**GEMAAKT DOOR:**
YUSUF, FINN, WAIL, VIKAR EN NADA

**INGELEVERD OP:**
- 10-04-2026

# FOLLOW UP

10/MEI/2026



F&R

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave

1. Samenvatting.....3
2. Voorwoord.....3
3. Inleiding.....4
4. Opdrachtgever / expert.....7
5. Probleem / opdracht.....9
6. Vooronderzoek.....11
7. Programma van eisen & wensen.....17
8. Doelstelling / onderzoeksvraag.....20
9. Aanpak / ontwerp methode.....22
10. Planning.....25
11. Proces & afronding.....28
12. Bronnenlijst (APA).....30
13. Bijlage.....31

Samenvatting
Dit O&O-project omvat het ontwerpen van een fixed-wing drone die de politie kan ondersteunen tijdens achtervolgingen. Achtervolgingen brengen aanzienlijke risico's met zich mee voor zowel agenten als burgers, terwijl helikopters vaak duur, lawaaiig en niet altijd direct inzetbaar zijn. Een fixed-wing drone kan hier een efficiënte oplossing bieden door real-time luchtsteun te leveren zonder dat agenten extra risico hoeven te nemen.

Fixed-wing drones onderscheiden zich door hun hoge efficiëntie. Door een optimale balans tussen draagkracht en weerstand te realiseren, met name via een hoge L/D-verhouding, kunnen zij aanzienlijk langer vliegen dan multicopters. In dit ontwerp wordt aandacht besteed aan het maximaliseren van de L/D-verhouding, waarbij gebruik wordt gemaakt van flaps en slots om de draagkracht bij lagere snelheden te vergroten. Dit maakt een veilige opstijging, langzame vlucht en landing mogelijk zonder het risico op stall.

De drone dient te voldoen aan de volgende kernfuncties: verticale opstijging en landing (VTOL), een vliegtijd van minimaal 30 tot 45 minuten, live HD-video- en gps-transmissie, en de mogelijkheid om een verdachte auto automatisch te volgen.

Het project loopt van april tot begin juni 2026. Aan het einde wordt een gedetailleerd 3D-ontwerp, een klein vliegend prototype, een testrapport met aerodynamische berekeningen en een presentatie opgeleverd. Dit project draagt bij aan de veiligheid van politieoperaties en toont de praktische toepassing van aerodynamica en drone-technologie.

Voorwoord
Dit Plan van Aanpak beschrijft de aanpak van ons O&O-project in 5 VWO. Als groep bestaande uit Yusuf, Vikar, Wail, Nada en Finn hebben wij ervoor gekozen een fixed-wing drone te ontwikkelen voor gebruik bij politieachtervolgingen.

Het document geeft een duidelijke structuur van het project, inclusief de aanleiding, het vooronderzoek, de eisen, de onderzoeksvraag, de gekozen ontwerpmethode en de planning. Wij hopen met dit project een zinvolle bijdrage te leveren aan de verbetering van politieoperaties.

Wij danken mevrouw R. Visser voor haar begeleiding en kijken uit naar de samenwerking met opdrachtgever Danillo Jansen en onze MBO-expert.

Inleiding
Aanleiding Politieachtervolgingen vormen een risicovolle situatie. Recente incidenten, zoals de achtervolging op de A12 waarbij meerdere voertuigen betrokken raakten en gewonden vielen, illustreren de gevaren voor agenten en burgers. Volgens recente berichtgeving van de NOS (maart 2026) vonden er het afgelopen jaar meer dan 1200 politieachtervolgingen plaats, met 18 gewonden tot gevolg. Helikopters bieden luchtsteun, maar zijn kostbaar, lawaaiig en niet altijd direct beschikbaar.

Een fixed-wing drone kan een waardevol alternatief vormen. Door real-time videobeelden en gps-data te leveren, biedt de drone een overzicht vanuit de lucht zonder dat agenten extra risico hoeven te lopen. In Nederland bestaat nog geen specifiek voor dit doel ontwikkelde fixed-wing drone. Dit project richt zich op het ontwerpen van zo'n systeem.

Doel van het project Het doel is het ontwerpen en bouwen van een klein prototype van een fixed-wing drone die geschikt is voor ondersteuning bij politieachtervolgingen. De drone moet beschikken over verticale opstijging en landing (VTOL), voldoende vliegtijd, live transmissie van video en gps, en mogelijkheden voor automatische tracking.

Belang van het project

Dit project is relevant omdat het bijdraagt aan:

- De veiligheid van politieagenten en burgers tijdens achtervolgingen
- Een kostenefficiënter alternatief voor helikopterinzet
- Een efficiëntere inzet van drones dankzij een optimale balans tussen draagkracht en weerstand
- De verdere ontwikkeling van drone-technologie binnen de Nederlandse politie

Vooruitblik
Dit PvA bevat een beschrijving van de opdrachtgever en expert, het probleem en de opdracht, het vooronderzoek, het programma van eisen en wensen, de onderzoeksvraag, de ontwerpmethode, de planning en de wijze van afronding.

## Opdrachtgever en expert

### Opdrachtgever
De opdrachtgever is de heer Danillo Jansen, lijsttrekker (nummer 1) en lid van de stadsdeelcommissie Nieuw-West namens D66 in Amsterdam. Hij is actief binnen D66 Nieuw-West en zet zich in voor lokale veiligheid, innovatie en betere betrokkenheid van bewoners bij de gemeentelijke besluitvorming.

Zijn achtergrond in Business Analytics & Management en zijn ervaring als volksvertegenwoordiger geven hem inzicht in zowel data-gedreven besluitvorming als de praktische uitdagingen in stedelijke gebieden zoals Nieuw-West. Als opdrachtgever heeft hij interesse getoond in innovatieve technologische oplossingen die de veiligheid in Amsterdam kunnen verbeteren, met name door de inzet van drones bij politieoperaties.

### Expert
Onze expert is een docent aan het LiS, Frits Groen met uitgebreide expertise op het gebied van drone-technologie. Hij geeft les in drone-bouw, -besturing en -onderhoud en begeleidt studenten bij praktijkgerichte projecten. Naast zijn onderwijstaken bouwt hij zelf drones, waaronder fixed-wing modellen, en coördineert hij bouwtrajecten en testvluchten met studenten.

Zijn praktische ervaring omvat aerodynamica, elektronica-integratie, veiligheidsprotocollen en de toepassing van drones in verschillende sectoren. Hij heeft ruime kennis van zowel commerciële als zelfgebouwde systemen en is goed op de hoogte van de Europese dronewetgeving (EU 2019/945 en 2019/947). Door zijn combinatie van theoretische kennis en hands-on ervaring in het MBO-onderwijs kan hij ons gericht adviseren over constructie, materiaalkeuze, aerodynamische optimalisatie en veilige testprocedures. Zijn naam wordt later ingevuld zodra het contact definitief is gelegd en de samenwerking formeel is bevestigd.

### Achtergrond en samenwerking
De combinatie van de opdrachtgever en de expert biedt een sterke basis voor het project. Danillo Jansen brengt een politiek-bestuurlijke en lokale invalshoek mee met focus op veiligheid en innovatie in de stedelijke omgeving. De MBO-expert levert technische diepgang en praktische uitvoerbaarheid. Samen zorgen zij voor een realistisch en toepasbaar ontwerp dat zowel operationeel als beleidsmatig relevant is.

## Probleem en opdracht

### Probleemschets
Politieachtervolgingen behoren tot de meest risicovolle operaties binnen het politiewerk. In Nederland vinden jaarlijks meer dan 1200 achtervolgingen plaats, waarbij regelmatig onschuldige burgers betrokken raken en agenten letsel oplopen. Voorbeelden zoals de recente hoge-snelheidsachtervolging op de A12 laten zien hoe snel een situatie kan escaleren, met materiële schade, gewonden en soms zelfs dodelijke afloop als gevolg.

Een belangrijk probleem is het gebrek aan direct en continu luchtoverzicht. In stedelijke gebieden met veel straten, woonwijken en verkeersdrukte raken agenten in achtervolgende voertuigen snel het zicht op de verdachte kwijt. Helikopters kunnen in theorie ondersteuning bieden, maar hebben belangrijke beperkingen: ze zijn duur in gebruik, maken veel lawaai (waardoor verdachten gewaarschuwd kunnen worden), en zijn niet altijd direct beschikbaar door weersomstandigheden, onderhoud of andere inzet. Hierdoor ontstaat een operationeel gat waarbij de politie onvoldoende real-time informatie heeft om veilige en effectieve beslissingen te nemen.

### Opdracht
In opdracht van Danillo Jansen ontwikkelen wij een fixed-wing drone die specifiek is ontworpen om dit probleem aan te pakken. De drone moet fungeren als mobiele “ogen in de lucht” die de politie direct en veilig kan inzetten tijdens achtervolgingen.

De kern van de opdracht is het ontwerpen en bouwen van een prototype dat aan de volgende operationele eisen voldoet:

- Snel en veilig opstijgen en landen, bij voorkeur met VTOL (Vertical Take-Off and Landing), zodat de drone ook in beperkte stedelijke ruimtes kan worden ingezet.
- Een minimale vliegtijd van 30 tot 45 minuten om langdurige achtervolgingen te kunnen ondersteunen.
- Live transmissie van HD-video en gps-coördinaten via 4G/5G naar een tablet of commandopost in de politieauto of meldkamer.
- Mogelijkheid tot automatische tracking van een verdacht voertuig met behulp van simpele AI.
- Uitgerust met night-vision en thermal imaging voor inzet bij duisternis of slechte weersomstandigheden.
- Veilige landing op kleine locaties zoals parkeerplaatsen, velden of industrieterreinen.
- Veiligheidsvoorzieningen zoals een automatische return-to-home functie en een parachute voor noodgevallen.

De drone dient als aanvullend hulpmiddel dat agenten op de grond beter inzicht geeft, waardoor zij gerichter en veiliger kunnen handelen, met als uiteindelijk doel het verminderen van risico's voor zowel politie als burgers en het vergroten van de kans op een succesvolle en gecontroleerde aanhouding.

<u>Vooronderzoek</u>

Belangrijke concepten

- Draagkracht (Lift): De opwaartse kracht die de drone in de lucht houdt. Deze wordt beschreven door de formule: L=CL×S×12ρ×v2 L = C_L \times S \times \frac{1}{2} \rho \times v^2 L=CL×S×21ρ×v2
- Weerstand (Drag): De kracht die de voorwaartse beweging remt. De formule luidt: D=12ρ×Cd×S×v2 D = \frac{1}{2} \rho \times C_d \times S \times v^2 D=21ρ×Cd×S×v2
- L/D-verhouding: De verhouding tussen draagkracht en weerstand. Een hoge L/D-verhouding zorgt voor minimale weerstand bij voldoende draagkracht, wat leidt tot een langere vliegtijd. De optimale aanvalshoek ligt rond de 3°.
- Aanvalshoek: De hoek tussen vleugel en luchtstroom. Bij een aanvalshoek van ongeveer 15° bestaat het risico op stall, waarbij de draagkracht plotseling sterk afneemt.
- Flaps en slots: Flaps vergroten de kromming van de vleugel en verhogen de draagkracht bij lagere snelheden. Slots creëren een spleet die de luchtstroom versnelt en het loslaten van de grenslaag vertraagt, waardoor hogere aanvalshoeken mogelijk zijn zonder stall.

Theoretische uitgangspunten
- Draagkracht en weerstand nemen toe met het kwadraat van de snelheid.
- In horizontale vlucht moet de draagkracht gelijk zijn aan het gewicht van de drone, waardoor de aanvalshoek omgekeerd evenredig is met de snelheid.
- Een hogere Aspect Ratio (slankere vleugel) vermindert doorgaans de geïnduceerde weerstand en verbetert de efficiëntie.
- Stall moet te allen tijde worden voorkomen, met name tijdens langzame vlucht en landing.

Bestaande oplossingen
Multicopters zoals de DJI Matrice zijn geschikt voor korte missies, maar hebben een beperkt vliegbereik. Bestaande fixed-wing drones worden al ingezet voor surveillance, maar er is nog geen model dat specifiek is geoptimaliseerd voor politieachtervolgingen, hoge efficiëntie en flaps/slots. Dit project vult dat gat.

<u>Programma van eisen en wensen</u>
Eisen

- Een niet-vliegend schaalmodel (spuugmodel) dat visueel laat zien hoe de drone eruit moet zien, inclusief vleugelprofiel, flaps, fixed wing drone en camera-opstelling.
- Een overzicht van hoe de drone zou voldoen aan de operationele behoeften van de politie (Vliegtijd, camera's, transmissie, tracking).
- Een realistische prijsindicatie en een toelichting hoe het ontwerp past binnen de EU-dronewetgeving.
- Een heldere rapportage waarin alle keuzes technisch en praktisch worden onderbouwd.
- Een launch systeem op de politie auto waardoor de drone al de benodigde beginsnelheid heeft.

Wensen

- Een eenvoudig werkend demonstratiemodel van bepaalde onderdelen (bijvoorbeeld alleen de flaps) – niet verplicht.
- Modulair ontwerpconcept zodat onderdelen makkelijk te vervangen zouden zijn.
- Extra ideeën voor sensoren of toepassingen buiten achtervolgingen.

Nog niet voor ons eindproduct:

- Een gebruiksvriendelijke interface/app-concept voor de politie.
- Automatische tracking camera's voor de achtervolging.

De nadruk ligt niet op het bouwen van een werkend vliegend prototype, maar op een duidelijk en professioneel ontwerp plus een spuugmodel. Dit moet de opdrachtgever een goed beeld geven van hoe de drone er technisch en visueel uit zou moeten zien en hoe hij in de praktijk zou kunnen worden ingezet.

Doelstelling en onderzoeksvraag

Doel
Het ontwikkelen van een gedetailleerd en realistisch concept voor een fixed-wing drone voor politieachtervolgingen, ondersteund door aerodynamische berekeningen en een schaalmodel (spuugmodel).

Hoofdvraag
Hoe kan een fixed-wing drone worden ontworpen die met minimale weerstand en maximale draagkracht veilig en efficiënt kan worden ingezet bij politieachtervolgingen?

Deelvragen

Theoretisch:

1. Welke aanvalshoek en Aspect Ratio leveren de beste L/D-verhouding voor een lange vliegtijd?
2. Hoe kunnen flaps en slots de draagkracht vergroten zonder dat de weerstand disproportioneel toeneemt?

Ontwerp:

3. Welk vleugelprofiel en welke vorm zijn optimaal voor zowel hoge snelheid als langzame, veilige landing?
4. Hoe kunnen camera's en communicatieapparatuur worden geïntegreerd zonder significante extra weerstand?
5. Hoe kan het ontwerp en schaalmodel worden gepresenteerd zodat de opdrachtgever een duidelijk beeld krijgt van de werking en voordelen?

Aanpak en ontwerpmethode

Het project volgt de Engineering Design Cycle. De fasen zijn:

1. Probleem definiëren
2. Vooronderzoek uitvoeren
3. Eisen en wensen opstellen
4. Ideeën genereren en concepten ontwikkelen
5. Concepten evalueren en selecteren
6. Schaalmodel (spuugmodel) bouwen
7. Testen en itereren (waar mogelijk)
8. Eindproduct en rapportage

Deelproducten

- Dit Plan van Aanpak
- Vooronderzoek met theoretische poster
- Niet-vliegend schaalmodel (spuugmodel)
- Ontwerp- en testrapport
- Eindpresentatie voor de opdrachtgever en expert

Planning:

| Week | Datum (2026) | Activiteit | Verantwoordelijken | Deadline |
|---|---|---|---|---|
| 14 | 6 - 12 april | Brainstormen, eerste schetsen en vastellen van het globale concept. | Groep | 12 april |
| 15-16 | 13 -26 april | Uitwerkingen van het concepontwerp + aerodynamische berekeningen (lift, drag, L/D-verhouding). | Vikar + Finn | 26 april |
| 17 | 27 april - 3 mei | Ontwerp van vleugelprofiel, flaps, slots, VTOL-concept en camera-integratie + simulaties. | Yusuf + Nada | 3 mei |
| 18 | 4 - 10 mei | Afronden en optimaliseren van het complete conceptontwerp. (beginnen met maken van spuugmodel) | Groep | 10 mei |
| 19-20 | 11 - 24 mei | Integratie van alle systemen, visuele verbeteringen van schetsen en voorbereiding presentatie | Groep + expert (voor vragen of hulp) | 24 mei |
| 21 | 25 - 31 mei | Schrijven van het ontwerp- en rapport. Tegelijkertijd het spuugmodel afmaken. | Wail + Nada | 31 mei |
| 22 | 1 - 7 juni | Voorbereiding eindpresentatie (Canva) | Groep | 7 juni |
| 23 | 8 juni | Eindpresentatie voor opdrachtgever en expert. | Groep | 8 juni |

Proces en afronding

Gedurende het gehele project houden wij een gedetailleerd digitaal logboek bij. Hierin documenteren wij stap voor stap alle genomen beslissingen, uitgevoerde berekeningen, gemaakte schetsen, iteraties en eventuele aanpassingen op basis van feedback. Het logboek bevat ook notities van overlegmomenten met de expert Frits Groen en de opdrachtgever Danillo Jansen, foto's van de voortgang en een persoonlijke reflectie op de keuzes die wij hebben gemaakt. Dit logboek fungeert niet alleen als bewijs van ons proces, maar ook als belangrijk hulpmiddel om de ontwikkeling van het conceptontwerp transparant en traceerbaar te maken.

Naast het logboek stellen wij een professioneel portfolio samen in Webnode. In dit portfolio bundelen wij alle kernonderdelen van het project: het conceptontwerp met duidelijke schetsen en doorsneden, de aerodynamische berekeningen, de theoretische poster uit het vooronderzoek en de eindrapportage. Het portfolio wordt zodanig opgebouwd dat het zowel voor de opdrachtgever, de expert als de examencommissie van O&O helder, overzichtelijk en professioneel oogt. Wij besteden aandacht aan een goede structuur, duidelijke navigatie en een evenwichtige combinatie van tekst, visuele schema's en technische uitleg, zodat het conceptontwerp ook voor niet-technische lezers goed te begrijpen is.

Aan het einde van het project vindt een formele eindpresentatie plaats. Tijdens deze presentatie presenteren wij ons volledige conceptontwerp aan de klas, meneer Schouten, opdrachtgever de heer Danillo Jansen en expert de heer Frits Groen. Wij lichten toe hoe wij tot het ontwerp zijn gekomen, welke aerodynamische keuzes wij hebben gemaakt (onder andere met betrekking tot de L/D-verhouding, aanvalshoek, flaps en slots) en hoe het concept zou bijdragen aan veiliger en efficiëntere politieachtervolgingen. Wij demonstreren het concept visueel aan de hand van schetsen, berekeningen en visuele overzichten en beantwoorden vragen van de aanwezigen.

Het eindproduct bestaat uit:

- Het gedetailleerde conceptontwerp met alle technische onderbouwingen en schetsen.
- De volledige rapportage waarin alle keuzes worden verantwoord.
- Het digitale portfolio in Webnode.
- Het digitaal logboek als bijlage.

Het complete eindproduct blijft eigendom van de school en wordt opgeslagen in de schoolomgeving (OneDrive). Wij maken tevens een heldere en gestructureerde handleiding bij het conceptontwerp. Hierin staat precies beschreven welke keuzes wij hebben gemaakt, waarom wij die keuzes hebben gemaakt en hoe iemand anders het ontwerp verder zou kunnen uitwerken of aanpassen. Deze handleiding zorgt ervoor dat het project ook na afronding goed overdraagbaar is.

Na de presentatie evalueren wij het project intern als groep. Wij bespreken wat er goed is gegaan, welke uitdagingen wij zijn tegengekomen en wat wij in een volgend project anders zouden aanpakken. Deze evaluatie wordt vastgelegd in het logboek en opgenomen in de eindrapportage. Op deze manier zorgen wij voor een zorgvuldig en reflectief proces, zoals van ons als 5 VWO-leerlingen in O&O wordt verwacht.

Tot slot danken wij meneer Schouten voor zijn begeleiding, de opdrachtgever de heer Danillo Jansen en de expert de heer Frits Groen voor hun waardevolle input en feedback tijdens het project. Hun betrokkenheid heeft ervoor gezorgd dat ons conceptontwerp realistisch en relevant is voor de praktijk. Met dit project leveren wij niet alleen een goed onderbouwd ontwerp op, maar laten wij ook zien hoe aerodynamica en drone-technologie kunnen bijdragen aan een veiligere samenleving.

Bronnenlijst

1. Jansen, D. (2026). Persoonlijk gesprek met Danillo Jansen, lijsttrekker stadsdeelcommissie Nieuw-West (D66). 15 april 2026.
2. Groen, F. (2026). Lessen drone-technologie en aerodynamica. MBO-school, gegeven aan ons O&O groepje, periode maart 2026.
3. NASA Glenn Research Center. (z.d.). FoilSim Student – Interactive simulation of airfoil lift and drag. Geraadpleegd op 5 april 2026, van https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/foilsimstudent/

4. European Union Aviation Safety Agency. (2019). EU Drone Regulations (2019/945 & 2019/947). Geraadpleegd op 5 april 2026.
5. Rijksoverheid. (z.d.). Regels voor drones. Geraadpleegd op 4 april 2026, van https://www.rijksoverheid.nl/
6. NOS. (2026, 15 maart). Aantal politieachtervolgingen fors gestegen. Geraadpleegd op 4 april 2026.
7. Federal Aviation Administration. (z.d.). Unmanned Aircraft Systems (UAS) basics. Geraadpleegd op 5 april 2026.
8. MIT OpenCourseWare. (z.d.). Introduction to aerodynamics. Geraadpleegd op 5 april 2026.

# Einde

Dit plan van aanpak laat op een duidelijke en gestructureerde manier zien hoe wij ons ontwerpproject gaan uitvoeren. Het geeft inzicht in onze werkwijze, planning en doelen, en maakt duidelijk hoe wij stap voor stap toewerken naar een goed onderbouwd conceptontwerp. Met dit plan zorgen wij voor een overzichtelijk en doelgericht proces, waarbij we streven naar een technisch sterk en praktisch toepasbaar eindresultaat.

