar zijn zou dit aantal voor een gelijk aantal kilometers bijna tachtig miljoen zijn. Deze aantallen blijven redelijk stabiel over de tijd.

Een ander eventueel extern effect betreft de veiligheid. Drones kunnen neerstorten, wat leidt tot negatieve effecten. Dit is een risico omdat drones zich in de buurt van burgers bevinden bij deze toepassing. Helikopters hebben ook een neerstortingsgevaar, maar de verwachting is dat drones vaker ingezet zullen worden dan helikopters. Wel is het zo dat het neerstorten van een kleine drone niet tot hetzelfde gevaar leidt als het neerstorten van een helikopter.

Reddingsbrigade

De soorten veranderingen in externe effecten voor drone-inzet bij de reddingsbrigade lijken op de externe effecten van politie- en brandweerinzet. Het inzetten van een drone in plaats van een helikopter leidt tot minder CO₂-emissies, een veiligere samenleving, inbreuk op privacy en veranderingen in visuele hinder en geluidshinder.

De uitstoot van drones bij de reddingsbrigade is laag. Dit komt voornamelijk doordat er weinig drones zijn bij de reddingsbrigade. De verwachte jaarlijkse uitstoot is twintig kilogram CO₂ in 2025, achttien kilogram CO₂ in 2035 en geen uitstoot in 2050. De drones uit deze toepassing stoten voor dezelfde vlucht bijna 2.000 keer minder uit dan helikopters.

Doordat drones makkelijker en dus vaker ingezet kunnen worden dan een helikopter zullen mensen in nood sneller geholpen kunnen worden. Hiermee genereren drones veiligheidsbaten.

Bij het opsporen van mensen in nood observeren drones ook andere burgers. Dit leidt tot een inbreuk op de privacy. Dit negatieve externe effect neemt toe als drones vaker ingezet zullen worden dan alternatieven.

Geluidshinder valt net als bij politie- en brandweerinzet weg bij het achtergrondgeluid. Door het substitueren van een helikopter is een drone wel in staat geluidshinder van dit alternatief weg te nemen.

Een drone brengt visuele hinder omdat de drone zich in het gezichtsveld van mensen bevindt. We gaan ervan uit dat een drone jaarlijks 26 keer een half uur vliegt. De drones van de reddingsbrigade passeren in 2025 dan ongeveer 100.000 mensen die de drones hinderlijk vinden voor deze toepassing. Voor dezelfde inzet met helikopters is dit aantal vijf keer zo hoog. Deze aantallen lopen op tot ongeveer 200.000 en 1.000.000 gehinderde mensen in 2050. Het aantal kan wederom meerdere keren voor dezelfde persoon tellen.

Incident management

Bij incident management worden drones ingezet wanneer er problemen op de weg, het spoor of het water zijn. We maken de aanname dat drones in het geval van vaarwegen schepen vervangen, in het geval van wegen auto's vervangen en in het geval van spoor helikopters of auto's vervangen. Deze substitutie leidt voornamelijk tot duurzaamheidsbaten. Verder kunnen drones sneller een inschatting maken van wat er nodig is om een incident te verhelpen. Hiermee verminderen de drones verkeersstremmingen. Doordat drones een snellere inschatting kunnen maken van wat er nodig is om het incident te verhelpen, kan er ook sneller worden ingegrepen. Sneller oplossen van incidenten leidt vervolgens tot het beperken van gevolgschade.

In 2019 worden drones alleen ingezet op vaarwegen. In 2035 is de verwachting dat de inzet van drones maximaal is op de wegennetwerken. Naar verwachting stoten drones dan 5 kilogram CO₂ uit voor incident management op vaarwegen, 5 kilogram CO₂ voor incident management op het wegdek en 6 kilogram CO₂ op spoorwegen. Bij de inzet van drones wordt er in 2035 dan 3.020 kilogram CO₂ bespaard aan energieverbruik van schepen en 1.230 kilogram CO₂ aan energieverbruik van auto's. Als incident management op spoorwegen traditioneel gedaan wordt met auto's dan voorkomen drones nog 1.480 kilogram CO₂ extra aan energieverbruik van auto's. Als incident management op spoorwegen initieel door helikopters werd gedaan, dan voorkomt de inzet van drones 11.640 kilogram aan CO₂.

Andere (vaar)weggebruikers kunnen worden vertraagd wanneer er incidenten op het water of op de weg zijn. Vanuit verschillende door Rijkswaterstaat geschetste scenario's schatten we dat een stremming ongeveer veertig procent korter duurt wanneer een drone wordt ingezet om de situatie in te schatten. Op vaarwegen duurt stremming gemiddeld vier uur en veertig minuten wanneer er een drone gebruikt wordt. Zonder drone is dit zeven uur en veertig minuten. We gaan er verder vanuit dat elke drone 26 keer per jaar uitvliegt om een incident in te schatten. De gemiddelde kosten per uur stremming op vaarwegen uit de verschillende Rijkswaterstaat scenario's bedragen € 942,-. Volgens deze cijfers kostte stremming bij incidenten op de vaarwegen in totaal anderhalf miljoen euro voor drone incident management in 2019. Wanneer hier geen drones waren ingezet zouden de kosten twee en een half

miljoen zijn geweest. Naar verwachting lopen deze aantallen op tot 2,7 miljoen (met drones) en 4,5 miljoen (zonder drones) in 2050. Deze toename wordt gedreven door de grotere schaal waarop drones naar verwachting worden ingezet in de toekomst.

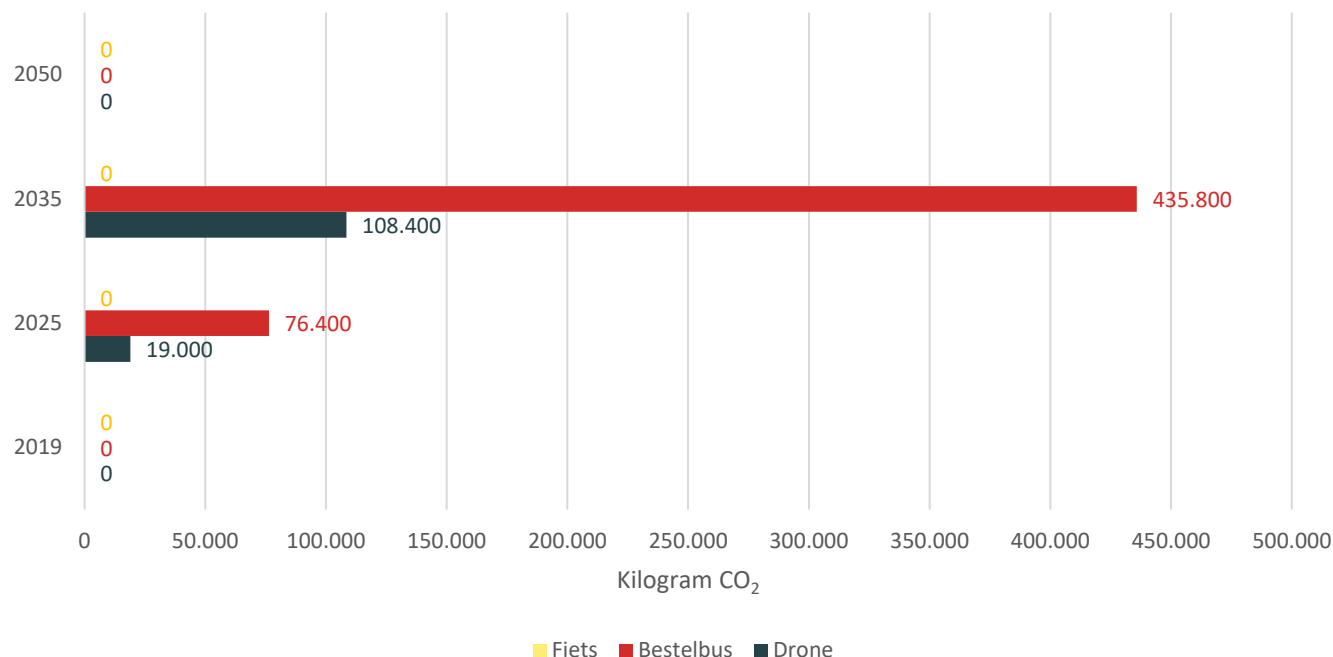
Ook op de weg kunnen drones verkeersstremming verminderen. De jaarlijkse filekosten bij incidenten bedragen 1,2 miljard euro. We gaan ervan uit dat drones ook op de weg veertig procent sneller zijn in incidenten oplossen. Als we ervan uitgaan dat drones in 2050 bij een kwart van de incidenten op de weg wordt ingezet, dan leidt dit tot een jaarlijkse baat van ongeveer 120 miljoen euro.

Naast het verminderen van verkeersstremming, betekent kortere oplostijd van incidenten ook dat de gevolgschade van incidenten afneemt. Hierbij kunnen positieve externe effecten ontstaan voor de leefomgeving. Wanneer er bijvoorbeeld voor de leefomgeving schadelijke stoffen worden gelekt, dan zal het snel oplossen van het incident ertoe leiden dat de verspreiding van de gevaarlijke stof in de leefomgeving beperkt blijft.

4.5 Bezorging

Drones kunnen ook pakketjes gaan bezorgen. We nemen aan dat drones dan bestelbussen of fietsen vervangen. Ook hierbij treden externe effecten op het gebied van duurzaamheid en leefomgeving op. De CO₂-uitstoot verandert en drones komen in de buurt van burgers. Hierdoor kan de inzet van drones leiden tot visuele hinder en neerstortgevaar. Bezorgdrones kunnen ook worden ingezet voor het snel bezorgen van bijvoorbeeld medicijnen wat tot gezondheidsbaten kan leiden.

Waar de verschillen tussen voorkomen uitstoot van alternatieven en de eigen uitstoot van drones hoog zijn voor de meeste dronetoepassingen, zijn de verschillen in het geval van postbezorging subtieler. Een bestelbus stoot nog steeds meer uit per bezorgd pakketje, maar de verwachte uitstoot van de pakketbezorging door drones in 2035 is relatief hoog met ruim honderdduizend kilogram CO₂. Voor andere toepassingen ligt de verwachte uitstoot in dit jaar vaak onder de duizend en zeker onder de tienduizend kilogram CO₂. Dat uitstoot in de bezorgingssector hoger ligt komt doordat drones veel kilometers maken aangezien ze weinig mee kunnen nemen. Evengoed stoot bezorging met een bestelbus naar verwachting nog ongeveer vier keer zo veel CO₂ uit. Het andere alternatief, fietsen, kent geen uitstoot. In 2019 zijn er nog geen Nederlandse pakket bezorgdrones actief. Daarom ligt zowel de eigen als de voorkomen uitstoot op nul in dit jaar. In 2050 ligt de (voorkomen) uitstoot op nul omdat we in dat jaar naar verwachting een groene energiemix hebben.

Figuur 4.6 Jaarlijkse CO₂-uitstoot voor pakketjes bezorgd door drones

Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

Drones die pakketten bezorgen kunnen leiden tot visuele hinder. Doordat de inzet en dus het aantal kilometers groot is, zijn er veel mensen die de drones zien vliegen. We zien verder dat er weinig begrip is voor de inzet van drones voor pakketbezorging, 77 procent van de mensen geeft aan geen drones rondom hun huis te willen wanneer deze gebruikt worden voor pakketbezorging. Dit maakt dat in 2025 241 miljoen keer iemand zich zal storen als een drone over het huis vliegt. Dit aantal loopt op tot enkele miljarden in 2050. Het aantal kan meerdere keren voor dezelfde persoon tellen en gaat ervan uit dat de acceptatie van drones voor deze toepassing constant blijft.

Omdat drones in deze toepassing in de buurt van mensen vliegen, ontstaat er neerstortingsgevaar. Dit effect laat zich lastig kwantificeren, maar mag niet onderschat worden.

Een positief effect van pakket bezorgende drones is dat ze ook belangrijke middelen als medicijnen kunnen vervoeren. Dit effect kan leiden tot gezondheidsbaten.

4.6 Mobiliteit

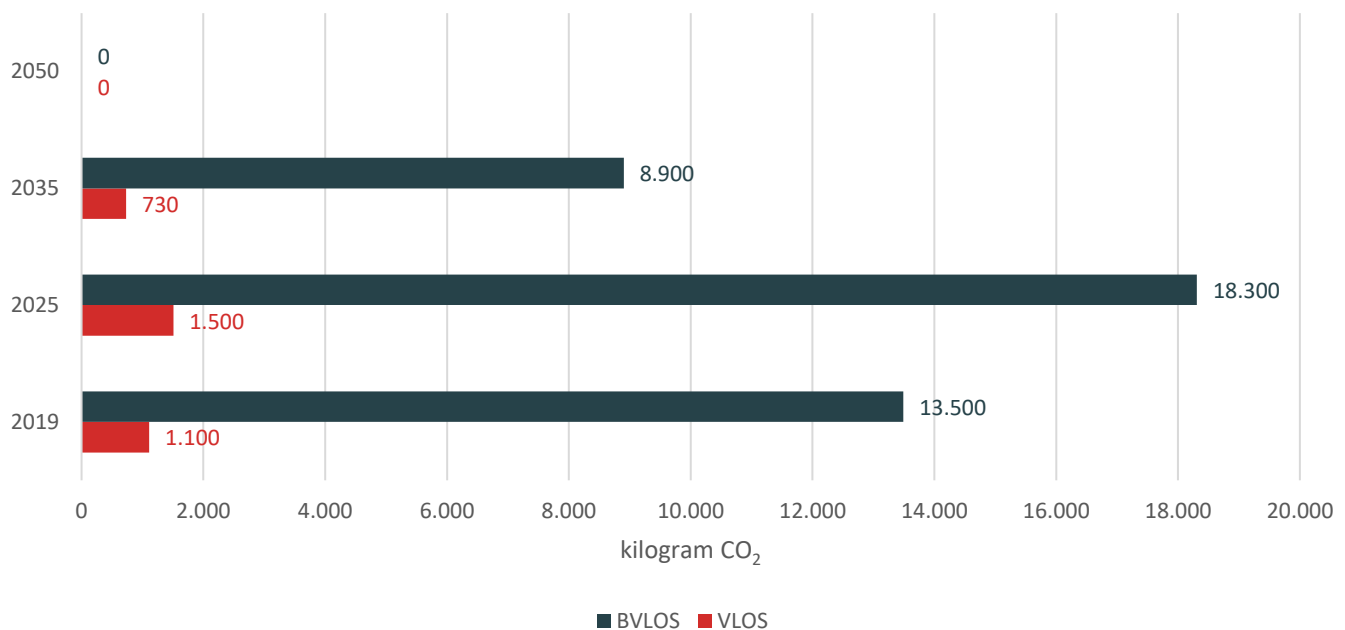
Voor passagiersvervoer is de aanname gemaakt dat de bestaande toestellen omgebouwd worden en ze hetzelfde functioneren. Het enige verschil is dan dat de piloot ontbreekt. We vinden geen externe effecten omdat dezelfde toestellen dezelfde taken blijven vervullen. Hetzelfde geldt voor onbemande luchtvracht.

4.7 Overig

Er bevinden zich verder nog toepassingen in de categorie overig. Voor deze toepassingen hebben we gekeken naar aantallen drones en de soort drone die deze toepassingen zal dienen. We hebben de aanname gedaan dat de

gemiddelde VLOS vliegende drone 26 keer per jaar een half uur vliegt en de gemiddelde BVLOS vliegende drone honderd dagen acht uur per dag vliegt. Gebaseerd op deze cijfers en aannames stellen we dat drones in deze categorie in 2019 ruim dertienduizend kilogram CO₂ uitstootten. De verwachting is dat de uitstoot in 2035 een kleine negenduizend kilogram CO₂ bedraagt.

Figuur 4.7 Jaarlijkse CO₂-uitstoot drones in categorie overig



Bron: Decisio

Noot: In 2050 worden de werkzaamheden naar verwachting klimaatneutraal uitgevoerd.

5 Conclusies

In dit onderzoek maken SEO Economisch Onderzoek, Decisio en To70 een inschatting van de economische en maatschappelijke impact van drones voor Nederland tot 2050. Hierbij maken wij gebruik van de SESAR-methodologie. De kengetallen en aannames vanuit de SESAR-studie zijn met veel onzekerheid omgeven. De impact die wij in dit onderzoek rapporteren, is daarom geen precieze inschatting, maar geeft de orde van grootte van de impact weer. Net als SESAR richt het onderzoek zich op de volgende vijf sectoren: landbouw, energie en infrastructuur, veiligheid, bezorging en mobiliteit. Daar waar relevant bespreekt het onderzoek ook de impact van de inzet van drones in de overige sectoren. De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn de volgende:

Het aantal drones binnen de onderzochte sectoren in Nederland groeit naar verwachting van circa 2.460 in 2019 naar 11.230 in 2050. Het aantal drones in de sectoren landbouw en veiligheid stijgt naar verwachting relatief snel vanaf 2019 in Nederland. Het aantal drones binnen de landbouwsector neemt toe van circa 120 in 2019 naar 1.500 in 2035. De hoeveelheid drones binnen de sector veiligheid stijgt van ongeveer 260 in 2019 naar 2.450 in 2035. Een van de redenen voor de snelle toename van het aantal drones binnen deze sectoren is dat de techniek voor het toepassen van drones in deze sectoren al voorhanden is. Daarnaast is de maatschappelijke acceptatie van het gebruik van drones binnen deze sectoren groot.

Opvallend is dat de ontwikkeling in het aantal drones in de bezorgings- en mobiliteitssector pas na 2035 op gang komt. Een van de redenen hiervoor is dat de technologie om met drones pakketjes of personen te vervoeren nog in ontwikkeling is.

Naar verwachting bedraagt de economische impact van drones binnen de onderzochte sectoren voor Nederland 103 tot 176 miljoen euro in 2019 en 374 tot 805 miljoen euro in 2050. Droneservices nemen het grootste deel van de economische impact voor hun rekening. De services en het inzicht die drones bieden zijn immers de uiteindelijke reden waarom drones ingezet worden.

In 2025 wordt een belangrijke deel van de jaarlijkse economische impact van drones in Nederland gecreëerd in de sectoren landbouw en veiligheid. Het gebruik van drones in deze sectoren ontwikkelt zich namelijk relatief snel. Vanaf 2035 neemt de economische impact van drones binnen de sector energie en infrastructuur sterk toe. In deze sector zullen namelijk naar verwachting vanaf dat jaar drones worden ingezet om windenergie op te wekken. Deze drones creëren veel economische impact. In 2050 nemen de sectoren bezorging en mobiliteit een relatief groot deel van de jaarlijkse economische impact voor hun rekening.

De economische impact per drone daalt van circa 42.000 euro in 2019 naar ongeveer 33.000 euro in 2050. De reden hiervoor is dat de sector bezorging in de toekomst steeds belangrijker wordt. Binnen deze sector is de economische impact per drone het laagst (circa 24.000 euro in 2050).

Uit het onderzoek blijkt dat de SESAR-methodologie soms afwijkt van de gangbare methodologie om economische impacts te schatten. De SESAR-methodologie kan met name verbeterd worden door de economische impact gelijk te stellen aan de toegevoegde waarde die de dronemarkt creëert, in plaats van aan de omzet.

Met de inzet van drones wordt aanzienlijk meer CO₂-uitstoot voorkomen dan drones zelf uitstoten. Voor dezelfde toepassingen stoot een drone circa 200 keer minder CO₂ uit dan een landbouwtrekker, 40 tot 600 keer minder dan een schip, enkele duizenden keren minder dan een helikopter en enkele honderden keren minder dan een auto. In sommige toepassingen zijn de drones 'extra', drones leiden dan tot een kleine extra CO₂-uitstoot.

De veiligheid van mensen in nood en inspectiepersoneel neemt toe doordat drones sneller mensen kunnen opsporen, een noodsituatie beter in kunnen schatten en gevaarlijke taken van inspecteurs overnemen. Daarnaast kunnen drones inspecties uitvoeren waar mensen niet kunnen komen. Zodoende worden calamiteiten vaker voorkomen. Wanneer drones in toepassingen dicht bij burgers kunnen er ongewenste neveneffecten ontstaan. Er ontstaan visuele hinder, inbreuk op privacy en neerstortingsgevaar. Wanneer drones in deze toepassingen helikopters vervangen, voorkomen zij ook privacy-inbreuk en voorkomen zij meer visuele hinder, neerstortingsgevaar en voorkomen ze ook geluidshinder. Verder voorkomen inspecteren en incident management met drones op sommige plekken verkeersstremmingen. Dit leidt tot tijdswinst, wat ook een baat is voor de leefomgeving.

Dit onderzoek is een verkenning naar de economische en maatschappelijke impact van drones voor Nederland. Er zijn verschillende kansen voor vervolgonderzoek. De belangrijkste zijn:

- Het actualiseren van de kengetallen en aannames van SESAR en deze toespitsen op Nederland;
- Onderzoek naar de verwachte economische en maatschappelijke impact van wijzigingen in het Nederlandse dronebeleid;
- Onderzoek naar de kansen voor Nederlandse startups binnen de dronemarkt en hoe deze ondersteund kunnen worden door de overheid.

Referenties

ACM (2019). Post- en Pakkettenmonitor 2019

Adecs e.a. (2021). U-Space Scenario's Governance en finance

Aurambout (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities

BCG (2017). Drones go to work

Cherubini (2020). Advances in Airborn Wind Energy and Wind Drones

EASA (2021). Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe

Deloitte (2021). Aanzet voor een visie op U-space

Goodchild (2018). Delivery by drone: An evaluation of unmanned aerial vehicle technology in reducing CO₂ emissions in the delivery service industry

International Transport Forum (2018). (Un)certain Skies? Drones in the World of Tomorrow

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2017). Drones in het personen- en goederenvervoer

McKinsey (2017). Commercial drones are here: The future of unmanned aerial systems

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017). Kansen voor drones – Visie op de inzet van drones

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). Luchtvaartnota 2020-2050

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). Uitvoeringsagenda luchtvaartnota

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2021). Perceptie van drones

Motivaction (2021). Perceptie van drones.

NLR (2020). Strategische visie op drones in 2030, versie 0.9

Park et al. (2018). A Comparative Analysis of the Environmental Benefits of Drone-Based Delivery Services in Urban and Rural Areas

PwC (2016). Clarity from above: PwC global report on the commercial applications of drone technology

PwC (2019). Flying high: Seizing the opportunity. How drones can save the public sector £1 billion

PwC (2021). Future Flight Challenge: Socio-economic study

Rijkswaterstaat (2020). Handreiking inspecteren met drones

Rijkswaterstaat (2020). Business case RWS drone team: Incidenten op het water

SEO et al. (2021). Werkwijzer luchtvaartspecifieke MKBA's: versie 1.0

SESAR (2016). European Drones Outlook Study: Unlocking the value for Europe

SESAR JU (2017). European ATM Master Plan – Roadmap for the Safe Integration of Drones in all Classes of
Airspace

SESAR JU (2018). Blueprint U-space

Straubinger, A. et al. (2021). Will urban air mobility fly? The efficiency and distributional impacts of UAM in
different urban spatial structures

Swann (2009). The economics of innovation: an introduction

Technolution (2020). Drone Beleidsvisie en Actieplan

Tyulin & Chursin (2020). The New Economy of the Product Life Cycle: Innovation and Design in the Digital Era.

Van der Wal et al. (2016). Een verkenning naar toepassing van drones in landbouw en natuur: Drijfveren, kansen
en consequenties

Bijlage A Aannames inschatting potentiële vraag drones

Tabel A.1 Aannames en gebruikte databronnen voor het inschatten van de potentiële vraag naar drones

Sector	Gebruik	Aannames / databronnen
Landbouw	Algemeen	Aannames: - De potentiële vraag naar drones binnen de landbouwsector zal volledig gerealiseerd zijn in 2035 (SESAR, 2016); - Het aantal landbouwbedrijven en hectares landbouwgrond blijft constant in de toekomst;
	Inspectie gewassen	Aannames: - Voor een periodieke inspectie van 2.000 hectare landbouwgrond is één drone nodig; - Het percentage landbouwbedrijven, waarvoor de inzet van een drone voor inspecties rendabel is, is afkomstig van SESAR (2016). Tabel 2.1 geeft deze percentages weer; - Een deel van de landbouwbedrijven huurt een drone in, terwijl een ander deel een eigen drone aanschaft. De gemaakte aannames hierover zijn afkomstig van SESAR (2016). Deze aannames staan in Tabel 2.1; - Databronnen: - Gegevens over het aantal landbouwbedrijven en het aantal hectares landbouwgrond in Nederland zijn afkomstig van Eurostat;
	Besproeiing gewassen	Aannames: - Omdat het gewicht dat een drone kan vervoeren gelimiteerd is, is het slechts beperkt mogelijk om drones in te zetten voor het besproeien van gewassen; - In overeenstemming met SESAR (2016) nemen we aan dat uitsluitend groente- en fruittelers drones gebruiken voor het besproeien van gewassen. Deze telers hebben namelijk over het algemeen geen last van de beperkte draagcapaciteit van een drone, omdat zij op kleine schaal telen; - We nemen aan dat elke groente- en fruitteler (op termijn) een drone inzet bij het besproeien van gewassen; - Voor een periodieke besproeiing van 500 hectare landbouwgrond is één drone nodig; - Databronnen: - Gegevens over het aantal groente- en fruittelers in Nederland en het aantal hectares dat zij verbouwen zijn afkomstig van Eurostat;

Sector	Gebruik	Aannames / databronnen
Energie en infrastruc- tuur	Algemeen	Aannames: De potentiële vraag naar drones binnen de sector energie en infrastructuur zal volledig gerealiseerd zijn in 2035;
	Inspectie energiecentrales	Aannames: - SESAR (2016) berekent het aantal drones voor het inspecteren van energiecentrales met de aanname dat elke energiecentrale (op termijn) één drone in bezit heeft; - We spitsen de uitkomsten van SESAR toe op Nederland op basis van het aandeel van Nederland in de energieproductie van de Europese Unie. We voeren deze berekening voor elk type energiebron afzonderlijk uit; Databronnen: - Gegevens over de energieproductie voor elke lidstaat van de Europese Unie per energiebron zijn afkomstig van Eurostat;
	Inspectie nutsleidingen	Aannames: - We spitsen de SESAR-inschatting van het aantal drones voor het inspecteren van nutsleidingen toe op Nederland op basis van het aandeel van Nederland in de energieproductie van de Europese Unie; - SESAR (2016) neemt bij het maken van de inschatting aan dat op termijn alle nutsleidingen met een drone geïnspecteerd worden. Volgens SESAR inspecteert een drone per dag 250 kilometer aan nutsleidingen. Het aantal inspectiedagen per jaar bedraagt 200. Elke nutsleiding wordt drie keer per jaar gecontroleerd; Databronnen: - Gegevens over de energieproductie voor elke lidstaat van de Europese Unie zijn afkomstig van Eurostat;
	Inspectie bruggen, sluizen en waterkerin- gen door Rijkswater- staat	Aannames: - Gebaseerd op correspondentie met Rijkswaterstaat Databronnen: - Gebaseerd op correspondentie met Rijkswaterstaat
	Opwekken windener- gie met drones	Aannames: - We spitsen de SESAR-inschatting van het aantal drones voor het opwekken van windenergie toe op Nederland op basis van het aandeel van Nederland in de windenergieproductie van de Europese Unie; - Bij het maken van de inschatting neemt SESAR (2016) aan dat deze drones op termijn een tiende van de windenergie produceren; Databronnen: - Gegevens over de energieproductie voor elke lidstaat van de Europese Unie per energiebron zijn afkomstig van Eurostat;

Sector	Gebruik	Aannames / databronnen
Veiligheid	Algemeen	Aannames: De potentiële vraag naar drones binnen de sector veiligheid is volledig gerealiseerd in 2035 (SESAR, 2016);
	Politie en brandweer	Aannames: - We spitsen de SESAR-inschatting van het aantal drones dat de politie en brandweer gebruiken toe op Nederland. Dit doen wij door na te gaan hoe Nederland zich verhoudt tot de Europese Unie in termen van het aantal politieagenten en brandweermannen (m/v); - SESAR (2016) neemt bij het maken van de inschatting aan dat de politie op termijn voor elke vier politieauto's een drone in bezit heeft. De brandweer heeft naar verwachting op termijn voor elke twee brandweerauto's een drone in bezit; - Databronnen: - Gegevens over het aantal politieagenten en brandweermannen (m/v) voor elke lidstaat van de Europese Unie zijn afkomstig van Eurostat;
	Reddingsbrigade	Aannames: - Elke reddingsbrigade die de beschikking heeft over een reddingsboot, heeft op termijn twee drones in bezit; - Databronnen: - Gegevens over het aantal reddingsbrigades in Nederland zijn afkomstig van de Kustwacht;²⁵
	Incident management op waterwegen, auto-wegen en het spoor	Aannames: - Op termijn heeft elke Rijkswaterstaat-verkeerspost voor het begeleiden van de scheepvaart twee drones in bezit; - Op termijn heeft elke Rijkswaterstaat-verkeerscentrale voor het managen van het wegverkeer vijf drones in bezit; - Op termijn heeft elke uitruklocatie van ProRail vijf drones in bezit; - Databronnen: - Gegevens over het aantal verkeersposten en verkeerscentrales zijn afkomstig van Rijkswaterstaat;²⁶ - Gegevens over het aantal uitruklocaties van ProRail zijn afkomstig van ProRail;²⁷

²⁵ <https://www.kustwacht.nl/nl/varendeenheden.html>

²⁶ <https://www.rijkswaterstaat.nl/over-ons/onze-organisatie/organisatiestructuur/verkeer-en-watermanagement>

²⁷ <https://www.prorail.nl/over-ons/wat-doet-prorail/incidentenbestrijding>

Sector	Gebruik	Aannames / databronnen
Bezorging	Pakketbezorging	Aannames: • Drones worden uitsluitend ingezet voor <i>same day delivery</i> van pakketten die lichter zijn dan 2,5 kilogram; • Tien procent van het totaal aantal pakketten betreft <i>same day delivery</i>; • Zestig procent van de <i>same day delivery</i> pakketten weegt minder dan 2,5 kilogram; • Drones bezorgen twintig procent van de <i>same day delivery</i> pakketten die lichter zijn dan 2,5 kilogram; • Een drone kan 19 pakketten per dag bezorgen; • Tot 2035 groeit de markt voor pakketbezorging met acht procent per jaar. Tussen 2035 en 2050 groeit deze markt met 2,5 procent per jaar; • Bovenstaande aannames zijn afkomstig van SESAR (2016); • De potentiële vraag naar drones voor het bezorgen van pakketten is volledig gerealiseerd in 2035 (SESAR, 2016); Databronnen: • Gegevens over het totaal aantal pakketten dat jaarlijks bezorgd wordt in Nederland zijn afkomstig uit ACM (2019);
	Vervoer cargo	Aannames: • In overeenstemming met SESAR (2016) nemen we aan dat op termijn alle traditionele cargovliegtuigen omgebouwd worden tot drones; • De totale groei in het aantal cargovliegtuigen tussen 2021 en 2050 bedraagt 66 procent (SESAR, 2016); • De potentiële vraag naar drones voor cargo vervoer is volledig gerealiseerd in 2050 (SESAR, 2016); Databronnen: • Gegevens over het aantal cargovliegtuigen dat geregistreerd is in Nederland zijn afkomstig van het CBS;
Mobiliteit	Passagiersvervoer	Aannames: • In overeenstemming met SESAR (2016) nemen we aan dat in 2050 twintig procent van de traditionele passagiersvliegtuigen omgebouwd is tot drone; • De jaarlijkse groeivoet van het aantal passagiersvliegtuigen bedraagt circa twee procent (SESAR, 2016); • De potentiële vraag naar drones binnen de sector mobiliteit zal pas na 2050 volledig gerealiseerd zijn. In 2035 worden er nog geen drones gebruikt binnen deze sector (SESAR, 2016); Databronnen: • Gegevens over het aantal passagiersvliegtuigen dat geregistreerd is in Nederland zijn afkomstig van het CBS;

Bron: SEO Economisch Onderzoek.



“De wetenschap dat het goed is.”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport 2022-10A
ISBN 978-90-5220-170-2

Informatie & Disclaimer

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2021 SEO Amsterdam. Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit magazine te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit dit rapport mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl.