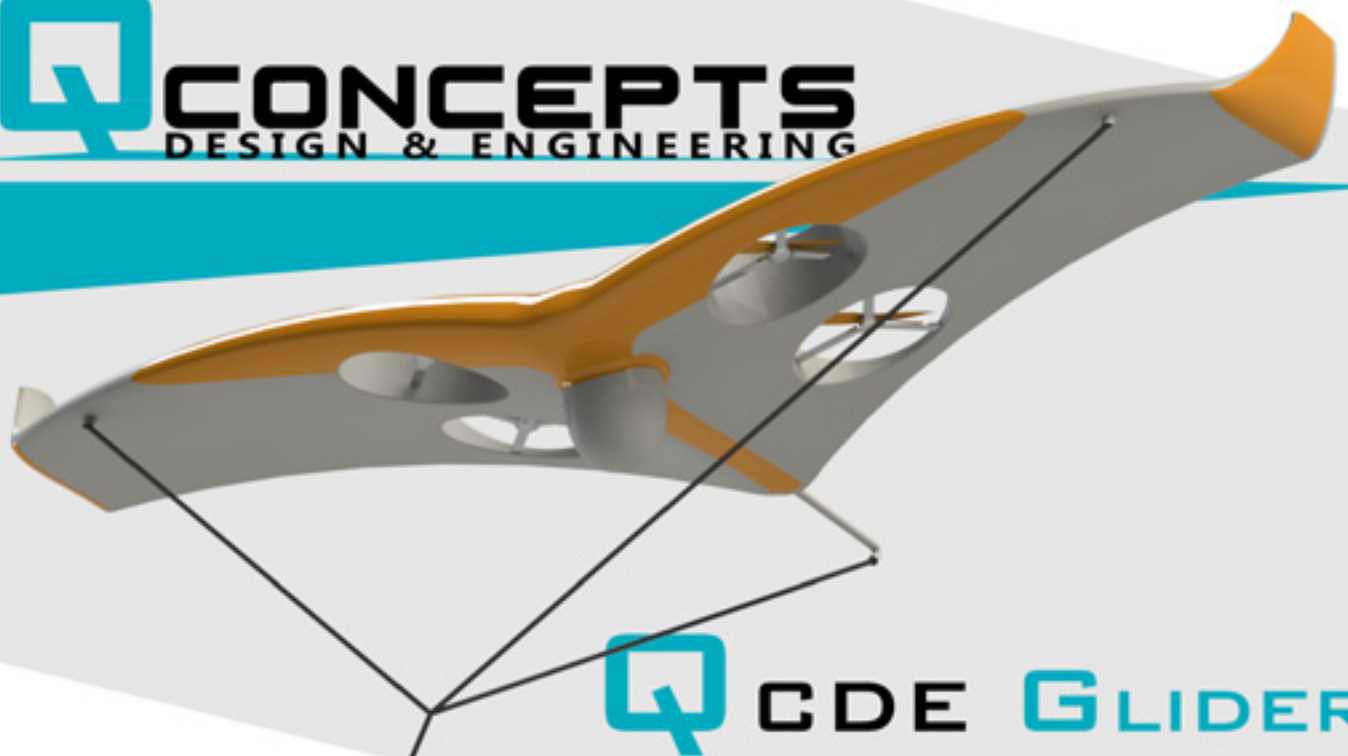


HET ONTWERPEN VAN EEN AUTONOME
KABELVLIEGER VOOR SURVEILLANCE



 **CDE** **GLIDER**

Het ontwerpen van een Autonome kabelvlieger voor luchtobservatie en surveillance

Auteur: Glenn Reijnders
S1256254

Opleiding: Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente.

Opdrachtgever: QConcepts Design & Engineering BV
C. Missetstraat 30
(7005AB) Doetinchem

Begeleider UT:
2de Examiner:
Begeleider QConcepts: R. Damgrave
J. Henseler
J. Rademaker

Datum bachelor tentamen: 23-06-2015

Datum publicatie: 18-06-2015

Aantal pagina's: 107



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
Summary	6
Samenvatting	7
1. Inleiding	8
1.1 QConcepts Design Engineering:	8
1.2 Opdrachtschrijving:	8
1.3 Vraagstelling:	9
1.4 Stakeholders:	10
1.5 Begripsbepaling	11
2. Analyse	12
2.1 Marktanalyse	12
2.1.1 Marktgeschiedenis en ontwikkelingen	12
2.1.2 Concurrentie analyse:	14
2.1.3 Concurrentie vergelijkingen:	18
2.1.4 Conclusies concurrentie analyse:	23
2.2 Toepassingen	24
2.2.1 Toepassingen en kansen	24
2.2.2 Gebruikers:	27
2.2.3 Payload:	30
2.2.4 Wetgeving RPAS: Remotely piloted Aircraft system	31
2.2.5 Wetgeving Kabel vliegers:	34
2.2.6 wetgeving mini-drones	35
2.2.7 Conclusie wetgeving	36
2.3 Associaties	38
2.4 Omgevingsfactoren	40
4. Conceptfase	44
4.1 Globaal ontwerp	44
4.2 Functies, eisen en wensen	46
4.3 gebruiksscenario:	49
4.4 Ideeschetsen	50
4.5 Termologie Aerodynamica:	56
4.6 Dynamisch evenwicht	58
5. Berekeningen	59
5.1 Gewichtsverdeling	59
5.1.1 Aannames en richtlijnen	60
5.2 Ontwerp probleem	61
5.2.1 resultaten uit berekening	64
5.2.2 Conclusies berekening	65

6. Uitwerking	66
6.1 Solidworks	66
6.2 Renders	68
7. Conclusies	70
7.1 Aanbevelingen	71
8. Bronvermelding	72
9. Bijlagen	74
9.1 Rapport: Wind	74
9.1.1 Windsnelheid:	75
9.1.2 Wind schalen naar hoogte:	76
9.2 Wetgeving	79
9.2.1 Eisen voor bewijs van luchtvaardigheid:	79
9.2.2 Handhaving	80
9.2.3 Basistraining RPAS vlieger	80
9.3 Gebruikers verdieping	81
9.3.1 Waterschap	82
9.3.2 Brandweer:	84
9.3.3 Politie:	86
9.3.4 De kustwacht:	87
9.4 Wifi distributie	88
9.5 Camera systemen:	89
9.5.1 Payload:	89
9.5.2 Selecteren van camera:	91
9.5.3 Sensoren:	95
9.6 Export aanvraag infrarood	97
9.7 Designtabel met ontwerpparameters	98
9.8 DC-DC convertoren	100
9.9 Rekentabel gewichtsverdeling(400V)	102
9.10 Rekentabel gewichtsverdeling(300V)	104
9.11 rekentabel gewichtverdeling (240V)	106

Summary

This essay is the final bachelor-assignment for the bachelorstudy Industrial Design at the University of Twente, executed by Glenn Reijnders. For this assignment an Autonomous Aerial Observation Kite was designed. The assignment commissioned by QConcepts Design and Engineering in Doetinchem.

An Autonomous kite is a aircraft which is able to stay in the air as a result of aerodynamic forces harvested from wind. The concept has rotors to support with take-off and landing or with insufficient wind. The autonomous part of the concept makes that the kite steers itself during take-off, flight and landing. To achieve unlimited flight times the kite will be powered through a cable from the ground.

A thorough Market analysis was done to find the opportunities and limitations for the concepts. Competing methods for aerial observation were reviewed. The comparison showed that the concept could outshine competitors on the several areas like flighttime, whetherresistance and the legislation. The concept could reach a large market potential if it could be use in a wide range of scenario's en circumstances. To create a underpinned design, the legislations, environmental factors and possible uses/users were analyzed.

During the designing the way the design would fulfill its main purpose became clearer. The main purpose would be to serve a platform which could lift a specific payload in the air for a relative long time within a wide range of circumstances. The designing brought about a challenge concerning the weight distribution. Calculations were done to find a realistic distribution for the weight of the body, the cable, mechatronics and the payload.

To divine the concept a Solidworks model was created. The model is build up from variables/parameters, which ensures future changes can be implemented. By varying the parameter a wide range of shapes can be created from the model.

The results of the assignment can be used as a firm base for the future development of a prototype for the "QCDE Glider"

Samenvatting

Voor u ligt het verslag van de bachelor eindopdracht voor de bachelor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente, uitgevoerd door Glenn Reijnders. Voor deze opdracht is een Autonome Kabelvlieger ontworpen voor luchtobservatie en surveillance. De opdracht is uitgevoerd in opdracht van het bedrijf QConcepts Design en Engineering te Doetinchem.

Een autonome Kabelvlieger is een luchtvaartuig dat in de lucht blijft doordat lift/een opwaartse kracht wordt gegenereerd uit de aanwezige wind. Het ontwerp heeft motoren die ondersteuning bieden bij het opstijgen en bij onvoldoende wind in de lucht te blijven. Het autonome gedeelte van het ontwerp zorgt er voor dat de vlieger zelfsturend opstijgt, vliegt en landt. Om ongelimiteerde vluchttijd te bereiken wordt het luchtvaartuig via de kabel van stroom voorzien.

Allereerst is er een uitvoerige markt analyse uitgevoerd om in kaart te brengen waar de kansen en beperkingen liggen voor een dergelijk concept. Er is gekeken naar andere methoden die gebruikt kunnen worden voor observatie vanuit de lucht. Het vergelijken van deze concurrenten bracht naar voren dat er kansen liggen op bepaalde gebieden zoals onbeperkte vluchttijd, weerbestendigheid en de wetgeving. Het ontwerp kan een grote marktwaarde bereiken wanneer deze gebruikt kan worden in zoveel mogelijk scenario's en omstandigheden. Om een onderbouwd ontwerp te kunnen maken, zijn de wetgeving, omgevingsfactoren en mogelijke toepassing/eindgebruiker in kaart gebracht.

In de conceptfase is geleidelijk aan een steeds duidelijker beeld ontstaan hoe het ontwerp zijn hoofdfunctie kan verrichten. Als hoofdfunctie dient het ontwerp als platform om een payload in de lucht te houden voor een relatief lange periode onder verschillende omstandigheden. Het ontwerp brengt een uitdaging mee rondom de gewichtverdeling. Er is gezocht naar een realistische verdeling voor het gewicht van het luchtvaartuig, de kabel, de mechatronica en de payload.

Voor de uitwerking van het concept is een Solidworks model gemaakt, dat opgebouwd is uit variabelen/parameters, zodat bij toekomstige ontwikkelingen het model kan worden aangepast. Door te variëren met de parameters kunnen vele verschillende vormen gemaakt worden vanuit het model.

Het gedane werk voor deze opdracht legt een stevige basis voor de verdere ontwikkeling tot een prototype van de "QCDE Glider".

1. Inleiding

1.1 QConcepts Design Engineering:

QConcepts Design Engineering BV, gevestigd in Doetinchem, is gespecialiseerd in productontwikkeling op basis van stromingsanalyses en composietmaterialen. Het bedrijf heeft innovatie en kwaliteit hoog in het vaandel en streeft er naar om technologische grenzen te verleggen. QConcepts beschikt over een jong en enthousiast team van specialisten, dat aan multidisciplinaire projecten werkt. QConcepts beschikt over faciliteiten waarmee prototypes en matrijzen geproduceerd worden. Met de aanwezige CNC en rapid-prototypingtechnieken worden ontwerpen op een efficiënte wijze omgezet tot prototypes.

<http://qcde.eu/en/>

1.2 Opdrachtomschrijving:

Het doel van deze bachelor opdracht is het creëren van een programma van eisen waar een surveillance vlieger aan moet voldoen en het ontwikkelen van een concept voor het gebruiken van een luchtvaartuig dat is verbonden met de grond via een kabel als surveillance drone.

De oorsprong van de opdracht is de "SkyWindTurbine", een concept van QConcepts. Hierbij wordt een luchtvaartuig/vlieger opgelaten die op 100-300 meter hoogte energie opvangt uit de aanwezige wind. Uit dit concept is het volgende idee naar voren gekomen: het ontwikkelen van een surveillance vlieger.

Voor de opdracht zal eerst een analyse worden gemaakt van de beoogde markt en de inzet mogelijkheden waaruit uit een algemeen gebruiksscenario moet volgen. Voor het creëren van concepten zal bekende technische aspecten vanuit het bedrijf Qconcepts gecombineerd worden met de resultaten van de analyse fase om een ontwerpvoorstel te verkrijgen dat aan het programma van eisen voldoet en inzetbaar is in het algemene scenario.



figuur 1.1: QCDE SkyWindTurbine

1.3 Vraagstelling:

Wat zijn de eisen en wensen waaraan een surveillance vlieger moet voldoen om goede marktkans te realiseren?

- 1) Welke gebruikssituaties zijn er voor de surveillance drone?
 - i) Wanneer is het wenselijk om een hoog surveillance punt te hebben?
 - ii) Welke omgevingsfactoren brengt de gebruikslocatie?
 - (a) Weer
 - (b) Snelheden
 - (c) (Obstakels)
 - (d) Tot welk doeleinde wordt de drone gebruikt in deze situaties?
- 2) Wat is het voordeel van een surveillance drone t.o.v. bestaande middelen in deze situaties?(meerwaarde)
 - i) Wie zijn de primaire en secundaire gebruikers
 - ii) Welke belangen zijn er vanuit de gebruikers?
 - (a) Wat betreft functies?
 - (b) Welke vorm van beeldmateriaal behoeft de gebruiker?
 - (c) Wat wil de gebruiker zien op de gemaakte beelden?
 - (d) Wat betreft gebruik?
 - (e) intuïtiviteit
 - (f) vervoerbaarheid
 - (g) (kosten)
 - (h) (Flexibiliteit)
- 3) Welke eisen brengen de verschillende situaties voor het ontwerp?
 - i) Welke eisen zijn er vanuit de wetgeving rondom drones?
 - ii) Welke eisen zijn ontstaan vanuit de beoogde gebruiker?
 - iii) Welke eisen zijn ontstaan vanuit de omgevingsfactoren?
- 4) Wat zijn de hoofdfuncties en deel functies van de drone?
 - i) Welke technische aspecten moet de drone bevatten?
 - ii) Wat zijn de eisen omtrent de aerodynamica voor het ontwerp op basis van voorgaande onderzoeken van het bedrijf Qconcepts?
 - iii) Hoe is de drone bestand tegen omgevingsfactoren?
 - iv) Hoe blijft de drone in de lucht op zijn plaats?
 - v) Wat zijn de eisen omtrent de composiet materialen voor het ontwerp op basis van voorgaande onderzoeken van het bedrijf Qconcepts?
 - vi) Wat zijn de randvoorwaarden vanuit stijfheid, sterkte en gewicht?
- 5) Welke ontwerpisen brengt het produceren met composiet materialen tot het ontwerp?
 - i) Welke onderdelen moet de drone bevatten om te vliegen?
 - (a) Hoe is het elektrische systeem vormgegeven op basis van de aanwezige componenten?
 - (b) Hoe beïnvloeden deze onderdelen de vormgeving van de drone?
 - (c) Koppeling tussen kabel en vliegtuig
- 6) Wat zijn de randvoorwaarden voor de dimensies van de drone?
- 7) Hoe wordt het ontwerp gebruikt?
 - i) Hoe wordt de drone opgelaten/hoe stijgt de drone op?
 - ii) Hoe blijft de drone in de lucht op zijn plaats?
 - iii) Hoe wordt ervoor gezorgd dat de drone ook 's nachts inzetbaar is?
 - iv) Hoe wordt het ontwerp vervoerd?
- 8) Welke dimensies in het solidworks model moeten variabel zijn?

1.4 Stakeholders:

De belanghebbenden voor de opdracht zijn:

- Qconcepts Design Engineering BV
- Investeerders
- Nederlandse Overheid
- Eindgebruikers
- Universiteit Twente
- Bachelor student Industrieel Ontwerpen

QConcepts:

QConcepts Design Engineering BV wil een drone ontwikkelen die dient als hoog surveillance punt. Het bedrijf wil innovatief zijn met hun kennis over aerodynamica en composietmaterialen. Met de surveillance drone wil het bedrijf een nieuwe markt betreden. Hiervoor moet een ontwerp komen waarmee zij investeerders kunnen overtuigen om met hun samen te werken.

Eindgebruiker:

De eindgebruiker heeft baat bij een hoog surveillance punt. De eindgebruikers liggen nog niet vast. Een doel van deze opdracht is het in kaart brengen van mogelijke eindgebruikers en de eisen die deze stellen aan het ontwerp. Een voorbeeld van een eindgebruiker is de beveiligingssector. In de beveiligingssector is de drone dienen als een camera dat een groot gebied vanuit de lucht kan overzien. Voor de beveiligingssector is het van belang at de drone 24-7 inzetbaar is. Tijdens deze opdracht wordt onderzoek gedaan naar de mogelijke eindgebruikers en de belangen die zij hebben bij het ontwerp. Voor verder uitwerking over de gebruikers zie hoofdstuk 2.2.2.

Nederlandse overheid:

De drone moet vallen binnen de Nederlandse wetgeving omtrent drones. Voor het commercieel inzetten van drones hebben particulieren een ontheffing nodig van de overheid. Enkel met ontheffing van de overheid mogen particulieren vliegen met drones. Momenteel is de wetgeving drones in ontwikkeling. Het wordt eenvoudiger om ontheffing te krijgen. In hoofdstuk 2.3 wordt ingegaan op de wetgeving rondom het ontwerp.

Daarnaast moet de drone overeenkomen met de wetgeving cameratoezicht en privacy.

Investeerders:

Het bedrijf Qconcepts wil investeerders overtuigen van het concept. Investeerders willen aangetoond hebben dat het concept haalbaar is en winst gaat opleveren binnen de markt. Hiervoor moet duidelijk uitgewerkt zijn welke meerwaarde het ontwerp levert en hoe het gerealiseerd gaat worden.

Universiteit Twente:

Het belang van de Universiteit Twente is om studenten op te leiden tot het halen van hun bachelorgraad. Hiervoor moeten zij een bachelor-eindopdracht doen.

Student:

De student heeft er baat bij om hun bachelor Industrieel Ontwerpen af te sluiten en hiervoor een leuke, leerzame opdracht met succes uit te voeren. De student wil de bachelor opdracht afsluiten in Juni 2015.

1.5 Begripsbepaling

QCDE Glider:

In dit verslag wordt gesproken over de QCDE Glider als het hetgeen dat ontworpen wordt. Aangezien dit concept nog niet bestaat, is er geen concrete omschrijving. Er zijn vergelijkbare producten, maar er wordt vermeden het concept als deze te benoemen, zodat er geen stempel op het concept gedrukt worden.

De meest accurate beschrijving is een Autonome Vlieger voor Lucht Observatie/Surveying

De QCDE Glider is een luchtvaartuig dat werkt als een vlieger. Door wind te vangen wordt lift gegenereerd om in de lucht te blijven. Het luchtvaartuig heeft rotoren om ondersteuning te bieden bij onvoldoende wind en het opstijgen en landen. Het luchtvaartuig is door middel van een kabel verbonden aan de grond voor stroomvoorziening.

Luchtvaartuig:

Een luchtvaartuig is een voertuig dat in staat is om zich voort te bewegen door de aardatmosfeer. Wanneer in dit verslag de beschrijving “HET luchtvaartuig” wordt gebruikt, zal het gaan om het deel van het ontwerp dat de lucht in gaat. Het luchtvaartuig is solide en genereert door middel van aerodynamica lift uit de wind waardoor deze in de lucht blijft. Het luchtvaartuig bevat rotoren ter ondersteuning van deze lift wanneer de wind onvoldoende is. Het luchtvaartuig heeft veel overeenkomsten met een vlieger, namelijk: “een object dat doormiddel van een aerodynamisch oppervlak lift genereert om te vliegen en verbonden is via aan kabel aan de grond.”

Grondstation:

Het grondstation is het deel van het ontwerp dat zich tijdens de vlucht op de grond bevindt. Hier is de kabel verbonden aan de grond, dus het dient als anker voor het luchtvaartuig. Het grondstation zal de kabel kunnen opwinden en bevat de interface waar de gebruiker het ontwerp mee kan aansturen. Er wordt gekeken naar de mogelijkheden om het grondstation te vervoeren of mobiel te maken.

Markt:

In Hoofdstuk 2.1 wordt gekeken naar de mogelijke toepassingen voor de QCDE Glider. Hiermee zal geconcurrereerd worden met bestaande methoden om beelden te maken/data te vergaren vanuit de lucht. Dit kan door middel van traditionele vliegtuigen en helikopters, ballonen, vliegers en onbemande luchtvaartuigen. Onbemande luchtvaartuigen worden ook wel drones, UAV, UAS of RPAS genoemd. Deze luchtvaartuigen komen voor in verschillende groten, waarbij de meeste relevante klasse v ter vergelijking de klasse “small” is: namelijk 5-25 kg. De QCDE Glider richt zich op de commerciële markt.

Surveillance/observatie:

De QCDE Glider heeft een breed scala aan toepassingen. De initiële omschrijving van deze opdracht was het creëren van een surveillance drone. De term surveillance slaat meestal op het nauwkeurig observeren van een verdacht persoon of object. De QCDE Glider wil zich niet limiteren tot dit doeleinde. Het uiteindelijke doel is het maken van beelden vanuit de lucht of het vergaren van data vanuit de lucht.

Payload:

In de onbemande luchtvaart wordt de term payload gebruikt als de lading/instrumenten die het luchtvaartuig draagt om het doel van de vlucht te verrichten. In het geval van de QCDE Glider is de payload de sensoren waarmee de grond waargenomen wordt. Onder payload valt naast de sensoren ook de ophanging(manier waarop de sensoren aan het luchtvaartuig bevestigd worden)

2. Analyse

Het doel van de analyse fase in het in kaart brengen van de eisen en wensen waaraan de QCDE Glider moet voldoen om goede marktkans te realiseren. Allereerst moet duidelijk worden welke markt de QCDE Glider zal betreden. QConcepts richt zich op een commerciële markt. Dit betekent dat er niet gekeken wordt naar militaire toepassingen, maar gericht wordt op bedrijven en andere overheidsinstanties.

Wanneer de QCDE Glider gerealiseerd is, geeft dit een platform dat gebruikt kan worden voor observatie van uit de lucht, dan wel metingen of surveillance. Om in kaart te brengen waarvoor de QCDE Glider gebruikt kan worden is gekeken naar de mogelijk toepassingen voor het product. Daarbij is gekeken naar de voornaamste concurrentie op dit gebied, namelijk de onbemande luchtvaart. De concurrentie analyse geeft aan waar de kansen liggen voor de QCDE Glider en hoe de QCDE zich kan onderscheiden om een goede markt kans te realiseren. Hieruit volgen eisen en wensen waaraan moet worden voldaan en de zogeheten "sellingpoints" die aangeven waarom een eindgebruiker de QCDE Glider zal aanschaffen.

Om de markt in kaart te brengen is eerst gekeken naar de concurrentie. Dit zijn vergelijkbare producten die gebruikt kunnen worden als platform ter luchtobservatie, voornamelijk onbemande luchtvaart. Hierbij is gelet op de ontwikkelingen binnen deze sector en de voor- en nadelen ten opzichte van de QCDE Glider.

Een belangrijke factor om rekening mee te houden voor het ontwerp is de wetgeving. Dit is een grote beperking voor de mogelijkheden binnen de onbemande luchtvaart. Er is onderzoek gedaan naar de

verschillende opties waaronder de QCDE Glider kan worden ondergebracht.

2.1 Marktanalyse

2.1.1 Marktgeschiedenis en ontwikkelingen

Onbemande luchtvaart:

De onbemande luchtvaart heeft de oorsprong uit militaire toepassingen. Onbemande luchtvaartuigen hebben ontwikkelingen doorgemaakt van onbemande ballon tot geavanceerd aanvals-drones als de "predator". Het eerst bekende gebruik van onbemande luchtvaart is in 1849, wanneer Oostenrijk ballonnen gebruikte om Venetië te bombarderen. In de 20^{ste} eeuw werden de onbemande luchtvaartuigen geavanceerder. Ze werden gebruikt voor verkenning en bombardementen. Er werd veel onderzoek gedaan naar het creëren van "long endurance" luchtvaartuigen, die langer in de lucht konden blijven en verder binnen vijandig gebied konden komen. Daarnaast zijn de besturingssystemen en sensoren verbeterd.

Een trend van afgelopen jaren is het schalen van UAV's tot een steeds kleiner formaat: van "hand-launched"-UAV's als de "RQ-11 Raven" tot micro-drones van enkele centimeters groot.



figuur 2.1: Rq-11 Raven



figuur 2.2: PD-100 Hornet micro drone

Ook in de wereld van de modelbouw vond groei plaats. Radiografisch bestuurbare modelvliegtuigen zijn in populariteit toegenomen. Ontwikkelingen in de techniek hebben er voor gezorgd dat radiografische luchtvaartuigen gemakkelijker te besturen zijn. De mogelijkheden zijn ook sterk uitgebreid doordat stroombronnen/accu's betere verhoudingen krijgen tussen gewichten en capaciteit.

In de laatste decennia zijn onbemande luchtvaartuig meer toegankelijk geworden voor het publiek, mede door de introductie van quadcopters. Ook in de commerciële sector worden er steeds meer toepassingen ontdekt voor onbemande luchtvaartuigen. Er is een nieuwe categorie ontstaan tussen de modelbouw en de militairtoepassing in. Er wordt veel geëxperimenteerd met onbemande luchtvaart in de publieke en commerciële sector. De hedendaagse trend is om de luchtvaartuigen smart/zelfsturend te maken, waardoor ze eenvoudig gebruikt kunnen worden door iedere gebruiker. Voor de commerciële sector wordt gezocht naar geavanceerde systemen die een groot scala aan data kunnen verzamelen vanuit de lucht.

De groei van UAV's brengt meerdere ethische vraagstukken mee. Het publiek is onder andere bang voor inbreuk op de privacy. De technologie is relatief nieuw en de belangstelling is sterk toegenomen, waardoor het publiek meer in aanraking komt met deze producten. Het publieke beeld over deze moderne technologie is niet altijd positief. Er zijn veel voorbeelden te vinden waarbij er iets misgaat met de publieke onbemande luchtvaartuigen (bv neerstorten). Ook zijn er berichten van mensen die absoluut tegen de nieuwe technologie zijn en deze uit de lucht halen: <http://www.deklaptand.be/boer-gearresteerd-na-neerhalen-drone-te-appels/>. Dus naast de velen mogelijkheden die onbemande luchtvaartuigen kunnen bieden aan de samenleving, zijn er ook gevaren.

De enorme groei die de technologie heeft gemaakt afgelopen jaren heeft ervoor gezorgd dat de regelgeving achterbleef. Nadat de berichten over onbemande luchtvaartuigen toegenomen waren, werden hier vragen over gesteld in de Tweede Kamer: uit inleiding Custers, B.H.M, Oerjemans, J.J en Vergouw, J.J(2015)

"Naar aanleiding van de ontwikkelingen op het gebied van drones is ook vanuit de Tweede Kamer aandacht voor dit onderwerp ontstaan. Vanuit de gedachte dat meer achtergrondkennis en -informatie wenselijk is, is in 2013 een motie van de Tweede Kamerleden Schouw (D66) en Segers (CU) aangenomen waarin de regering wordt verzocht onderzoek te laten uitvoeren naar het gebruik van onbemande luchtvaartuigen. In de motie wordt verzocht om het uitvoeren van een vergelijking van de wet- en regelgeving met die in de ons omringende landen met betrekking tot het gebruik van drones. Daarnaast wordt verzocht de kaders voor benodigde wet- en regelgeving te formuleren, waarbij aandacht wordt geschonken aan de effecten op privacy en de wijze waarop privacy kan worden gewaarborgd. Ten slotte wordt in de motie verzocht om de verwachte kansen en bedreigingen van drones voor de nationale veiligheid en criminaliteit in kaart te brengen."

Dit onderzoek is uitgevoerd door het WODC: het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatie Centrum door Custers et al en is gepubliceerd in maart 2015. [Bron 1.](#)

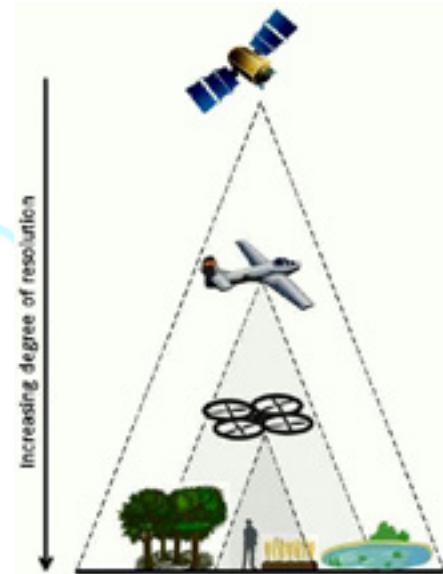
Omdat er geen duidelijke regelgeving was voor de onbemande luchtvaartuigen heeft de tweede kamer in juni 2013 besloten om commerciële vluchten te verbieden. Er moest concrete wetgeving komen speciaal voor deze luchtvaartuigen. Veiligheid staat hierbij centraal. Met behulp van het onderzoek van het WODC en internetconsultaties zijn nieuwe wetsvoorstellen tot stand gekomen die zullen gelden vanaf juli 2015.

In [hoofdstuk 2.3](#) wordt verder ingegaan op de veranderingen in de wetgeving omtrent onbemande luchtvaartuigen.

Remote sensing

Remote sensing is het vergaren van informatie over een object zonder fysiek contact met het object. Tegenwoordig wordt de term vaak gebruikt wanneer men praat over het vergaren van data vanuit de lucht. Remote sensing is dus een term die de hoofdfunctie van de QCDE Glider zou kunnen beschrijven. Remote sensing beschrijft meestal specifiekere data dan enkel visueel beeld. Toch valt visueel beeld wel onder informatie over een object, dus als enkel gevlogen wordt met een optische camera kan ook gesproken worden over remote sensing, al is dit niet gebruikelijk.

Remote sensing heeft de oorsprong vanuit radar. Tegenwoordig is meer technologie beschikbaar om objecten vanaf afstand te waarnemen. Een breed scala aan sensoren kunnen nieuwe informatie opleveren. De term wordt tegenwoordig al snel gekoppeld aan metingen vanuit de lucht. De afstand tot aan het object is een belangrijke factor bij remote sensing, deze bepaalt het detail-level en de grootte van het bekeken gebied. De term Remote sensing wordt veelal toegepast bij satellieten. Omdat satellieten op grote hoogte vanaf de grond bevinden is ondanks de geavanceerde sensor techniek het detaillevel beperkt. Het platform dat gebruikt wordt heeft dus grote invloed op het resultaat van remote sensing. Kleine onbemande luchtvaartuigen bieden dus een uitermate geschikt platform omdat in vergelijking tot satellieten en vliegtuigen de afstand tot het object veel kleiner is. Daarnaast valt deze oplossing in een goedkopere prijsklasse.



figuur 2.3: Remote Sensing: resolutie vs hoogte

2.1.2 Concurrentie analyse:

Zoals aangegeven is onderzocht met welke producten de QCDE Glider zal concurreren, zodat opgemaakt kan worden hoe de QCDE Glider zich kan onderscheiden om een goede marktkans te creëren.

De QCDE Glider concurreert met bestaande methoden om beelden/data te vergaren vanuit de lucht. In dit hoofdstuk is gekeken naar de concurrenten en de voor- en nadelen deze hebben. Platformen die meegenomen zijn is de vergelijking zijn:

- Helikopters
- Ballonnen/zeppelins
- Vliegers
- Onbemande luchtvaartuigen

Wat betreft data kan de QCDE Glider ook concurreren met data vanaf een satelliet. Data vanaf een satelliet kan wel verkregen worden. Deze is voornamelijk beperkt door de afstand/hoogte.

Onbemande luchtvaart:

Er bestaan een groot scala aan onbemande luchtvaartuigen. Hiervoor bestaan vele soorten en maten. Om een beter overzicht te verkrijgen kunnen deze op meerdere manieren verdeeld worden in klassen/categorieën. De voornaamste classificering die terugkomt in wetgeving is het gewicht van het luchtvaartuig. In Tabel 2.1 staat de Amerikaanse gewichtsverdeling voor onbemande luchtvaartuigen. **De QCDE Glider zou vallen onder de gewichtsklasse I mini.**

Tabel 2.1: Unmanned Aircraft Classification. Extracted from (Joint Air Power Competence Centre, 2010)

Class	Catergory	Normal operating altitude	Example platform
Class I (less than 150 kg)	Small >20 kg	Up to 5K ft. AGL	Luna, Hermes 90
	Mini 2-20 kg	Up to 3K ft. AGL	ScanEagle, Skylark, Raven, DH3, Aladin, Strix
	Micro <2 kg	Up to 200 ft. AGL	Black widow, Hornet

Nederlandse wetgeving maakte tot 2013 geen onderscheid in luchtvaartuigen onder 150 kg. In de nieuwe wetgeving zal een verdeling worden opgenomen van klassen van <4kg en 4-25 kg.

Onbemande luchtvaartuigen kunnen verder geclassificeerd worden op type. Elke type luchtvaartuig heeft specifieke voordelen die resulteren in meerwaarden voor bepaalde gebruiksscenario's

Type luchtvaartuigen:

- Fixed-wing:

Een fixed-wing luchtvaartuig heeft een vaste vleugel die lift genereert vanuit voorwaartse trust. Een fixed-wing UAV heeft dus veel overeenkomsten met een traditioneel vliegtuig. Het voordeel van een fixed-wing drone is de mogelijkheid voor het afleggen van relatief lange afstanden. Doordat de vorm van de UAV lift genereert kost het minder energie om in de lucht te blijven. Een fixed-wing UAV heeft in principe slechts één propeller nodig om de voorwaartse snelheid te creëren. Fixed-wing luchtvaartuigen kunnen met minder energie langer in de lucht blijven. Fixed wing UAV's zouden opgesplitst kunnen worden in twee subgroepen: mapping en surveillance. Twee verschillende doeleinden met verschillende voor en nadelen(bv prijsklasse).

- Multirotor:

Bij een multirotor luchtvaartuig wordt lift gecreëerd door roterende vleugelbladen. De multirotor drone is ontstaan vanuit de traditionele helikopter. Multirotor drones hebben meerdere rotoren(minimaal twee), die door te variëren met de snelheid het luchtvaartuig kunnen sturen. Het voornaamste voordeel ten opzichte van Fixed-wing luchtvaartuigen is dat er bij multirotors geen voorwaartse snelheid nodig is om lift te creëren. Dit betekent dat deze luchtvaartuigen verticaal kunnen opstijgen(VTOL: Vertical Take Off and Landing) en heel wendbaar zijn. De meest voorkomende multirotors zijn quadcopters met vier rotoren. Met meer rotoren(hexacopter(6) en octacopter(8)) krijgt de drone meer kracht en stabiliteit. Deze drones zijn wel significant duurder dan quadcopters.

- Hybride UAV's:

Hybride drones zijn een combinatie tussen fixed-wing en multirotor UAV's. Deze drones hebben zowel een vleugel die lift creëert uit voorwaartse snelheid en rotoren die verticaal lift creëren. Hierdoor kunnen deze UAV's energie besparen door de vleugel en verticaal opstijgen. Dergelijke UAV's zijn geavanceerd en hebben een complex besturingssysteem. Een knelpunt is de omschakeling van de verticale voortstuwing naar de horizontale voortstuwing

In het rapport van het WODC worden drones ook geclassificeerd op hun grootte, mate van autonomie, payload en de energiebron.

Concurrenten analyse Collage

Deze pagina laat de verschillende typen UAV's zien waarmee de QCDE Glider zal concurreren. In de tekst staan de voor- en nadelen per type. De kleuren geven aan hoe de UAV zal presteren ten opzichte van de QCDE Glider

Groen: Voordeel t.o.v. QCDE Glider

Rood: Nadeel t.o.v. QCDE Glider

Fixed wing UAV: mapping

Voorbeeld: Sensefly eBee

- Een fixed wing UAV geschikt voor het in kaart brengen van **grote/lange grondgebieden**.
- \$12.000 (\$7.000-\$20.000), wordt verkocht als systeem met ground-control-unit en **3D mapping software**. Maakt nadir foto's die door middel van GPS-locatie gehecht worden tot totaal beeld.
- Vluchttijd van **30-50 min** voor lange afstanden langs een voorgeprogrammeerde route.
- Lanceermethode: **worp**, (**bungee-kabel of lanceerinstallatie**)
- Heeft altijd **voorwaartse snelheid nodig**, maar zou kunnen hoveren door de snelheid van de tegenwind te evenaren;
- Niet geschikt voor observatie van enkel object;
- Lichtgewicht met afneembare vleugels voor vervoer.
- Windbestendigheid: 30mph
- Materiaal: EPP schuim, **lage stevigheid**

Fixed wing UAV: Surveillance

Voorbeeld: AeroVironment RQ-11 Raven

- Een fixed wing UAV geschikt voor observatie/**verkenning** vanuit de lucht en "situational awereness".
- Militaire oorsprong.
- \$34.000(\$20.000-\$40.000)** met hightech sensoren.
System: A full RQ-11 system with 3 UAVs, ground control station, video terminal and associated spares and other equipment has a price tag of about \$300,000. The unit cost (just the aerial vehicle) is \$34,000.
- Mantis i23: **Bestuurbare 360° Gimball camera EO(5mp)+IR(640x460) met meerdere zoom levels**.
- Vluchttijd: **50-90 min** voor **8-12 km**.
- Remote-control of voorgeprogrammeerde route.
- Lanceermethode: **worp**, (**bungee-kabel of lanceerinstallatie**)(**grotere UAV's hebben landingsinstallatie/kabelvanger**).
- Kan focussen op een object(ROI: Region of Interest) door te cirkelen en gimball aan te sturen.
- Heeft altijd **voorwaartse snelheid nodig**, maar zou kunnen hoveren door de snelheid van de tegenwind te evenaren.
- Windbestendigheid: 30mph

Multirotor

Voorbeeld: DJI Phantom Vision quadcopter

- Multirotor UAV geschikt voor luchtsurveillance en -fotografie
- Precieze controle**
- Hoveren met automatisch stabilisatie
- \$1.000(\$1.000-\$7.000)**
- VTOL: Vertical Take-Off and Landing
- 360° view door multirotor te draaien
 - Gopro camera+ zenmuse-gimball stabilisatie + \$800
 - Professionele spiegelreflex camera's met 3-axis gim
- \$3.000**
- Kan dichtbij object(ROI: Region of Interest) komen
- Inspecties vanaf dichtbij:** bv. gebouwen
- Vluchttijd: 8-20min**
- Snel inzetbaar/veel scenario's/lage inzetdrempel**
- Klein/gemakkelijk vervoerbaar**
- Remotecontrol/GPS-route/swarm
- Een hoger aantal rotoren(hexacopter/octocopter/etc.) verhoogd de liftcapaciteit en stabiliteit, hogere prijs klasse \$10.000+
- Bescherming van de rotorbladen gaat ten koste van windbestendigheid en batterijleven**
- Veel modellen met **open body**
- Windbestendigheid: 15mph**

Hybride UAV

Voorbeeld: Latitude Arcturus jump

- UAV met eigenschappen van fixed wing en multirotor UAV's
- VTOL + efficiënt vliegen**
- Hoveren+**lange afstanden**
- \$50.000(\$40.000-\$70.000)**
- Complexe technologie
- Duur
- Moeilijk te besturen**
- Nog in ontwikkeling
- 180-360min
- Hightech zware sensoren/military grade**
- Geschikt voor **lange afstanden** en specifieke ROI
- Ervaren piloot nodig
- Relatief groot

Helicopter

Voorbeeld: AS-350B-2 Ecureuil

- Gaspowered
- Ervaren piloot nodig
- Manoeuvrerbaar
- Prijs helicopter huren: \$1.000 per uur excl. landingsrechten, BTW, sensoren/camera's**
- Hightech zware sensoren/military grade/hoge liftcapaciteit**
- 180-240min
- Windbestendigheid: 60 mph
- Stevig
- Groot
- Veel voorbereiding/lange tijd voor beschikbaar/hoge inzetdrempel**
- VTOL

KAP: Kite Aerial Photography

- Het maken van beelden vanuit de lucht door middel van een vlieger met een camera eronder
- Geschikt voor het maken van **low-cost** luchtbeelden bij wind
- \$1.000**
- Lage inzetdrempel**
- Compact systeem
- Weersafhankelijk/windafhankelijk**
- Windbestendigheid: min 5 mph, max 30 mph(afhankelijk van gewicht van payload)
- Vluchttijd: Enkel afhankelijk van de wind en batterij camera
- Suspended Payload: 3 axis-Gimbal digital camera
- Liftcapaciteit: **afhankelijk van wind**
- Verankerd aan de grond
- Vaste ROI
- Kan eventueel gesleept worden
- Oplaten in de wind heeft ruimte nodig**
- Oplaten kost moeite**
- Overheid: Regeling kabelvliegers**

Blimp/Balloon

Voorbeeld: Aero Drum LTR SLR system

- \$5.000-\$10.000
- Vluchttijd: 180min+
- Verankerd aan de grond(evt. aangedreven)
- Vaste ROI
- Hoge inzetdrempel/ Inflationtime**
- (Helium)Gas nodig
- Grootte: min. 5 mtr**
- Windbestendigheid: 15-20 mph**
- Combinatie met vlieger verhoogd windbestendigheid(Helikite)
- Suspended Payload: 3 axis-Gimbal digital camera
- Liftcapaciteit: 2.5 kg
- Mogelijkheid voor **reclame op zijkant**
- Laag energie verbruik**

Helicopters

Helikopters worden al veel gebruikt voor remote sensing. Helikopters zijn meegenomen in de vergelijking omdat de QCDE Glider in veel toepassingen gebruikt kan worden als goedkoper alternatief voor de helikopter. Een helikopter heeft als voordeel t.o.v. UAV's dat deze bestand zijn tegen meer windomstandigheden en zware sensoren kunnen meenemen als payload. Het inschakelen van een helikopter is al snel een dure onderneming.

KAP: kite Aerial Photography

De QCDE Glider heeft veel overeenkomsten met een vlieger. Het maken van luchtbeelden met een vlieger heet KAP: Kite Aerial Photography. Met de juiste vlieger en een stabiel ophangstelsel kunnen mooie beelden gemaakt worden vanaf een vlieger. KAP heeft als voordeel dat het velen malen goedkoper is dan de alternatieven. Een nadeel is dat de gebruiker sterk afhankelijk is van de wind. De wind is geen garantie. Als de wind wegvalt stort de vlieger naar beneden en dus ook de relatief dure camera.

Ballonnen/zeppelins

Ballonnen of zeppelins kunnen voor dit doeleinde gebruikt worden. Bij veel evenementen wordt al gebruik gemaakt van ballonnen om camerabeelden te maken vanuit de lucht(denk hierbij aan bijvoorbeeld de Olympische Spelen.)

2.1.3 Concurrentie vergelijkingen:

Prijs:

Hoe geavanceerder het systeem wordt, hoe hoger de prijsklasse. Om een inschatting te maken voor de prijsklasse van de QCDE Glider is gekeken naar de prijzen van concurrerende onbemande luchtvaart. Wanneer gezocht wordt naar prijs kwaliteit verhoudingen voor onbemande luchtvaartuigen, moet men rekening houden met het feit dat ontwikkelaars niet alle informatie vrijgeven. Wanneer er een prijsgegeven wordt, is het nog niet duidelijk wat deze prijs omvat. Zo wordt bij het bij de ene ontwikkelaar enkel de prijs genoemd van het platform terwijl bij de andere ontwikkelaar de prijs geldt voor het hele systeem(soms inclusief data-verwerkingssoftware). Meestal is de prijs exclusief payload. De payload is een kosten post die voornamelijk afhankelijk is van de benodigde kwaliteit. Desalniettemin is in veel gevallen de payload de grootste kosten post.

Een organisatie die zich bezig houdt met de ontwikkelingen rondom internationale onbemande luchtvaart is UAVitors.org. UAViators (pronounced You-Aviators) is een humanitair netwerk rondom UAV's. Op hun site wordt kennis gedeeld over UAV's, waaronder een grootschalige tabel met daarin de specificaties van meer dan honderd UAV's: Bron 9. De lijst is grotendeels samengesteld door P. Mosur, Research Assistant at Qatar Computing Research Institute. Voor dit onderzoek is gekeken naar:

UAVs: Type, Cost, Size, Weight, Appearance, Noise Factor, Durability, Ease of Use, Ease of Repair, Payload Capacity, Flight Time, Transmitter Range, Autonomy, Camera/Gimbal Compatibility and Legality/Customs.

Ook voor deze lijst geldt dat het niet altijd even duidelijk is welke kwaliteit bij welke prijs en omstandigheden hoort. De lijst bevat zowel UAV's voor militaire doeleinden als "do-it-yourself"-modellen voor hobbyisten. De beoogde doelgroep voor de QCDE Glider verwacht een volledig systeem dat "ready-to-fly" is. De QCDE Glider kan een hogere prijsklasse betreden wanneer deze universeel is/in veel scenario's gebruikt kan worden. De kwaliteit van het product wordt voornamelijk bepaald door de garantie die gegeven kan worden dat er niks mis kan gaan. Indien het systeem zogeheten "fool-proof" is en volledig autonoom, neemt de mogelijke vraagprijs toe.

Vluchttijd:

De QCDE Glider wil zich gaan onderscheiden op vlucht tijd. Doordat de Glider gevoed zal worden vanaf de

grond, is ongelimiteerde vluchttijd mogelijk. Bij bijna alle onbemande luchtvaartuigen wordt een maximale vluchttijd gespecificeerd. Over het algemeen is deze vluchttijd gemeten in een windtunnel met vaste(ideale) omstandigheden. Echter zijn er in de werkelijkheid veel factoren die deze vluchttijd verminderen. Bij de specificaties van UAV's wordt vaak niet vermeld onder welke omstandigheden is getest. Een hogere payload vraagt meer vermogen om gelift te worden. Hierdoor neemt het verbruik toe en ook de maximale vluchttijd.

Het bedrijf HoneyComb geeft in hun specificaties een inschatting van het effect van de wind op de maximale vluchttijd van de AGDrone(fixed wing):

Tabel 2.2: Estimated flighttime of AGDrone from <http://www.honeycombcorp.com/specifications/>

Estimated Flight Time	Wind 0-5 mph: 55 min + 11 min safety factor Wind 5-10 mph: 44 min + 9 min safety factor Wind 10-20 mph: 33 min + 7 min safety factor
-----------------------	--

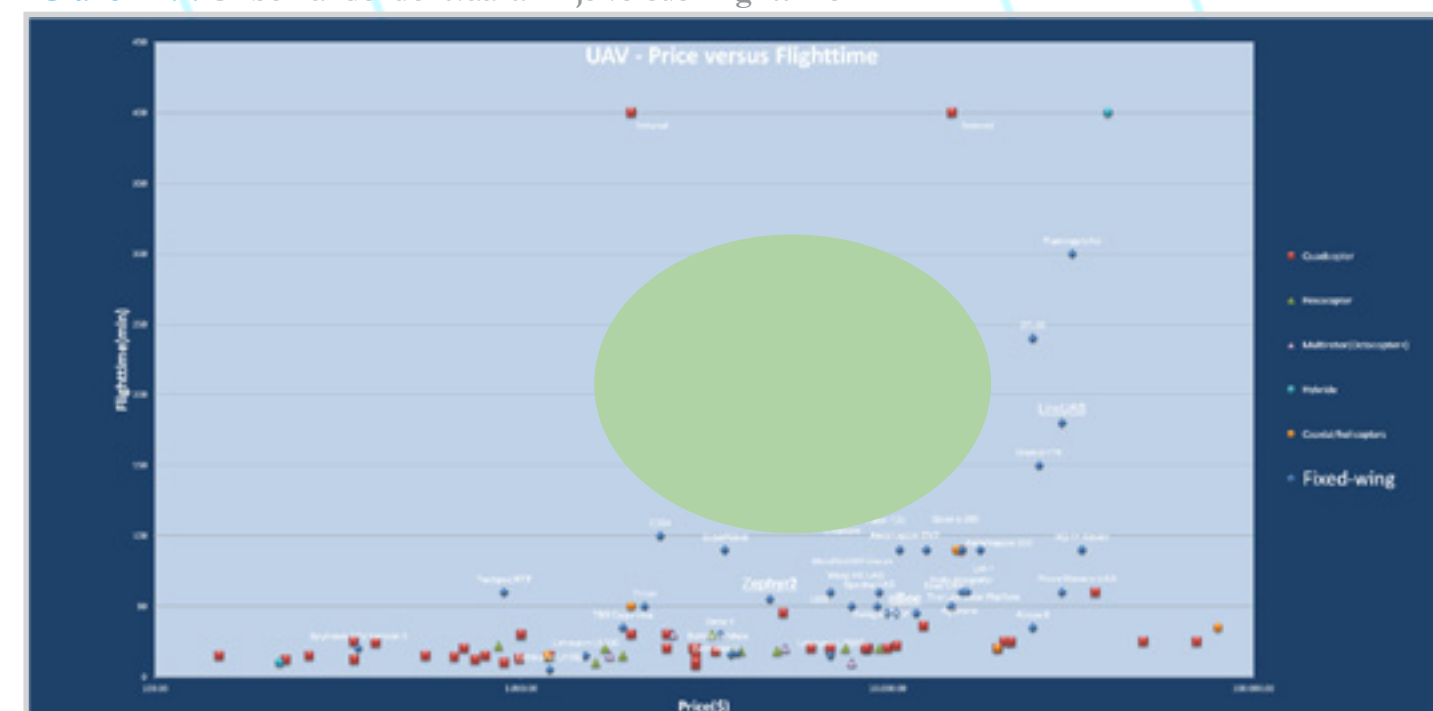
De tabel laat zien dat met een toename van de windsnelheid van 0-5mph naar 10-20mph vluchttijd al 20% afneemt.

Prijs versus vluchttijd

Met de gegevens vanuit het onderzoek van UAViator.org zijn vergelijkingen gemaakt die zijn weergegeven in grafieken. Voor de grafieken is de tabel gefilterd opdat enkel concurrenten relevant voor de QCDE Glider zijn meegenomen. Zo moesten de UAV's "ready-to-fly" en professionele producten zijn die voor commerciële doeleinden gebruikt kunnen worden. Voor de prijsindicatie is nagegaan of deze overeen komt met andere bronnen/reviews.

In Grafiek 2.1 is de prijs uitgezet tegen de vluchttijd. Te zien is dat pas bij een hogere prijsklasse de vluchttijd boven het uur uit komt. De het groene gebied laat zien dat er kansen liggen voor de QCDE Glider wanneer er langer dan 2 uur gevlogen kan worden. De systemen boven de \$15.000 zijn veel geavanceerder en geschikt voor professionele doeleinden.

Grafiek 2.1: Onbemande luchtvaart: Prijs versus Flighttime



De grafiek toont enkele voorbeelden waarbij de vluchttijd wel boven de 2 uur uit komt. Enkele quadcopter zijn "tethered", net als de QCDE zijn ze verbonden met de grond door middel van een kabel. Dit komt niet vaak voor. Beiden UAV's hebben een relatief lage liftcapaciteit.

Er vinden veel ontwikkelingen plaats op het gebied van accu's. Er ontstaan steeds betere verhoudingen tussen het gewicht en de capaciteit van accu's. Mocht de QCDE Glider zich willen onderscheiden door de lange vluchttijd, moet er rekening gehouden worden met het feit dat in de toekomst de concurrenten langer kunnen vliegen door de verbeterde accu's.

Een methode die momenteel wordt toegepast om een UAV langer te gebruiken, is door tussentijds de accu te verwisselen. Dit is niet nodig bij de QCDE Glider waardoor meerwaarde behaald wordt op het gebied van gebruiksgemak en het mogelijk is om te observeren/meten zonder onderbrekingen.

Een andere manier om de vluchttijd te verlengen, is door gebruik te maken van zonnecellen. Ook op dit gebied vinden veel ontwikkelingen plaats.



figuur 2.4: Titan Solera: solar powered UAV

Conclusies prijsvergelijking:

Wanneer Qconcepts een product zou ontwikkelen dat veel toepassingen heeft, bestand is tegen weersomstandigheden, een garantie kan geven voor een geslaagde vlucht en gebruikt kan worden door iedere gebruiker, is er ruimte voor een hoge prijs klasse.

Een richtlijn voor de prijs van de QCDE Glider is tussen \$15.000-\$25.000.

Daarbij zal de Glider duurder worden dan de gemiddelde fixed-wing mapping drone, maar goed koper dan de gemiddelde surveillance drone. Er moet rekening gehouden worden met een standaard payload die inclusief deze prijs valt. De gebruiker verwacht een ready-to-fly systeem met een camera systeem. Mocht de gebruiker hogere kwaliteit verwachten van de payload, dan zal dit de prijs verhogen.

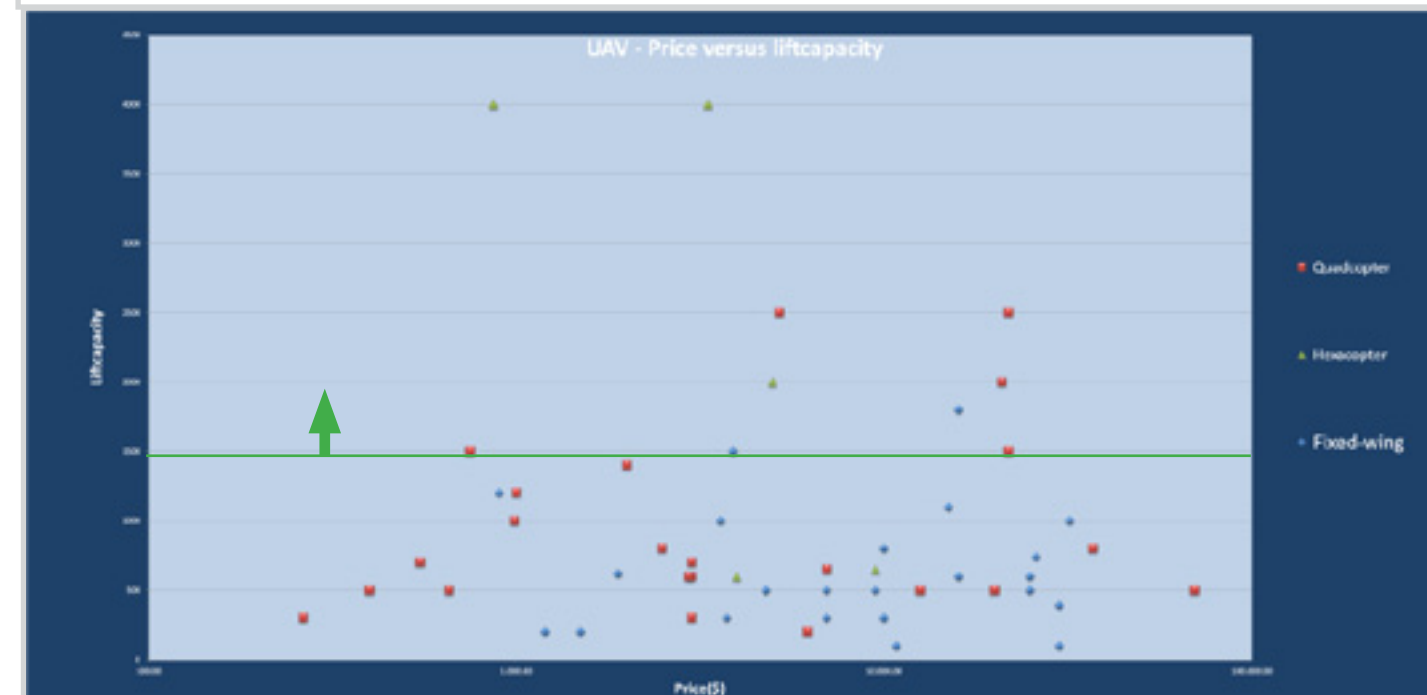
Liftcapaciteit:

Een andere waarde die gespecificeerd wordt bij onbemande luchtvaartuigen is de liftcapaciteit. Dit is de massa die het luchtvaartuig kan dragen. Bijna altijd wordt deze massa gebruikt voor de maximale payload. Ook voor deze waarden geldt dat bedrijven niet specificeren welke gevolgen de maximale payload heeft op bijvoorbeeld de maximale vluchttijd. Een veelgenoemde term is MTOW: maximum take-off weight. Dit is het maximale gewicht waarbij het luchtvaartuig kan loskomen van de grond.

Grafiek 2.2 toont de liftcapaciteit van de onbemande luchtvaartuigen uit het onderzoek van UAViators. De grafiek laat zien dat de meeste fixed wing UAV's niet meer dan een kilo liftcapaciteit hebben(houdt rekening met het feit dat bij fixed wing UAV's vaak geen liftcapaciteit wordt gespecificeerd omdat deze zijn ontworpen voor een specifieke payload).

Bij Multirotoren neemt de liftcapaciteit toe door het aantal rotoren te verhogen. Hexacopters en octacopters kunnen meer tillen. Hiervoor is een hoger vermogen vereist maar dit wordt gecompenseerd door een grotere accu mee te nemen.

Grafiek 2.2: Onbemande luchtvaart: Price versus Lifcapacity



Een richtlijn voor de QCDE Glider is om een **liftcapaciteit van 2kg** te hebben. Hiermee wordt de eindgebruiker een platform geboden waarbij een voldoende vrijheid is voor de payload. Vervolgens is het aan de eindgebruiker om een systeem te kiezen(binnen de 2 kg) waarmee het doel van de vlucht bereikt wordt.

Windbestendigheid

Veel concurrenten hebben als waarde voor de maximale toelatebare windsnelheid omennabij windkracht 5. Zoals eerder genoemd staat niet altijd vermeldt welke gevolgen de wind heeft op de vlucht. Het onderzoek van UAViator.org is onvolledig op dit gebied op deze waarden uit te werken tot een grafiek. In hoofdstuk 2.5 is de omgevingsfactor wind verder uitgewerkt. Als richtlijn voor de QCDE Glider kan gesteld worden dat deze **minimaal bestand moet zijn tegen windkracht 7**, om zich te onderscheiden van de concurrentie.

2.1.4 Conclusies concurrentie analyse:

Uit de analyse blijkt dat er kansen liggen voor de QCDE glider op de volgende gebieden:

- Ongelimiteerde vluchttijd
- Wind/weerbestendigheid
- Autonomie
- Gebruiksgemak
- Universaliteit.

Door deze punten in het oog te houden tijdens het ontwerpen kan veel meerwaarde gecreëerd worden. Dit worden dan de sellingpoints die de QCDE Glider onderscheiden van de concurrentie.

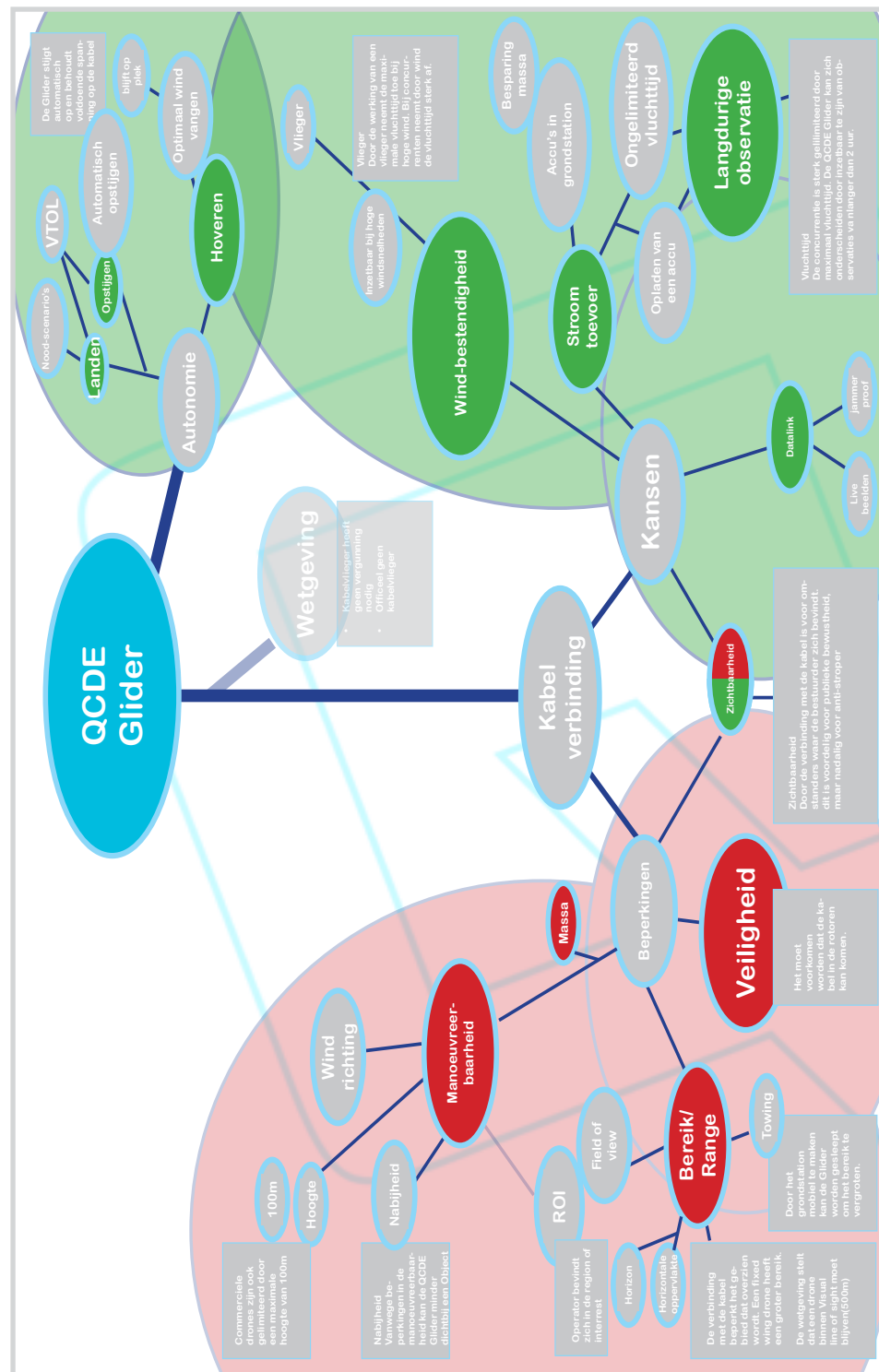
De ongelimiteerde vluchttijd zorgt ervoor dat voor iedere situatie wanneer langdurig gevlogen moet worden de QCDE zeer geschikt is. Wanneer er behoefte is aan beelden vanuit de lucht voor een periode langer dan 2 uur, is de QCDE Glider een goede optie voor de gebruiker.

De omgevingsfactor wind is in hoofdstuk 2.5 toegelicht. Daarnaast is in bijlage 8.1 een rapport gemaakt over de windsnelheden in Nederland. Uit analyse blijkt dat concurrenten bij een hogere windsnelheid meer vermogen nodig hebben om te compenseren voor de wind. Hierdoor neemt de maximale vluchttijd sterk af. Vanwege de werking van een vlieger gebeurt bij de QCDE Glider het tegenovergestelde. Bij een hogere windsnelheid neemt de efficiëntie van de Glider toe.

De kwaliteit van de QCDE glider ten opzichte van andere producten kan liggen in de garantie dat het product altijd inzetbaar is. Weer en wind, vele toepassingen en minimaal kans op "faalen".

Uit de concurrentie analyse zijn enkele richtlijnen naar voren gekomen. Dit zijn:

- Prijsklasse van €15.000 to € 25.000
- Liftcapaciteit van 2kg
- De Glider moet minimaal bestand zijn tegen windkracht 7



figuur 2.5: voor- en nadelen aan de kabelverbinding



figuur 2.1: QCDE Glider selling points

2.2 Toepassingen

Om de QCDE Glider te ontwerpen is het nuttig om te kijken naar mogelijke toepassingen. Onbemande luchtvaart heeft afgelopen jaren veel ontwikkelingen door gemaakt. Een belangrijke veranderingen is het feit dat onbemande luchtvaartuigen steeds meer beschikbaar worden voor het publiek. Systemen worden compacter en er zijn veel toepassingen denkbaar bij een groot scala aan mogelijke gebruikers. In dit hoofdstuk wordt onderzocht waarvoor de QCDE Glider gebruikt zou kunnen worden en wordt gezocht naar mogelijke eindgebruikers.

2.2.1 Toepassingen en kansen

In het rapport van het WODC: Het Gebruik van Drones is onderzoek gedaan naar de kansen die drones kunnen bieden voor de publieke sector en de private sector. Custers et al. (2015) hebben gekeken naar bestaande toepassingen en verwachte toekomstige toepassingen. De kansen en toepassingen zijn weergegeven in de tabellen 5.3 en

Tabel 2.3: Kansen in publieke sector: bron 1 Custers et al. (2015)

Domein	Payload	Toepassing
Justitie	Camera's	Preventie
		Opsporing (o.a. reconstructies, verdachten identificeren/uitsluiten)
		Vervolg en berechting (bewijsmateriaal)
		Uitvoering straffen/maatregelen (o.a. elektronisch toezicht)
Veiligheid	Warmtesensoren	Opsporen hennepplantages, vermiste personen
	Sniffers	Opsporen drugs
	WIFI	Aftappen, personen volgen
	DNA-spray, microsensoren	Personen volgen
	Camera's	Rampenbestrijding en crisisbeheersing (reconnaissance, situational awareness)
		Bewaken en beveiligen, observaties
		Brandbestrijding
	Sniffers	Giftampen, kernrampen
	Camera's, luidsprekers, stroboscopen, tasers, traangas	Crowd control
	Water, voedsel, medicijnen	Reddingsoperaties, search and rescue
Infrastructuur	WiFi	Netwerken herstellen bij rampen/crises
	Camera's	Inspecties, monitoring verkeer, handhaving verkeer
		Controles vergunningen
		Cartografie
Milieu	Antennes/WIFI	Netwerkdruk verbeteren
	Zendapparatuur	Radiozendstations
	Camera's/sniffers	Controle op emissie, illegale afvalstort
Landbouw	Camera's	Monitoren biodiversiteit, migratiepatronen, stroperijbestrijding
	Camera's	Monitoren plantengroei, plantenziektes
	Weerapparatuur (hygrometers, barometers)	Weervoorspellingen
	Pesticiden, kunstmest	Onkruidbestrijding, plantengroei
Internationaal	Zaden	Zaaien, bevruchten
	Camera's, warmtesensoren, bewegingssensoren	Grensbewaking, bestrijding smokkel en mensenhandel
		Spionage
Economie	Water, voedsel, medicijnen	Noodhulp, ontwikkelingssamenwerking
	Camera's	Belastingcontroles, fraudebestrijding
	Reclame	Vliegende reclamezuilen, voorlichting

Tabel 2.4: Kansen in private sector: bron Custers et al. (2015)

Domein	Payload	Toepassing
Burgers	Geen	Hobbyvliegen, wedstrijden
	Camera's	Luchtfoto's maken
Bedrijven	Vracht	Buurtpreventie, camerabewaking
		Vogelwerkgroepen
		Bezorgen post/pakketten
	Camera's	Film en tv, filmen van sport en evenementen
		Journalistiek
		Nieuwsverspreiding, evenementen
Wetenschap	Projector	Landbouw en veeteelt, monitoring veestapel, plantengroei
		Bouw: dak- en gevelinspecties
		Makelaardij
	Mest, bestrijdingsmiddelen, camera's	Reclame, gadgets verspreiden
		Weervoorspellingen
		Weeralarm, evacuatie
	Reclame, vracht	Klimaatmodellen verbeteren
		Monitoren milieu, fijnstof, straling
		Archeologie
	Weerapparatuur (hygrometers, barometers), sniffers, stralingsmeters	Ecologie, biologie: erosie, ontbossing, migratie
		Sociale geografie: populatieschattingen, verstedelijking
		Verkeerskunde
	Camera's	Geologie: opsporen gas en olie, natuurlijke grondstoffen

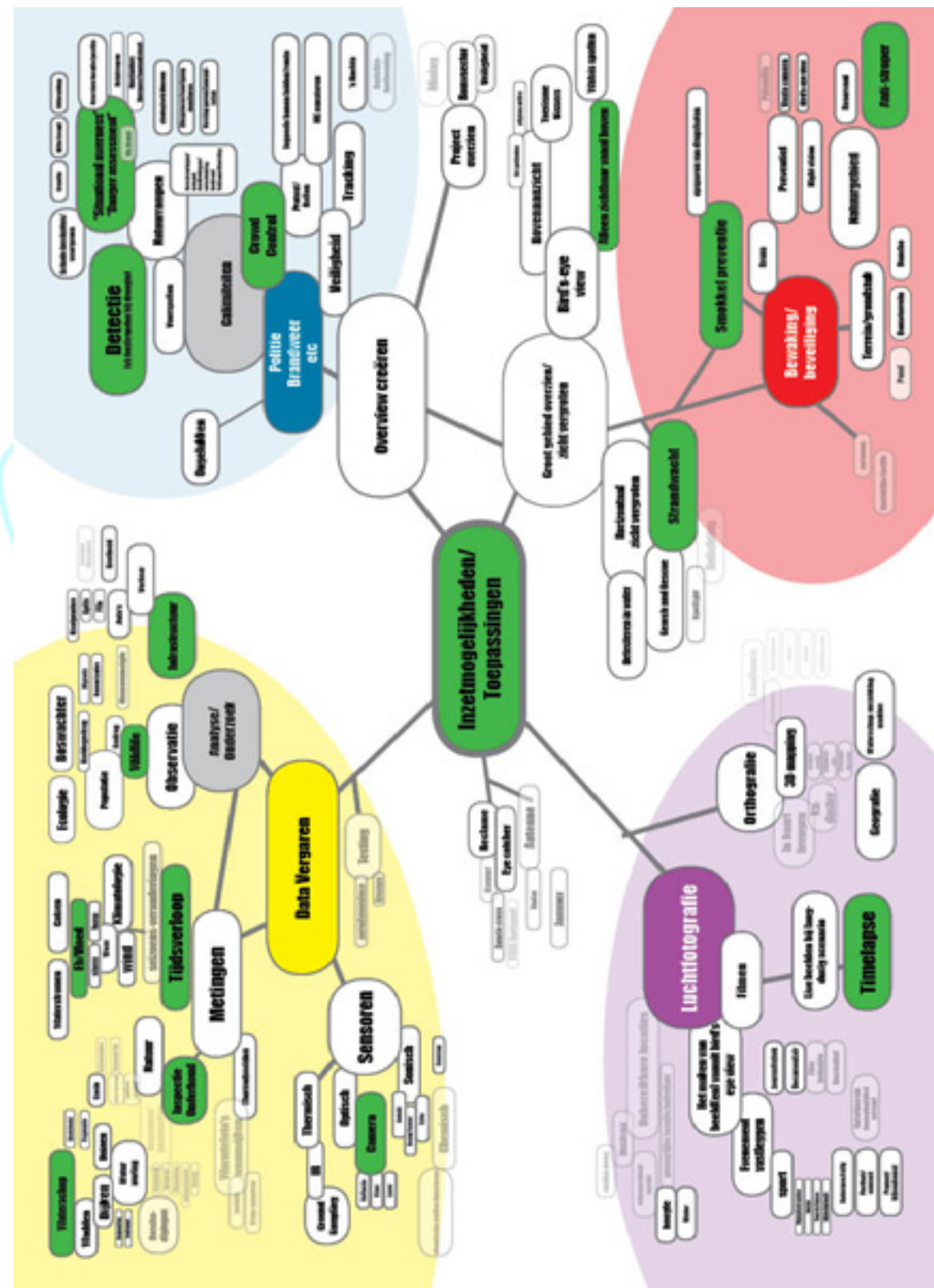
Naast deze kansen zullen ontwikkeling in de technologie in de komende jaren steeds meer kunnen betekenen voor de commerciële sector. Sensoren zullen verbeteren en de luchtvaartuigen worden steeds toegankelijker.

De toepassingen zijn te verdelen in enkele groepen:

- Het vergaren van data
Hierbij wordt vanuit de lucht informatie verzameld over een object. Vanuit de lucht kunnen metingen gedaan worden door middel van remote sensing. Het luchtvaartuig dient als platform om informatie te verkrijgen die niet beschikbaar is vanaf de grond.
Beeldmateriaal kan gebruikt worden voor onderzoek naar fauna, het milieu en gedrag. De metingen kunnen worden gebruikt voor inspecties.
De QCDE Glider is uitermate geschikt in scenario's waar metingen moeten worden uitgevoerd over een periode langer dan 2-3 uur.
- Het vastleggen van een gebeurtenis vanuit de lucht.
In de journalistiek is veel belangstelling voor luchtbeeld. Onbemande luchtvaartuigen kunnen gebruikt worden om mooie beelden te maken. Bij een evenement laten beelden vanuit de lucht de grootte zien. De QCDE Glider is uitermate geschikt voor scenario's waarbij men de gehele tijdsduur van het evenement continu willen vastleggen vanuit de lucht.
- Overzicht generen
Vanuit de lucht is in één oogopslag duidelijk hoe de een situatie eruit ziet. Wanneer bijvoorbeeld hulpverleners ter plaatse komen bij een calamiteit weet men vooraf niet hoe de situatie is. een bovenaanzicht brengt dan veel verheldering. Twee termen die belangrijk zijn in dergelijke scenario's zijn "situation awareness" en "danger assessment". "Situation awareness" betekent dat je je bewust bent van de situatie, wanneer de situatie bekend is kan men inschatten waar de gevaren liggen: "Danger assesment".
- Het zicht vergroten:
Sommige objecten zijn gemakkelijker waar te nemen vanuit de lucht. Ook kan vanuit de lucht een groter gebied geobserveerd worden dan van af de grond. Het overzicht zorgt er voor dat objecten

vanaf groter afstand gedetecteerd kunnen worden. Drones worden gebruikt voor grensbewaking. De QCDE Glider is uitermate geschikt voor de bewaking van een bepaald gebied om deze ongelimiteerd lang continu kan observeren vanuit de lucht.

In afbeeldingen figuur 2.2 staat een wordweb met de verschillend toepassingen voor onbemande luchtvaartuigen. Het netwerk geeft de categorieën weer en komt uit bij de mogelijke eindgebruikers/gebruiksscenario's(groen).

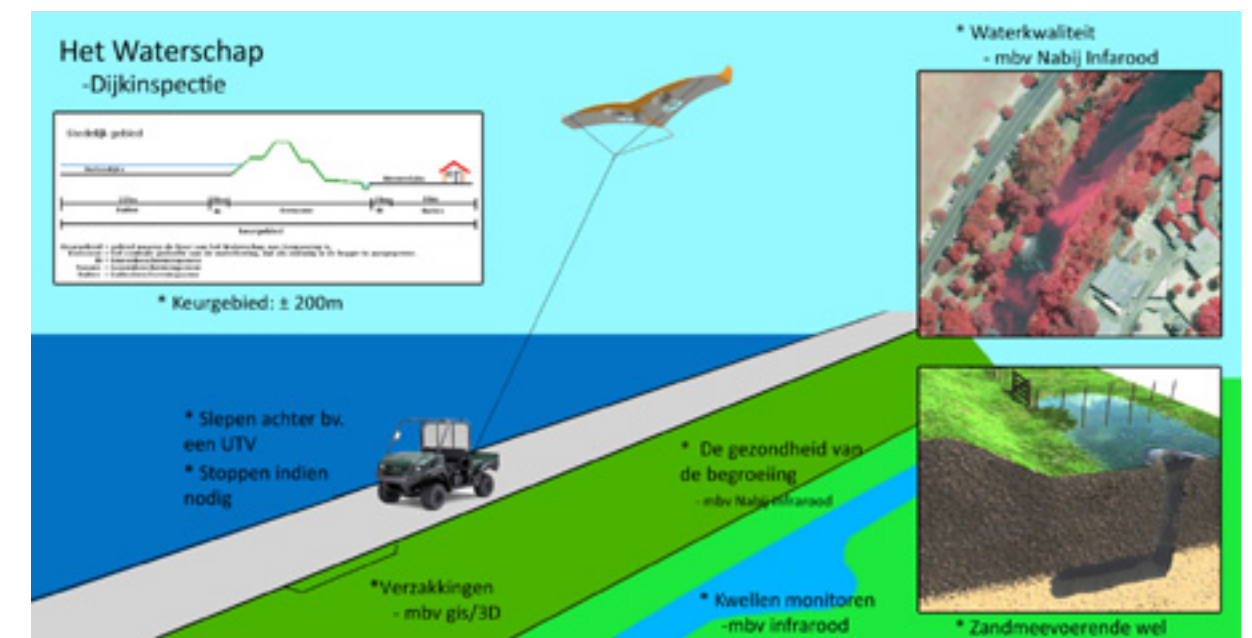


figuur 2.2: Wordweb inzetmogelijkheden/toepassingen

2.2.2 Gebruikers:

Vanuit de toepassingen blijkt dat er vele mogelijke gebruikers zijn. Voor een aantal van deze gebruikers kan de QCDE Glider een beter product zijn dan de huidige beschikbare producten op de markt. In deze situaties maken de selling points van de Glider een geschikte keuze. Een aantal van de mogelijke gebruiker zijn benaderd vanuit QConcepts om uit te werken wat de QCDE Glider kan betekenen voor dat scenario. Er is interesse geuit vanuit het waterschap, de brandweer en de politie voor een product als de Glider. Om aanknopingspunten te verkrijgen voor het ontwerp van de QCDE Glider zijn interviews uitgevoerd met deze mogelijke eindgebruikers. Deze interviews zijn verwerkt in bijlage 8.3. Vervolgens is de opgedane kennis over dit interview verwerkt in een visuele weergave, zodat QConcepts een idee heeft wat deze gebruikers met de QCDE Glider kunnen. De visualisaties dienen als voorbeelden, zodat QConcepts kan aantonen wat de mogelijkheden zijn aan eventuele andere geïnteresseerden/investeerders.

Waterschap

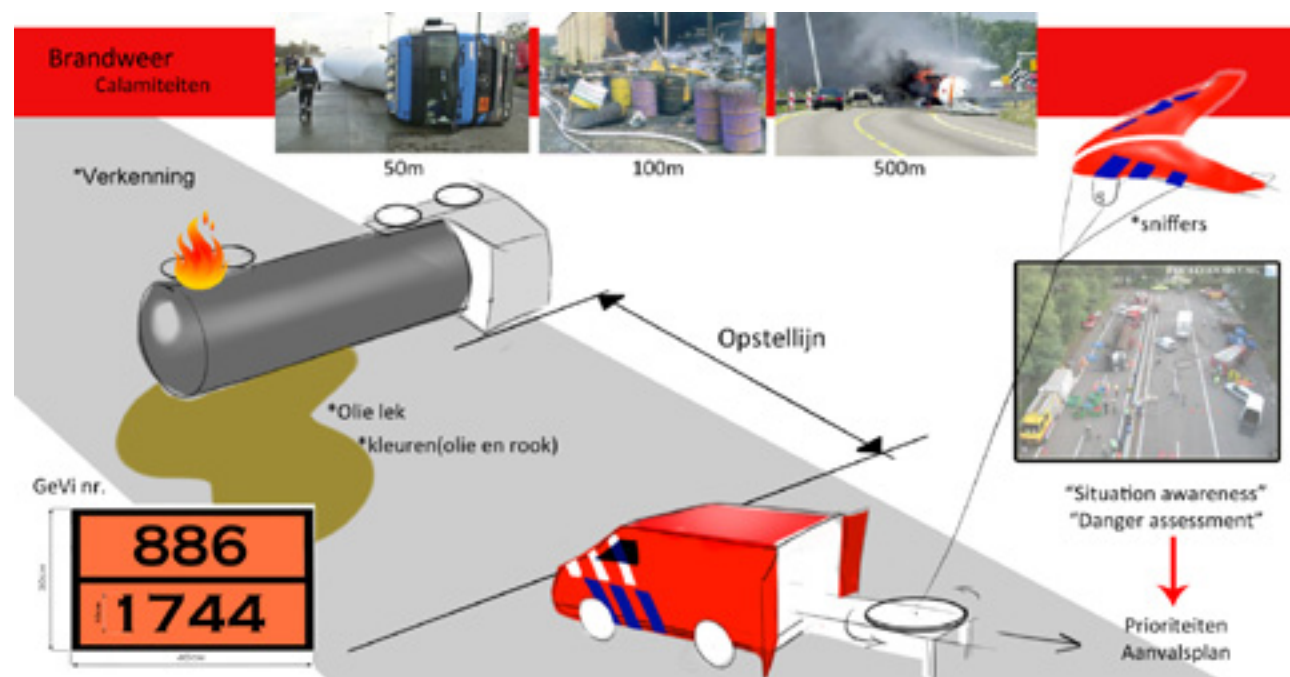


figuur 2.3: Visualisatie scenario waterschap

Het waterschap dient als voorbeeld voor de toepassing: "data vergaren". Vanuit de lucht wordt informatie verzameld over een bepaald object: "Object of interest". In dit geval is dit een dijk. Voor het waterschap geldt dat er baat is bij een bewegend grondstation, dat de Glider sleept. Op deze manier kan een lange strook geïnspecteerd worden in één vlucht. De inspecteur kan stoppen voor een plaatselijke inspectie terwijl de glider in de lucht blijft. Een belangrijk punt voor een dergelijk scenario is dat het mogelijk moet zijn om de glider de laten landen voor een tijdelijke verplaatsing wanneer bijvoorbeeld de dijk onder een brug doorloopt. Het scenario "data vergaren" biedt veel mogelijkheden voor geavanceerde sensoren. Naast visueel beeld kunnen infrarood, nabij-infrarood en andere sensoren veel informatie bieden over het "Object of interest".

De grootste concurrent op in dit scenario zijn Fixed-wing mapping drones. Deze zijn zeer geschikt om een gebied in kaart te brengen. De QCDE Glider behaalt meerwaarde t.o.v. dergelijke drones, doordat de glider meerdere sensoren tegelijk kan dragen en continu in de lucht kan blijven tijdens de inspectie. Ook de autonomie biedt meerwaarde, omdat de Glider niet bestuurd hoeft te worden

Hulpdiensten

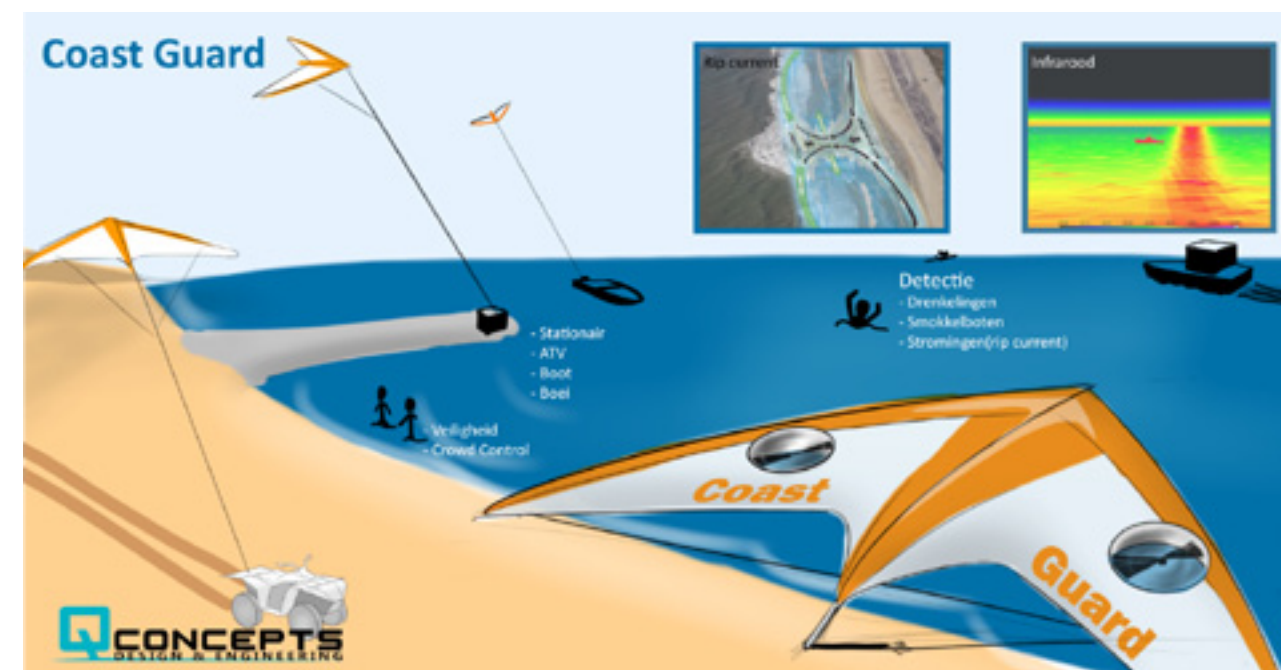


figuur 2.4: Visualisatie scenario brandweer

Hulpdiensten als de brandweer en politie krijgen van de overheid meer bevoegdheden voor het gebruik van drones. Vanuit de lucht kan een overzicht verkregen worden in een bepaalde situatie. Voor de brandweer is er bij een calamiteit behoefte om in één oogopslag een situatie duidelijk te hebben. Dit heet "Situation awareness". Vanuit deze bewustheid volgt een inschatting van de gevaren en vervolgens een "aanvalplan" met prioriteiten om bijvoorbeeld een brand te bestrijden. Doordat de QCDE Glider langdurig in de lucht kan blijven, kan deze de situatie continu blijven monitoren. Zo is de brandweer zich bewust van de uitbreiding en voortgang van het blusproces.

Naast calamiteiten worden voor de brandweer de scenario's (bosbrand)detectie en het monitoren van (duik)operaties genoemd. In het droogte seizoen kan het continu monitoren vanaf de QCDE Glider gebruikt worden om bosbranden te detecteren in een vroeg stadium.

De politie heeft baat bij langdurige luchtbeelden voor onder andere preventie, opsporing en vervolging. De meeste wensen voor de drone vanuit de politie (geldt ook voor brandweer) zijn gericht op de kwaliteit van de payload. Er is belang bij een hoge resolutie beelden, zodat bijvoorbeeld: personen herkenbaar zijn; auto's gedetecteerd en herkend worden; kentekens leesbaar zijn (voor de brandweer GeVi Nummers leesbaar). Al het gemaakte materiaal moet worden opgeslagen voor bewijsvoering. Bij de politie werd ook de factor geluid genoemd. Dit heeft te maken met de zichtbaarheid van het luchtvaartuig. In sommige situaties is zichtbaarheid gewenst (preventief) in andere situaties juist niet (opsporing).



figuur 2.5: Visualisatie scenario kustwacht

Toepassingen in de categorie "zicht vergroten" hebben veel overeenkomsten met de categorie "overzicht". Er zijn scenario's denkbaar wanneer objecten beter waargenomen kunnen worden vanuit de lucht. Vanuit de lucht kan men een groter gebied overzien. In dit gebied kan men objecten detecteren. Dit maakt de QCDE Glider geschikt voor het bewaken van een gebied. De gebruiker kustwacht (coastguard) is een voorbeeld voor een gebruiker dat gebied bewaakt (guard). Vanuit de lucht kunnen boten gemakkelijker worden waargenomen. De QCDE Glider zal ondersteuning kunnen bieden in strijd tegen smokkelaars en bij de crisis rondom bootvluchtingen (Middellandse zee). Dit scenario is zeer denkbaar voor de QCDE Glider, omdat aan de kust meer wind is, waardoor de QCDE Glider beter presteert t.o.v. concurrenten.

Evenementen

Toepassingen in de categorie "het vastleggen van een gebeurtenis vanuit de lucht" liggen voornamelijk rondom de journalistiek. De QCDE Glider concurreert dan met mini-drones (zie hoofdstuk) en ballonnen. Ook hier geldt weer dat wanneer behoefte is aan langdurige observatie, de QCDE glider geschikt is. Bij veel langdurige evenementen wordt al gebruik gemaakt van ballonnen om luchtbeelden te maken. De QCDE Glider heeft als voordeel dat deze beter bestand zal zijn tegen weer en wind.

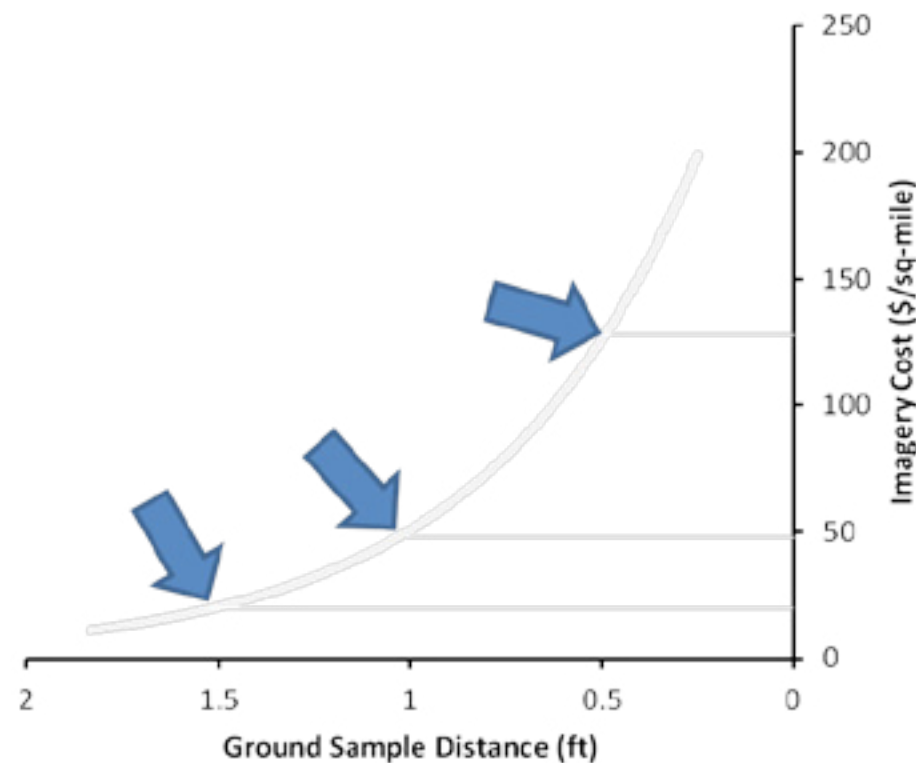
Wifi

Een toepassing in een vroeg ontwikkelingsstadium is het gebruik van Onbemande luchtvaart voor het verspreiden van wifi. In bijlage 8.4 wordt kort besproken welke ontwikkelingen er op dit gebied zijn.

2.2.3 Payload:

Bij verschillende toepassingen worden verschillende payload gebruikt. De benodigde payload verschilt voor iedere gebruiker. Voor dit ontwerp wordt de payload versimpeld naar een massa. De payload kan dan nog alles zijn, waardoor de QCDE Glider voor vele toepassingen bruikbaar blijft. De QCDE Glider levert als dienst dat deze massa voor een lange tijd, stail in de luchtgehouden worden onder variërende omstandigheden ("weer of geen weer"). Eindgebruiker kunnen specificeren wat wordt verwacht van de payload. Vaak wordt gevraagd wat kan waargenomen worden vanaf het ontwerp. Qconcepts ontwikkeld geen payload. De nadruk ligt op het luchtvaartuig. De gebruiker kan een payload selecteren/laten ontwikkelen voor het beoogde doeleinde

Grafiek 2.3: ground sampling distance tegen de kosten



De prijs van de payload hangt voornamelijk af van de benodigde kwaliteit. in grafiek Grafiek 2.3 is te zien dat de prijs op loopt bij een beter Ground sampling distance. Ground sampling distance is een maat die wordt gebruik voor de kwaliteit van de gemaakte beelden.

In bijlage 8.5 is onderzocht welke overwegingen gemaakt moeten worden bij het selecteren van een payload.

2.3 Wetgeving

Een belangrijk aspect waar rekening mee gehouden worden voor het ontwerp van QCDE Glider is de wetgeving. De QCDE Glider moet voldoen aan de eisen die de overheid stelt voor luchtverkeer omdat deze deelneemt aan het luchtruim. De wetgeving omtrent UAV's is een beperkende factor voor de inzetmogelijkheden. In veel situaties waar luchtbeelden interessant zouden zijn, mag niet gevlogen worden (bv. boven mensen massa's i.v.m. de veiligheid). Voor het ontwerpen van de QCDE Glider is onderzoek gedaan naar de verschillende opties binnen de wetgeving waar het ontwerp kan worden ondergebracht. Deze opties zijn :

De wetgeving RPAS,
De wetgeving kabelvliegers en ballonnen
Het nieuwe beleidsvoornemen voor mini-drones

In dit hoofdstuk zijn de opties omschreven met de voor- en nadelen, zodat een keuze gemaakt kan worden. De ene wetgeving heeft minder beperkingen voor gebruiksscenario's dan de andere. Binnen de wetgeving voor RPAS, moet de gebruiker proces doorlopen om alle benodigde certificaten te halen voordat gevlogen mag worden.

2.3.1 Wetgeving RPAS: Remotely piloted Aircraft system

Doordat onbemande luchtvaart afgelopen jaren een snelle sprong vooruit heeft gemaakt en de populariteit sterk is toegenomen, is de wetgeving achtergebleven. Een extreem voorbeeld hiervan is dat in de oude wetgeving welk onbemand luchtvaartuig dan ook officieel zou moeten opstijgen vanaf een luchthaven.

Er was veel onduidelijkheid over de regelgeving. Dus heeft de politiek besloten dat sinds 1 juli 2013 er een verbod geldt om (beroepsmatig) gebruik te maken van het luchtruim voor lichte onbemande luchtvaartuigen, tenzij ontheffing is verleend.

Wet: Regeling modelvliegen: Artikel 1

1. Het is verboden deel te nemen aan het luchtverkeer:

- a. met een licht onbemand luchtvaartuig, niet zijnde een modelluchtvaartuig of onbemande vrije ballon, waarvan de totale startmassa niet meer dan 150 kg bedraagt en de maximale snelheid lager is dan 129,64 k/u (70 knopen);
- b. met een modelluchtvaartuig zijnde een luchtvaartuig van geringe afmetingen, niet in staat een mens te dragen, waarvan de totale startmassa niet meer dan 25 kilogram bedraagt, indien dit luchtvaartuig wordt gebruikt uit hoofde van een bedrijf of beroep dan wel tegen vergoeding of met baat.

Om de ontwikkelingen in de technologie. Het was noodzakelijk dat er concrete regels kwamen, die gehandhaafd konden worden. Hierbij moest veiligheid centraal staan

Om meer duidelijkheid te verkrijgen over de nieuwe industrie is er een onderzoek uitgevoerd naar het gebruik van drones door het WODC. In dit onderzoek werd gekeken naar de kansen van de nieuwe technologie, maar ook de gevaren. Drones kunnen een grote impact hebben op de privacy en zouden ook schade kunnen toe richten. In het onderzoek is ook gekeken naar de wetgeving omtrent drones in het buitenland. De wetgeving in andere landen verschilt. Men is in Europa bezig met het ontwikkelen van internationale wetgeving. Dus ook internationaal is de wetgeving veranderlijk.

De ontheffing:

De doelgroep van de QCDE Glider is beroepsmatig, dan wel publiek of privaat. De QCDE Glider zal hoogstwaarschijnlijk prijstechnisch niet aantrekkelijk zijn voor recreatief gebruik. Dit betekent dat in de huidige wetgeving de eindgebruikers ontheffing moeten verkrijgen om te mogen vliegen met de Glider.

Momenteel wordt er gewerkt aan een nieuwe wetgeving die de ontheffing moet vervangen. In de nieuwe wetgeving zal de gebruiker ongeveer hetzelfde proces moeten doorlopen voordat er gevlogen mag worden. De nieuwe wetgeving zal dit proces wel gemakkelijker maken omdat regels vast zullen liggen en het dan niet meer gaat over uitzonderingen. De planning is om de nieuwe wetgeving op 1 juli 2015 in werking te laten treden.

Voorlopig worden de ontheffingen geregeld door IL&T/ILenT: Inspectie Leefomgeving en Transport:

http://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/eisen_aan_de_ontheffing/

“Bij het beoordelen van aanvragen voor ontheffingen voor het niet beschikken over een geldig vliegbewijs, een geldig bewijs van luchtwaardigheid en een ontheffing van het verbod om beroepsmatig te vliegen met een RPAS, gaat de ILenT uit van de eisen die zijn opgenomen in de concept-regeling voor op afstand bestuurd luchtvaartuigen. Het gaat om de eisen voor:

- **Het vliegbewijs RPA-L**
- **Het Speciaal - Bewijs van luchtwaardigheid (S-BVL) voor een RPAS van 0 tot 150 kg**
- **Het ROC: het certificaat dat de operator (= de organisatie die verantwoordelijk is voor de organisatie van de vlucht met een RPAS) nodig heeft.**

De aanvrager van een ontheffing moet aannemelijk maken dat aan de eisen wordt voldaan. Informatie over de manier waarop dit aannemelijk kan worden gemaakt kunt u onder meer verkrijgen via branchevereniging DARPAS.

Een ontheffing wordt in principe alleen verstrekt voor het operationele gebruik in ‘klasse 1’. Dit houdt in dat u:

- **150 m horizontaal van mensen en bebouwing moet vliegen, (wordt mogelijk verlaagd tot 50m)**
- **binnen zichtafstand – tot uiterlijk 500 m van de piloot (VLOS) of tot uiterlijk 500 m van de observer / 750 m van de piloot (EVLOS),**
- **niet hoger dan 120 m boven de grond of het water (400 ft AGL),**
- **bij daglicht onder zichtweersomstandigheden (afhankelijk van luchtruimklasse),**
- **in ongecontroleerd luchtruim.**

Er mag alleen dichtbij een object worden gevlogen als dat object onder zeggenschap valt van de RPAS operator, bijvoorbeeld omdat die daartoe opdracht heeft gekregen van de eigenaar. Dat kan uiteraard alleen wanneer dan de afstanden tot mensen en bebouwing in acht worden genomen. Naast de piloot is in principe een ‘observer’ verplicht en als de ‘payload’, bijvoorbeeld een camera, meer bediening vereist dan in- of uitschakelen, moet een derde persoon deze payload bedienen.”



figuur 2.6: Tijdlijn voor ontheffing

Figuur 2.6 geeft een tijdlijn voor het aanvragen van een ontheffing weer. Hieruit blijkt dat het ongeveer 4-5

weken duurt voordat gevlogen mag worden met een RPAS. Dit is in veel situaties niet wenselijk. de nieuwe wetgeving is gericht op het versimpelen van dit proces.

Op 2 maart 2015 is door de minister van Veiligheid en justitie, de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu en de Minister van Economische Zaken een brief gestuurd aan de Eerste Kamer met daarin de voornemens voor het versoepelen van de wetgeving voor het gebruik van een RPAS door hulpdiensten.

“Een klasse 2 ontheffing (voor het gebruik van RPAS boven mensen, gebouwen, hoger dan 120m of verder dan 500m, in het donker, IFR) kan in principe pas worden verleend als:

- Het type UAS is voorzien van een typecertificaat (gebaseerd op internationaal geaccepteerde luchtwaardigheidseisen, bijv ICAO annex 8 of Verordening 216/2008) en
- De ontwerper gekwalificeerd is (DOA: Design Organisation Approval)
- Het systeem is gebouwd door een gekwalificeerde bouwer (POA)
- Het systeem wordt onderhouden door een gekwalificeerde organisatie (MOA)”

De bovenstaande situatie bestaat voorlopig nog niet! In eerste instantie zal de nieuwe wetgeving deze mogelijkheid verruimen voor de hulpdiensten brandweer en politie.

“NB Incidentele klasse 2 ontheffing is alleen mogelijk bij groot maatschappelijk belang in combinatie met acceptabele risico's. Er zijn beleidsvoornemens om klasse 2 vluchten mogelijk temaken voor de politie en brandweer.”

In het onderstaande figuur is een illustratie van VLOS en BVLOS weergegeven.



figuur 2.7: VLOS

Voor het verkrijgen van een bewijs van luchtwaardigheid, moet een ontwerp een document bevatten met technische specificaties van het ontwerp. In bijlage 8.2 staat een lijst met punten die beschreven moeten worden in dit document om het bewijs van luchtwaardigheid te behalen.

Tevens in bijlage 8.2 staat vermelden hoe de wetgeving wordt gehandhaafd: voor het overtreden van de wetgeving kan de gebruiker een boete ontvangen tot €8200,- In de praktijk valt de boete veel lager uit: bv. 350 euro voor vliegen binnen de bebouwde kom.

Daarnaast is beschreven hoe de cursus voor het behalen van RPAS vliegbewijs is opgebouwd. Deze cursus duurt 3 dagen en kost ongeveer €1500,- p.p.

2.3.2 Wetgeving Kabel vliegers:

De QCDE Glider heeft wat betreft werking veel overeenkomsten met een vlieger. De QCDE Glider is ook verbonden aan de grond. De gespannen kabel zorgt ervoor dat er te allen tijde controle is over de vlieger en beperkt is tot een korte afstand van de gebruiker, door de lengte van de kabel. Wanneer de QCDE Glider betiteld kan worden als vlieger betekent dit, dat de beperkingen van de wetgeving voor RPAS vermeden worden.

De wetgeving voor vliegers is soepeler dat die voor de RPAS. Er zijn geen certificaten nodig om te mogen vliegen. De QCDE Glider kan meerwaarde verkrijgen binnen deze wetgeving omdat concurrenten dit niet zouden kunnen.

Wetgeving kabel vliegers en kleine ballons

Eerst verantwoordelijke ministerie:	Infrastructuur en Milieu
Citeertitel:	Regeling kabelvliegers en kleine ballons
Soort regeling:	Ministeriële regeling
Departementaal kenmerk:	LVB201578
Identificatienummer:	BWBR0007094

http://wetten.overheid.nl/BWBR0007094/geldigheidsdatum_27-03-2015

Artikel 1: begripsbepaling

"In deze regeling wordt verstaan onder:

Kabelvlieger: een toestel, zwaarder dan lucht en niet voorzien van een voortstuwingsinrichting, dat door middel van (een) ankerkabel(s) of lijn(en) is verbonden met het aardoppervlak."

In de begripsbepaling van de wetgeving staat een bewering die het waarschijnlijk niet mogelijk maakt de QCDE Glider te kwalificeren als kabelvlieger. Een vlieger mag namelijk niet voorzien zijn van een voortstuwings inrichting. De QCDE Glider heeft motoren om ondersteuning te bieden bij onvoldoende wind en om op te stijgen. Toch zou het feit dat het enkel ondersteunende motoren zijn, buiten de definitie van "voortstuwingsinrichting" kunnen vallen. Deze term is niet verder toegelicht in de wetgeving. De enige manier om te bevestigen of het mogelijk is de QCDE Glider als vlieger te kwalificeren, is door in overleg te gaan met het ILenT. Hiervoor is het belangrijk de Glider niet te laten bestempelen als RPAS. Men bevindt zich hier in een grijs gebied. Er is een gesprek gepland om hierover in overleg te gaan, dit moet nog plaatsvinden.

De regelgeving voor kabel vlieger is kort. Er zijn slechts enkele voorschriften:

Een kabelvlieger of kleine kabelballon wordt niet gebruikt:

- boven een hoogte van 100 meter boven grond of water;
- binnen een afstand van 3 km van de grens van luchthavens en zweefvliegerterreinen;
- binnen een afstand van 5 km van de grens van gecontroleerde luchthavens;
- binnen burger laagvlieggebieden, militaire laagvlieggebieden en binnen een afstand van 5 km van militaire laagvliegroutes.

2.3.3 wetgeving mini-drones

Op 30 april 2015 in een nieuw beleidsvoornemen ingediend waarin drones onder 4 kg (mini drones) een aparte regelgeving krijgen.

Een drone kan als "mini drone" worden aangemerkt als aan alle operationele condities die voor drones tot 4 kg gelden, wordt voldaan. Naast het maximale gewicht zijn dat aspecten zoals snelheid, hoogte en afstand tot de piloot. In de regeling zullen nog nadere eisen ten aanzien van de operatie worden opgenomen om het risico verder te beperken.

Het voorstel is de volgende set van regels. Deze worden definitief bepaald mede naar aanleiding van de resultaten van deze consultatie:

Randvoorwaarden aan de drone om tot deze categorie te kunnen behoren:

- Het toestel mag maximaal 4 kg wegen.**

Operationele eisen

- Het toestel mag maximaal op 50 meter hoogte vliegen.
- De maximale afstand tussen piloot en toestel is 100 meter horizontaal.
- Het toestel moet minimaal 50 meter verwijderd blijven van:
 - mensenmenigten;
 - aaneengesloten bebouwing;
 - in gebruik zijnde autosnelwegen, autowegen of wegen;
 - industrie- en havengebieden;
 - vaartuigen;
 - voertuigen;
 - kunstwerken en
 - spoorlijnen.

Het toestel moet te allen tijde voorrang verlenen aan al het andere luchtverkeer en minimaal 500 meter afstand van het andere luchtverkeer houden.

- Het toestel mag niet binnen 5 kilometer van een luchtvaartterrein vliegen.
- Het toestel mag niet in een CTR vliegen.
- Het toestel moet minimaal 50 meter afstand van andere drones houden.

Deze beperkingen moeten het risico beheersbaar maken. Bij dit voorstel is tevens gebruik gemaakt van (in ontwikkeling zijnde) regelgeving in andere Europese landen. Met name de inperking van de maximale afstanden van de drone tot de piloot moet bijdragen aan het beheersbaar houden van het risico. Hoe hoger en verder een drone vliegt hoe meer er van de piloot wordt gevergd qua kennis van risico's, vaardigheden om die tijdig te signaleren, competenties om daar op in te grijpen en eisen aan de drones dat die te allen tijde adequaat reageert op de gegeven sturing. De nieuw geïntroduceerde categorie mini drones maakt het mogelijk om voor operaties met een relatief beperkt risicoprofiel ook beperkte eisen te stellen. Zoals al in de kabinetsreactie op het WODC-rapport is aangegeven: dit is een gevolg van het significant gewijzigde gebruik van modelvliegtuigen de afgelopen jaren.

2.3.4 Conclusie wetgeving

In de wereld van onbemande luchtvaart vormt de wetgeving vaak een beperkende factor. De overheid heeft regels opgesteld voor dergelijke luchtvaartuigen om de veiligheid te kunnen waarborgen. Omdat de wetgeving achterbleef bij de vooruitgang rondom onbemande luchtvaart is er in 2013 een verbod ingegaan voor beroepsmatig gebruik. In 2015 zijn veel ontwikkelingen opgetreden rondom de wetgeving voor onbemande luchtvaart. Voor de QCDE Glider is het relevant om te weten welke beperkingen de wetgeving het ontwerp en gebruik oplegt.

Hiervoor is gekeken naar drie opties:

- Wetgeving RPAS
- Wetgeving kabelvlieger
- Wetgeving mini-drones

Voor de RPAS gaat op 1 juli 2015 een nieuwe wetgeving in. Deze heeft de volgende gevolgen:

- De ontheffingen worden vervangen voor certificaten voor het luchtvaartuig, de piloot en de operator.
 - o Vliegbewijs kost €1500,-
- ± 4 weken voordat gevlogen kan worden (Toekomstige wetgeving zal deze procedure moeten versnellen)
- Geldt voor 4-150 kg (<25 kg hoeft niet te vertrekken vanaf een luchthaven)
- Klasse I Certificaat mag binnen VLOS (visual line of sight) vliegen
- Klasse II certificaat voor hulpdiensten (vanaf 1 oktober 2015)
 - o Boven bebouwing
 - o 's nachts
 - o Beyond-VLOS

De wetgeving RPAS blijft veranderlijk. Het wetsvoorstel is meerdere malen ter internetconsultatie gelegd. Er moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat de beperking voor RPAS vanuit de wetgeving weer zullen wijzigen. Hierdoor kan er weer meer vrijheid komen voor gebruikers.

Voor kabelvliegers zijn geen certificaten benodigd. Wat betekent dat het proces tot gevlogen kan worden korter is, wat gunstig is voor de gebruiker. Er zijn enkel voorschriften voor locatie waar niet gevlogen mag worden. In de meeste situaties is het voor de RPAS op deze locatie ook niet toegestaan te vliegen. Er is een grijsgebied rondom de definitie van een vlieger. Volgens de definitie heeft een vlieger geen voortstuwingseinrichting. Hieruit is niet duidelijk of de ondersteunende motoren van de QCDE Glider als deze worden beschouwd. Toekomstig overleg met ILEN: Inspectie Leefomgeving en Transport moet aantonen of de QCDE Glider geïnclassificeerd kan worden als vlieger. De wetgeving RPAS heeft als voordeel ten opzichte van de wetgeving kabelvlieger, dat deze wetgeving veranderlijk is en mogelijk versoepeld wordt komende jaren. De wetgeving kabelvlieger zal hoogstwaarschijnlijk gelijk blijven.

Mini-drones geven veel vrijheid voor het gebruik van drones. Voor deze categorie mag het luchtvaartuig niet meer dan 4 kg wegen. Dit is te weinig voor de QCDE Glider (voor gewichtsschattingen, zie hoofdstuk 4.1). Om zich te onderscheiden van concurrenten die wel in deze categorie passen zal de QCDE Glider een hoge liftcapaciteit moeten bieden, zodat de gebruiker geavanceerdere payload kan meenemen.

De voorkeur vanuit QConcepts ligt bij de wetgeving voor kabelvliegers. Voornamelijk omdat concurrenten dit niet kunnen. Hiermee wordt unieke marktpositie gerealiseerd. De marktwarde van de QCDE Glider kan worden verhoogd wanneer QConcepts in staat is ILEN te overtuigen dat de QCDE Glider als kabelvlieger kan worden geïnclassificeerd.

Met betrekking tot het ontwerp zal de QCDE Glider worden vormgegeven met de achterliggende gedachteg herkent te worden als vlieger. In hoofdstuk 2.3 worden meerdere punten genoemd waarmee de Glider wel en niet geassocieerd mag worden.

2.4 Associaties

In de begripsbepaling werd al duidelijk dat niet vast ligt onder welke categorie de QCDE Glider zal vallen. In de oorspronkelijk opdracht omschrijving zal een surveillance drone ontworpen worden. De beschrijving is niet accuraat. Drone wordt al snel geassocieerd met militaire toepassingen en surveillance kan geassocieerd worden met vervolging.

Er moet voorkomen worden dat het ontwerp bestempeld wordt. Hier zijn twee redenen voor: publieke beeld en de wetgeving. De term drone is afkomstig uit militaire toepassingen. Militaire drones hebben afgelopen jaren negatieve aandacht gehad. Er is veel kritiek op het bewapenen van drones. De onbemande luchtvaart industrie wil af van de term drone. Kleine onbemande luchtvaartuigen voor de commerciële markt hebben weinig overeenkomsten met militaire drones.

Bij een congres over onbemande luchtvaart maakt de The Association for Unmanned Vehicle Systems International een statement, door het wifi-wachtwoord: DONT SAY DRONES te gebruiken. Dit laat zien dat de term niet gewenst is. de associatie wil dat militaire drones en commerciële onbemande luchtvaartuig niet meer met elkaar geassocieerd worden.

De wetgeving omtrent onbemande luchtvaart is een grote beperkende factor. In hoofdstuk 5 is de wetgeving geanalyseerd. Hieruit bleek dat Er veel vrijheid voor de gebruiker behaald kan worden wanneer de QCDE Glider gezien wordt als Kabelvlieger. Qconcepts wil kijken naar de mogelijkheden om als vlieger binnen de wetgeving te vallen. Daarvoor is het belangrijk om in de ontwikkelingsfase het product niet te bestempelen als drone of RPAS. Ook wordt de zogenaamd "3-lettercultuur" vermeden. Afkorting van drie letters worden veel toegepast in het leger. Collage 5.2 geeft ook enkele afbeeldingen weer waarmee niet geassocieerd moet worden.



Tabel 2.6: Woord associaties

Niet	Wel
Drone	Vlieger/kite/delta
Predator	Glider/gliding/zweven
Wasp	Observatie
Eagle eye	Flying sensor
Hawk	Veiligheid
Reaper	Degelijkheid
roofvogels	Garantie
UAV	Surveyance
UAS	Autonoom
Big Brother	Zelfsturend
Unmanned Aircraft	Geavanceerd
Speelgoed	Smart
DIY do-it-yourself	Sterk
Imponeren	Middel/Tool
Eye-in-the-sky	Universeel
Militair	Albatros/gull
Spionage	Stabiel
Surveillance	



2.5 Omgevingsfactoren

Wind

Bij veel gebruikssituaties voor een RPAS/UAV is het weer in grote beperkende factor. Veel drones zijn niet in staat te vliegen bij hoge windsnelheden. Bij de specificatie van iedere commerciële RPAS wordt de maximum getolereerde wind gegeven. Echter, tonen de specificaties niet welk effect het weer op de maximale vluchttijd en stabiliteit heeft. Hoge wind betekent dat de drone veel meer energie gebruikt om te hoveren/stabiel te blijven. Dit hoger verbruik resulteert weer in een korte maximale vlucht tijd. Voor de specificatie van maximale vluchttijd wordt de RPAS getest in ideale omstandigheden. Hierdoor zal de gespecificeerde tijd veel langer zijn de maximale vluchttijd in de praktijk. Lang niet ieder drone-fabrikant vermeldt hoe de maximale vluchttijd is bepaald. Sommige bedrijven willen de eindgebruiker aanzetten tot koop door een zo hoog mogelijke maximaal vluchttijd. Dit kan door te testen in ideale omstandigheden zonder payload.

Het bedrijf HoneyComb geeft in hun specificaties een inschatting van het effect van de wind op de maximale vluchttijd van de AGdrone(fixed wing):

Estimated Flight Time	Wind 0-5 mph: 55 min + 11 min safety factor
	Wind 5-10 mph: 44 min + 9 min safety factor
	Wind 10-20 mph: 33 min + 7 min safety factor

Bron: <http://www.honeycombcorp.com/specifications/>

Dit laat zien dat met een toename van de windsnelheid van 0-5mph naar 10-20mph vluchttijd al 20% afneemt.

Het ontwerp van de QCDE moet rekening houden met de volgende randscenario's met betrekking tot wind:

Opstijgen, vliegen en landen bij:

- Geen wind(windkracht 0-1)
- Hoge wind(windkracht 7+)
- Extreme wind(noodscenario→landen)(windkracht 10+)
- Windstoten

Aangezien de QCDE Glider veel overeenkomsten heeft met een vlieger, speelt wind een belangrijke rol in het ontwerp. Een vlieger wordt in de lucht gehouden enkel door de aerodynamische kracht "lift", die ontstaat door dat wind langs het profiel van de vleugel beweegt. De hoeveelheid lift die gegenereerd wordt uit de wind is sterk afhankelijk van de windsnelheid. De QCDE Glider heeft motoren die ondersteuning bieden bij het opstijgen en wanneer de windsnelheid onvoldoende is om de totale massa te tillen. Om het ontwerp te specificeren moet een grenswaarde worden gesteld. Deze grens waarde is de windsnelheid waarbij de QCDE Glider kan vliegen zonder ondersteuning van de motoren. In bijlage 8.1 is een rapport gemaakt over de wind vanuit gegevens van het KNMI. Hierin is te zien hoe vaak een bepaalde windsnelheid voorkomt in Nederland. Daarnaast is gekeken hoe de gemeten windsnelheden geschaald kunnen worden naar de vlieghoogte van de Glider.

In tabel Tabel 2.7 geeft een overzicht over windsnelheid. De algemeen bekende schaal is het beaufort getal. Bij QConcepts intern en in de scheepsvaart gebruikt men als eenheid voor de windsnelheid het aantal knopen(kt). Voor aerodynamische berekeningen wordt de eenheid m/s gebruikt.

Voor de richtlijn voor de grenswaarde van de windsnelheid is een overweging gemaakt: welke windsnelheid waarbij gevlogen kan worden zonder motoren is acceptabel? Aanvankelijk werd een windkracht geschat van 12 knopen of lager(windkracht 4). Uit de gegevens van het KNMI blijkt dat 20% per jaar er een windkracht van >12kt is landinwaarts. Aan het strand is dit 45%. Dit wordt gemeten op 10 meter hoogte. Wanneer

men een de windsnelheid schaaft naar 50 meter hoogte en genoeg neemt met de 20%, zou men kunnen stellen dat de grenswaarde voor de windsnelheid 15-16 Kt als richtlijn mag hanteren. Voor verdere berekeningen wordt is gekozen om de grenswaarde voor de windsnelheid te richten op windkracht 4-5, omenabij 16 knopen.

Tabel 2.7: Schaalverdeling windsnelheid

Beaufort number	Wind speed				Mean wind speed (kt / kmh / mph)	Description	Wave height		Sea conditions	Land conditions
	kt	km/h	mph	m/s			m	ft		
0	0	0	0	0-0.2	0 / 0 / 0	Calm	0	0	Flat.	Calm. Smoke rises vertically.
1	1-3	1-6	1-3	0.3-1.5	02 / 04 / 2	Light air	0.1	0.33	Ripples without crests.	Wind motion visible in smoke.
2	4-6	7-11	4-7	1.6-3.3	05 / 09 / 6	Light breeze	0.2	0.66	Small wavelets. Crests of glassy appearance, not breaking.	Wind felt on exposed skin. Leaves rustle.
3	7-10	12-19	8-12	3.4-5.4	9 / 17 / 11	Gentle breeze	0.6	2	Large wavelets. Crests begin to break; scattered whitecaps.	Leaves and smaller twigs in constant motion.
4	11-16	20-29	13-18	5.5-7.9	13 / 24 / 15	Moderate breeze	1	3.3	Small waves.	Dust and loose paper raised. Small branches begin to move.
5	17-21	30-39	19-24	8.0-10.7	19 / 35 / 22	Fresh breeze	2	6.6	Moderate (1.2 m) longer waves. Some foam and spray.	Smaller trees sway.
6	22-27	40-50	25-31	10.8-13.8	24 / 44 / 27	Strong breeze	3	9.9	Large waves with foam crests and some spray.	Large branches in motion. Whistling heard in overhead wires. Umbrella use becomes difficult.
7	28-33	51-62	32-38	13.8-17.1	30 / 56 / 35	Near gale	4	13.1	Sea heaps up and foam begins to streak.	Whole trees in motion. Effort to walk against the wind.
8	34-40	63-75	39-46	17.2-20.7	37 / 68 / 42	Gale	5.5	18	Moderately high waves with breaking crests forming spindrift. Streaks of foam.	Twigs broken from trees. Cars veer on road.
9	41-47	76-87	47-54	20.8-24.4	44 / 81 / 50	Strong gale	7	23	High waves (2.75 m) with dense foam. Wave crests start to roll over. Considerable spray.	Light structure damage.
10	48-55	88-102	55-63	24.5-28.4	52 / 96 / 60	Storm	9	29.5	Very high waves. The sea surface is white and there is considerable tumbling. Visibility is reduced.	Trees uprooted. Considerable structural damage.
11	56-63	103-117	64-72	28.5-32.6	60 / 111 / 69	Violent storm	11.5	37.7	Exceptionally high waves.	Widespread structural damage.
12	>63	>117	>72	>32.7	N/A	Hurricane	14+	46+	Huge waves. Air filled with foam and spray. Sea completely white with driving spray. Visibility very greatly reduced.	Massive and widespread damage to structures.

Kite angle

De sterkte van de wind heeft ook effect op de "drag". Dit is de luchtweerstand van het luchtvaartuig. De "drag" zorgt ervoor dat het luchtvaartuig zich horizontaal verplaatst ten opzichte van het grondstation. Er wordt een hoek gevormd tussen de kabel en de grond.(kite angle) Bij "zero" drag is deze hoek 90 graden. De minimale waarde voor deze hoek is gesteld op 60 graden.



figuur 2.10: kite angle

Windrichting:

De QCDE Glider is afhankelijk van de windrichting. Om lift te genereren uit de wind moet de neus van het luchtvaartuig gericht zijn tegen de wind in. Het is voor het opstijgen van belang dat vooraf het luchtvaartuig correct gericht is. Daarnaast moet rekening gehouden worden met draaiingen van de wind. De bevestiging van de kabel moet kunnen draaien om te **voorkomen dat de kabel verdraaid raakt**. Ook zal **de payload een 360 graden beeld** moeten hebben zodat de gebruiker niet afhankelijk is van de windrichting.

Windstoten

De omgevingsfactor windstoten is lastig te specificeren. Een windstoot is een moment opname. Hoe de QCDE Glider omgaat met windstoten moet blijken uit testen uitgevoerd met een prototype. De reactie van de Glider op windstoten is voornamelijk afhankelijk van het besturingssysteem. Dit wordt in dit verslag niet nader behandeld. Voor stabilisatie wordt naast de besturing gebruik gemaakt van dihedral hoek (zie hoofdstuk 3.5). Door de vleugel (in het voorbeeld) onder een hoek te zetten, zorgt de aerodynamica er voor dat het luchtvaartuig zich zelf stabiliseert/terug brengt naar normale vliegpositie.

Regen

Een eis voor de QCDE Glider is dat deze **bestand is tegen regen**. Bij regen zullen de motoren ondersteuning moeten bieden om de impact van de druppel op de vleugel te weerstaan. Daarnaast moet de motoren zelf bestand zijn tegen water. zowel de motoren als de elektronica moeten goed worden afgeschermd om het gehele systeem waterdicht te maken zodat gevlogen kan worden in de regen. De garantie dat het ontwerp bestand is tegen regen, creëert een hogere marktwaarde.

Temperatuur

Warmte moet worden afgevoerd om er voor te zorgen dat de motoren en elektronica niet oververhit raken. Conductie en convectie moeten een te hoge temperatuur voorkomen. Kou kan daarentegen icing veroorzaken. Icing is een groot gevaar binnen de luchtvaart. Echter zal icing op lage hoogte alleen optreden in extreme weersomstandigheden. Om dit probleem te verhelpen kan een de-icing systeem worden ontwikkeld voor de QCDE Glider. Wanneer behoefte is voor een luchtvaartuig dat bestand is tegen extreme kou, zou dit de prijsklasse verhogen. Dit is voor dit verslag niet nader onderzocht.

De weersomstandigheden hebben gevolgen voor de kwaliteit van de gemaakt beelden met de payload. Het effect van de wind kan verholpen worden met stabilisatie mechanismen van het luchtvaartuigen en de payload (gimbal). Het effect van regen, sneeuw, hagel en mist is afhankelijk van de payload. De QCDE Glider kan enkel een zo stabiel en universeel mogelijk platform bieden in deze omstandigheden.

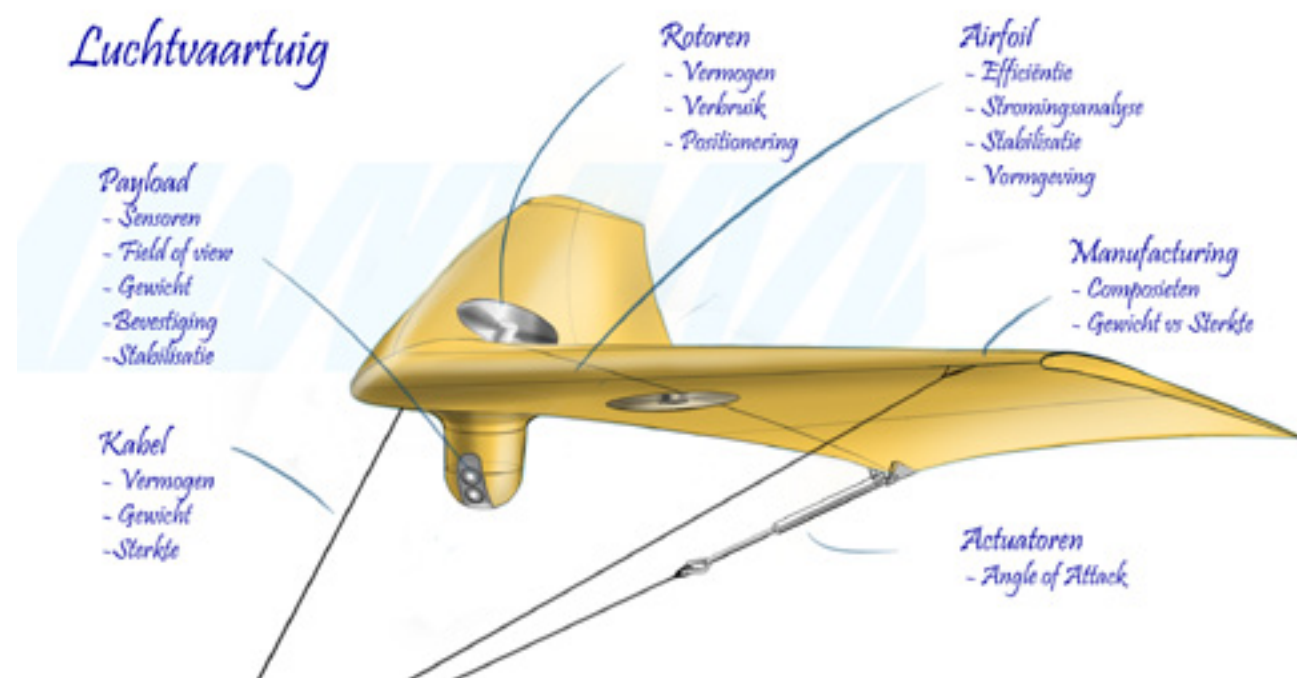
3. Conceptfase

3.1 Globaal ontwerp

Het product dat ontworpen wordt is een autonome kabelvlieger. Dit houdt in dat de vlieger zelfsturend opstijgt, land en zichzelf stabiliseert in de lucht. De gebruiker hoeft enkel het signaal te geven om op te stijgen of te landen.

Opstijgen doet de vlieger op kracht van motoren. Door dat het vleugel oppervlak van de Glider wind vangt, wordt lift gegenereerd, waardoor de Glider begin te werken als een vlieger. Wanneer voldoende wind staat, en daardoor voldoende lift wordt gegenereerd, dienen de motoren enkel als ondersteuning voor extra lift.

In afbeelding figuur 3.1 is weergegeven welke componenten het luchtvaartuig globaal moet bevatten om het hoofd doel te verrichten. Daarnaast zijn enkele aandachtspunten vermeld bij de componenten voor het ontwerp.



figuur 3.1: Globaal ontwerp van het luchtvaartuig met de componenten

Het hoofddoel van het ontwerp is het creëren van een platform vanaf waar de gebruiker door middel van sensoren kan observeren, dan wel meten of surveilleren door middel van sensoren(payload).

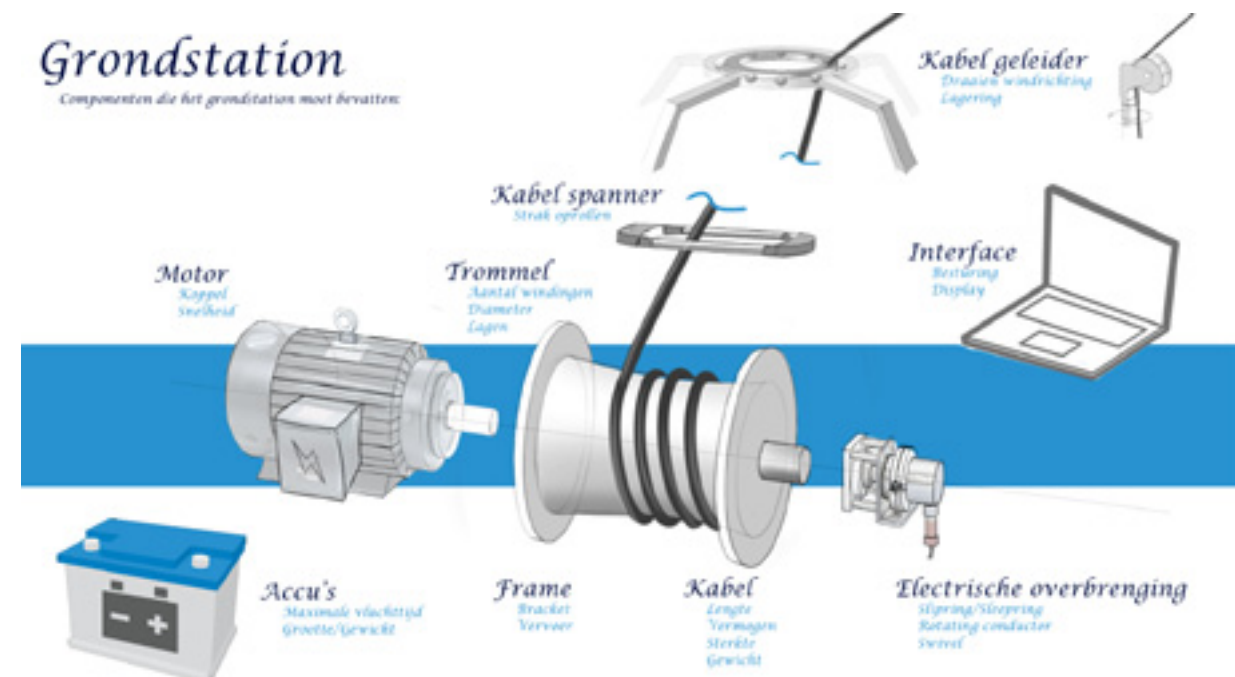
Om een werkend luchtvaartuig te creëren zijn drie hoofdeisen gesteld aan de vlucht:

1. Het product moet kunnen opstijgen en vliegen zonder ondersteuning van de wind.
2. Het product moet kunnen opstijgen en vliegen bij een windkracht van minimaal 7
3. Het product moet kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren bij een windkracht van minimaal 5.

Deze eisen uiteten zich in het ontwerp, doordat specifieke technische parameters(zoals een benodigd vermogen en vleugeloppervlak) direct volgen uit deze doelstellingen.

Een uitdaging voor het ontwerp is hoe directe gevolgen van de bovengenoemde doelstellingen gecombineerd worden tot een realiseerbaar ontwerp.

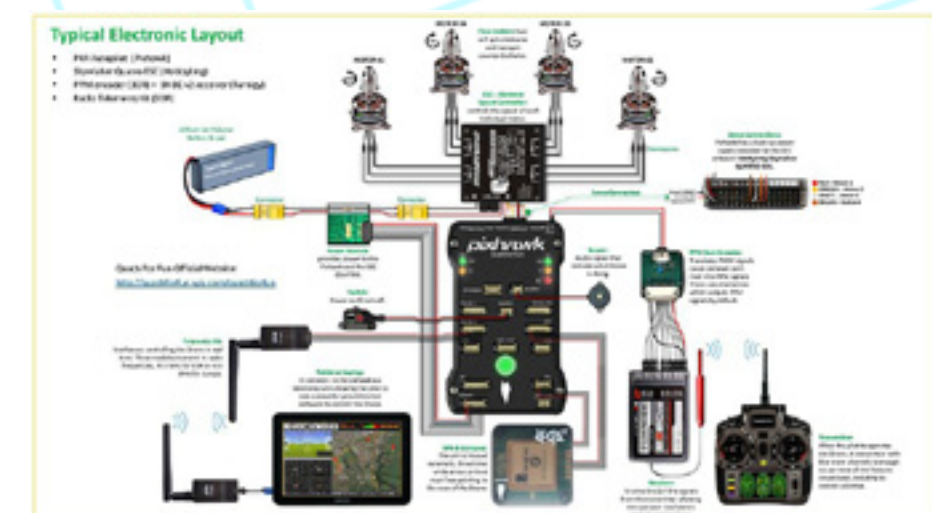
In afbeelding figuur 3.2 worden verschillende componenten weergegeven van het grondstation in een "exploded view".



figuur 3.2: globaal overzicht van de componenten van het grondstation

Het grondstation is het deel van het ontwerp dat zich op de grond bevindt. Hier is het luchtvaartuig bevestigd door middel van de kabel. Het luchtvaartuig wordt vanaf het grondstation gevoed met stroom. Het grondstation moet dus een stroombron/opslag bevatten. Daarnaast moet de kabel opgewonden kunnen worden door middel van een lier. Het grondstation vormt de interface tussen de gebruiker en het product. Hier kan de gebruiker het product aansturen. Omdat het product zo autonoom mogelijk wordt ontworpen, wordt minimale input van de gebruiker verwacht. Het ideale scenario is dat de gebruiker enkel het signaal hoeft te geven tot opstijgen en landen(eventueel de gewenste vlieghoogte)

figuur 3.3 geeft een voorbeeld van het elektrischsysteem van een Quadcopter. De QCDE Glider zal dezelfde componenten moet bevatten.



figuur 3.3: Elektrisch systeem

3.2 Functies, eisen en wensen

In deze paragraaf zijn functies en eisen opgesteld. De functie geven aan wat ontwerp moet kunnen. Bij de functies staat aangegeven door middel van een gekleurde letter vanuit waar de functie/eis is voortgekomen. De functie kan onderbouwd worden vanuit uitgangspunt bij de letter.

- De letter (M) aan dat eis is voortgekomen vanuit de marktanalyse.
- De letter (W) geeft aan dat de eis is voortgekomen uit de wetgevingsanalyse
- De letter (F) geeft aan dat het functioneel nodig is om een geslaagde/veilige vlucht te realiseren.
- De Letter (D) geeft aan de eis een doelstelling is gesteld door de ontwerper en het bedrijf QConcepts

Het is mogelijk dat één functie is voortgekomen vanuit meerdere uitgangspunten

Luchtvaartuig:

De hoofdfunctie van het ontwerp is het

- Het product moet kunnen opstijgen en vliegen zonder ondersteuning van de wind. (D)
- Het product moet kunnen opstijgen en vliegen bij een windkracht van minimaal 7 (D)(M)
- Het product moet kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren bij maximaal windkracht 5.(D)(M)

Algemeen

- Kunnen opstijgen/zweven/landen bij wisselende weersomstandigheden: (M)
- Zero wind/ hoge wind(D)
- Windstoten
- Regen (M)
- Mist (M)
- Wens: sneeuw (M)
- 's Nachts kunnen opstijgen/zweven/landen (D) (M)
- Kunnen landen bij het falen van bepaalde componenten(eisen voor het verkrijgen van bewijs van luchtvaardigheid)(W)
- Wegvallen van de controle (W)
- Falen van de autopilot (W)
- Stilvallen van de motor (W)
- Batterijproblemen (W)
- Wegvallen van het GPS signaal (W)
- Het wegvallen van de radiocommunicatie (W)
- Het falen van de zenders en de ontvangers (W)
- Het breken of losgeraken van de kabel (W)
- Kunnen opstijgen en landen binnen een straal van 5 meter van het grondstation (D)
- Gehele systeem kost maximaal €20.000 (M)
- Wens gehele systeem kost maximaal €15.000 (M)
- Het totaal gewicht mag maximaal 25 kg bedragen (W)

Body:

- Componenten bevatten(F)
- Het zicht van de payload minimaal belemmeren (D)
- Lift genereren uit wind (D)
- Optimaal gebruik maken van aerodynamica
- Glad oppervlak bevatten (F)
- Maximale liftcoëfficiënt (F)
- Drag minimaliseren (D)
- Maximale hoek van de kabel: 40 graden (D)
- Voldoende stevigheid bieden om bestand te zijn tegen: (F)

- Windsnelheden (F)
- Krachten vanuit de kabel (F)
- Windstoten (F)
- Val van 10 meter hoogte (F) (D)
- Interne krachten (F)
- Stabiel zweven/hoveren in de lucht (F)
- Zich zelf stabiliseren door de vormgeving van de vleugels (D) (F)

Hanteerbaar zijn door 2 personen (D)

Wens: hanteerbaar zijn door 1 persoon (D)

Maximaal gewicht bederaagthebben van 25 kg (D)

Wens: maximaal gewicht hebben van 10 kg (D)

Manufacturing

Gemaakt kunnen worden door middel van het CNC frezen en vacuüm vormen van composiet materialen. (D)

wens: gefabriceerd kunnen worden uit één geheel(D)

Wens: maximale vleugelspanwijdte bedraagt 2,5 meter (D)(M)

Rotoren

Voldoende lift generen om het luchtvaartuig te liften zonder ondersteuning van de wind.(D) (M)

Maximaal vermogen vragen van 400 W/kg (F)

Het luchtvaartuig controleren door afstemming van rotoren (F)

Actuatoren

De angle of attack kunnen bepalen: (D) (F)

De angle of attack kunnen variëren tussen -4 en 15 graden (F)

evt Pan and rol controleren (F)

Kabel

- Bestand zijn tegen de krachten/spanning bij hoge windsnelheden met voldoende veiligheidsmarge (F)
- stroom overdragen van het grondstation naar het luchtvaartuig (F)
- Minimaal lengte bedraagt van 50meter (M)
- wens: een minimale lengte hebben van 100meter (M)
- Geminimaliseerd gewicht hebben bij voldoende vermogen (F)
- maximaal gewicht bedraagt van 10 kg (D)
- wens: maximaal gewicht bedraagt 3 kg(D)
- opgerold kunnen worden doormiddel van een lier (F)
- bestand zijn tegen draingen door windrichting (F)
- voorkomen dat draad breekt door draaiing (F)
- swivel/sleeping bij het luchtvaartuig (F)
- Losgekoppeld kunnen worden van luchtvaartuig (F)
- Voor vervoer (M)
- Voor noodscenario(W) (M)

Grond station

Algemeen

- maximale afmetingen(excl interface) hebben van 1.0 m3 (D)
- wens: maximali afmetingen hebben van 0.5 m3 (D)
- tilbaar zijn door 2 personen (D)
- maximaal gewicht bedraagt 50 kg(arbo)(W)
- wens: tilbaar door 1 persoon (D)
- maximaal gewicht bedraagt 25 kg(arbo) (W)

Lier

Het luchtvaartuig gecontroleerd naar beneden kunnen halen vanaf 100 meter

3.3 Gebruiksscenario:

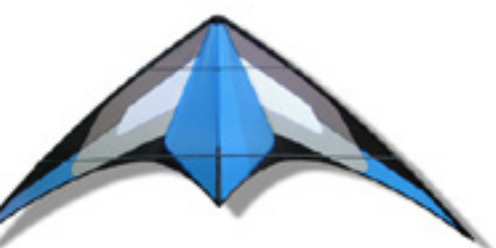
Om de QCDE Glider te gebruiken worden de volgende stappen uitgevoerd:

- Het vervoer naar locatie
- De "deployment" van grondstation
 - Het gereed maken van het grondstation door deze te positioneren op de plek vanaf waar opgestegen wordt.
- Meting van de windsnelheid en windrichting
- Het start klaar maken van luchtvaartuig
 - Koppelen aan grondstation
 - Neus van luchtvaartuig draaien tegen de wind in
- Gewenste vlieghoogte instellen
- Signaal geven tot opstijgen
 - Motoren draaien terwijl de kabel gespannen gehouden wordt
 - Luchtvaartuig komt los van de grond
 - Het luchtvaartuig zweeft op lage hoogte tot dat evenwicht is behaald
 - Het luchtvaartuig stijgt tot de gewenste hoogte
 - De lier viert de kabel
- Het luchtvaartuig behoudt evenwicht in de lucht
 - Het luchtvaartuig controleert de angle of attack voor optimaal gebruik van de wind
 - Het luchtvaartuig stabiliseert zich tegen rol, pan en tilt
 - Het luchtvaartuig behoudt de neus tegen de wind in
- Doel van vlucht wordt uitgevoerd door de payload
 - Gebruiker stuurt de payload aan
 - Data wordt verzameld
 - Data wordt doorgestuurd aan het grondstation
 - Data wordt opgeslagen
 - Data wordt weergegeven aan gebruiker
- Signaal geven tot landen
 - Een afstemming tussen de motoren en de lier houdt de kabel gespannen
 - De lier trekt de vlieger gecontroleerd naar de grond
 - Het luchtvaartuig landt

- binnen 60 seconden (D)
- Bestand zijn tegen de kracht in de kabel (F)
- Voldoende koppel bieden om de het luchtvaartuig te doen dalen bij hoge windsnelheden (F)
 - Voldoende spanning behouden op de kabel (F)
- Kabel opwinden rond een trommel (F)
 - Voorkomen dat de kabel verdraaid/geknoopt raakt (F)
 - Kabel geleiden op de trommel (F)
- Bestand zijn draaiingen van de windrichting (F)
 - Voorkomen dat de kabel te veel verdraaid door de windrichting (F)
- Stroom overbrengen doormiddel van een Swivel/sleep ring (F)
- behuizing/framework
 - Compact componenten bevatten (F)
 - Combonenten op de plaats houden (F)
 - het grondstation zekeren aan de grond/beweging van het grondstation voorkomen (F)
 - handvatten bieden voor het tillen van het grondstation
 - mogelijkheden bieden om het grondstation te bevestigen in/op een
 - Busje (D)
 - Auto (D)
 - ATV/UTV (D)
- Accu's
 - Voldoende capaciteit bieden om het luchtvaartuig voor minimaal 3 uur van stroom te voorzien bij gemiddeld verbruik(garantie) (D) (M)
 - Wens: Voldoende capaciteit bieden om het luchtvaartuig voor minimaal 3 uur van stroom te voorzien bij hoog verbruik (D) (M)
 - Wens: Voldoende capaciteit bieden om het luchtvaartuig voor minimaal 12+ uur van stroom te voorzien bij gemiddeld verbruik (D) (M)
- Interface
 - Gebruiker mogelijkheid geven tot aansturen van het systeem: vlieger+grondstation (D)
 - Signaal tot opstijgen (F)
 - Signaal tot landen (F)
 - Hoogte instellen (F)
 - Payload aansturen (F)
 - Output weergeven (M)
 - Beelden live weergeven voor de gebruiker ter interpretatie (M)
 - Output opslaan (M)
 - Output verwerken (M)
- Payload
 - Beelden maken (D)
 - Visueel beelden Electro-optisch (D)
 - Ruimte bieden voor meerdere sensoren tegelijkertijd één vlucht (D)
 - Optie bieden voor infra rood (M)
 - Live output genereren (D)
 - Live output doorsturen aan het grondstation (D) (M)
 - Minimaal 2 kg kunnen bedragen (D) (M)
 - Aan te sturen zijn vanaf de grond. (D) (M)
 - 360 graden beeld kunnen verschaffen (D) (M)

3.4 Ideeschetsen

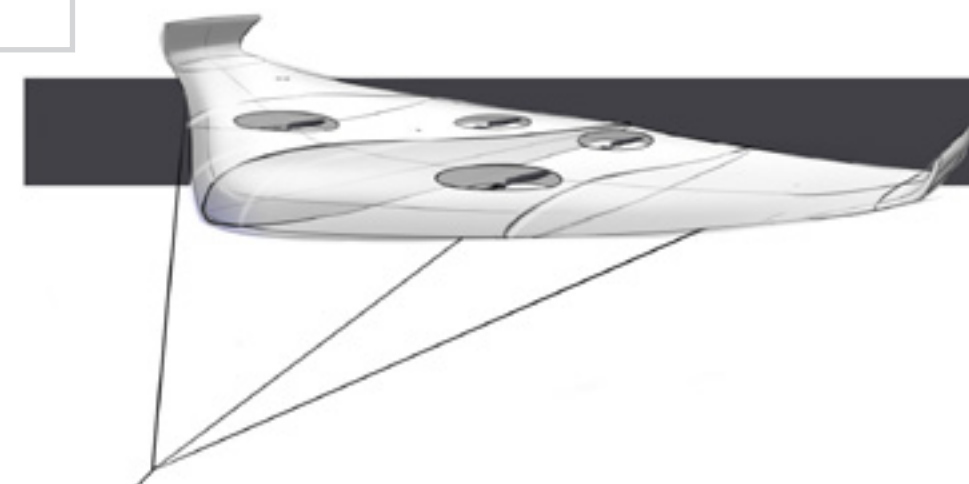
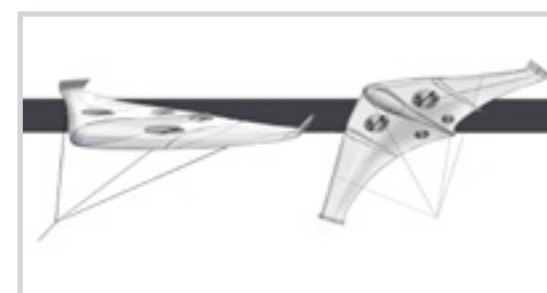
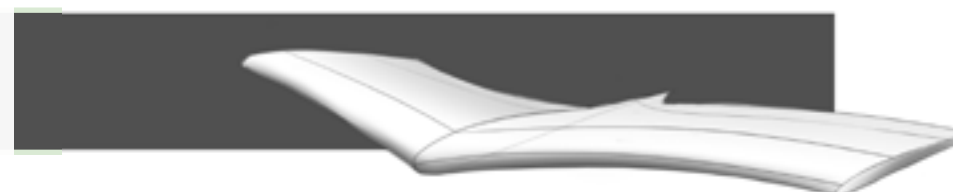
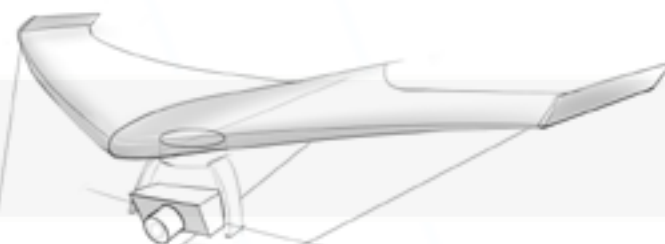
In deze paragraaf staan enkele idee schetsen



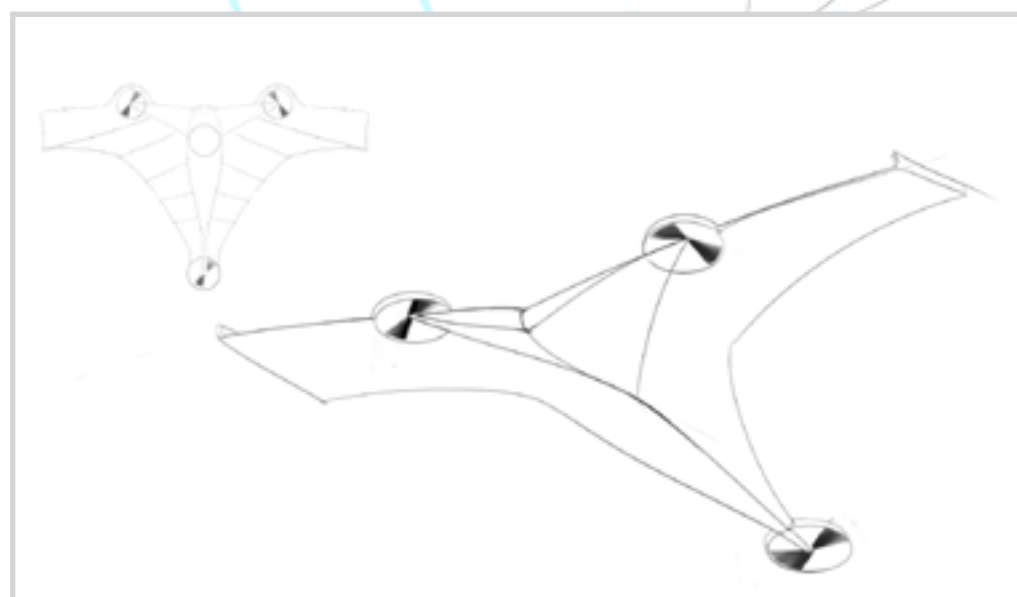
figuur 3.5: Delta kite archetype



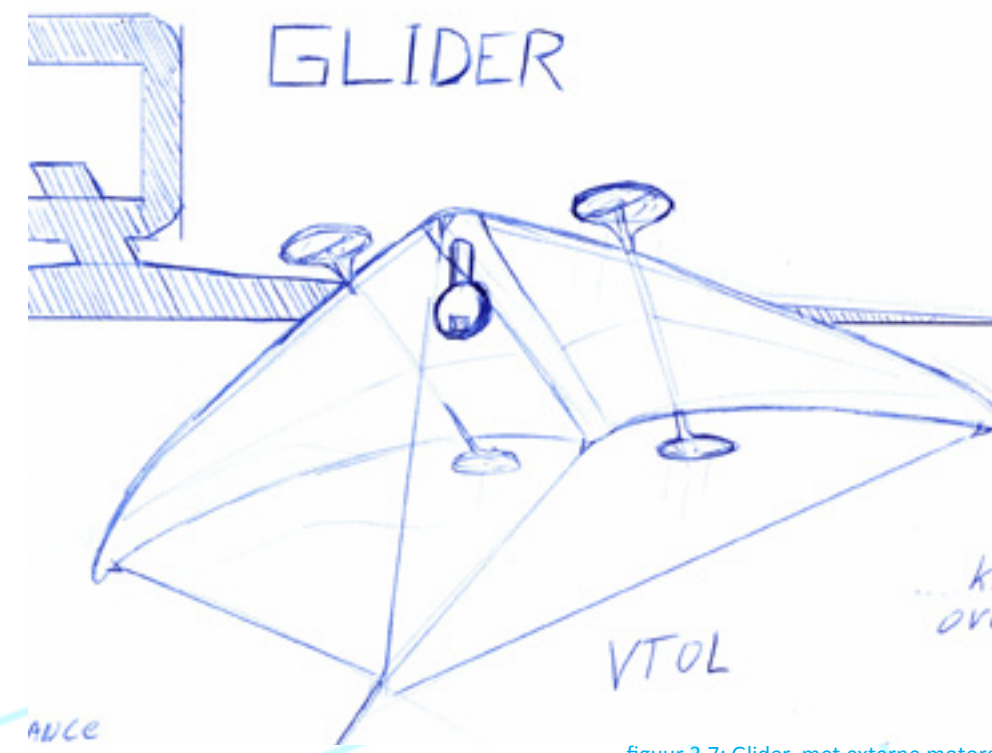
figuur 3.4: simpel kiteshape sketches



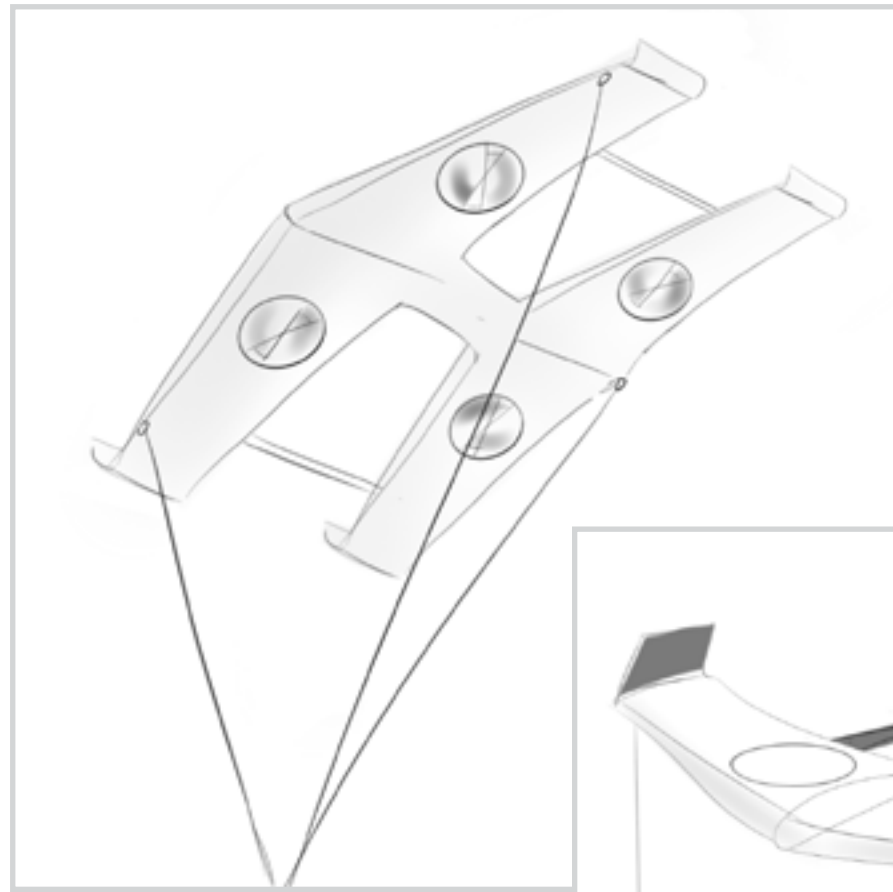
figuur 3.8: high sweep angle



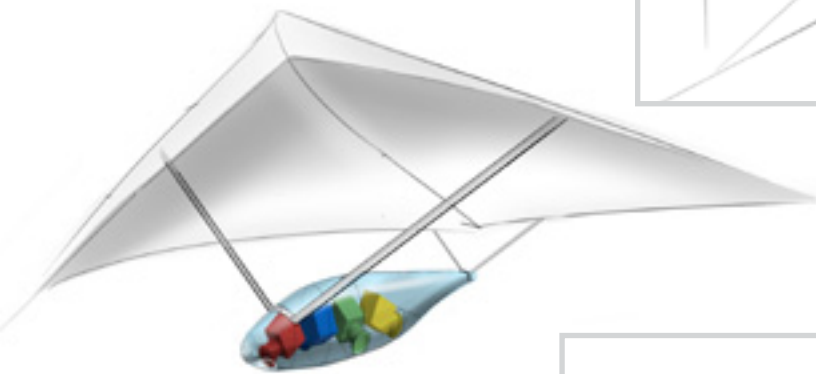
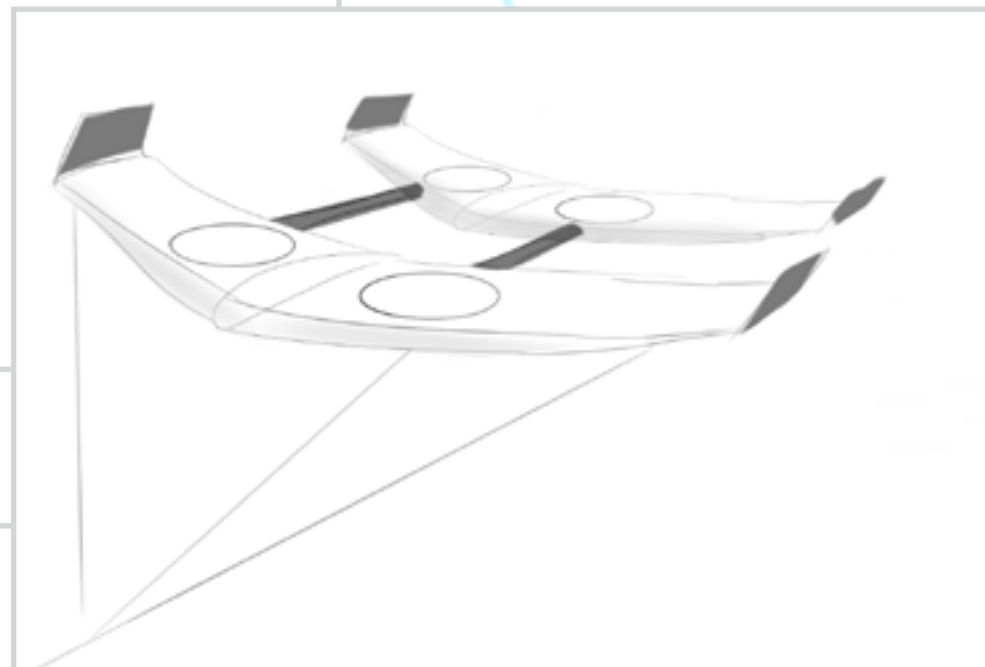
figuur 3.6: Straart rotor concept



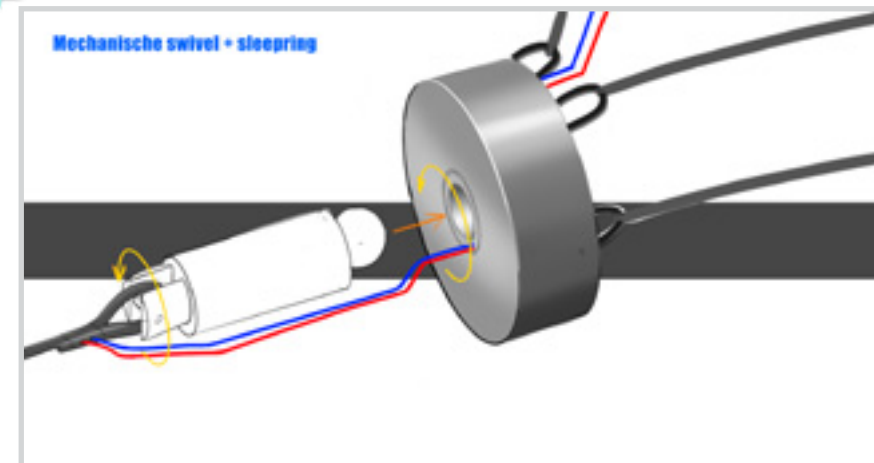
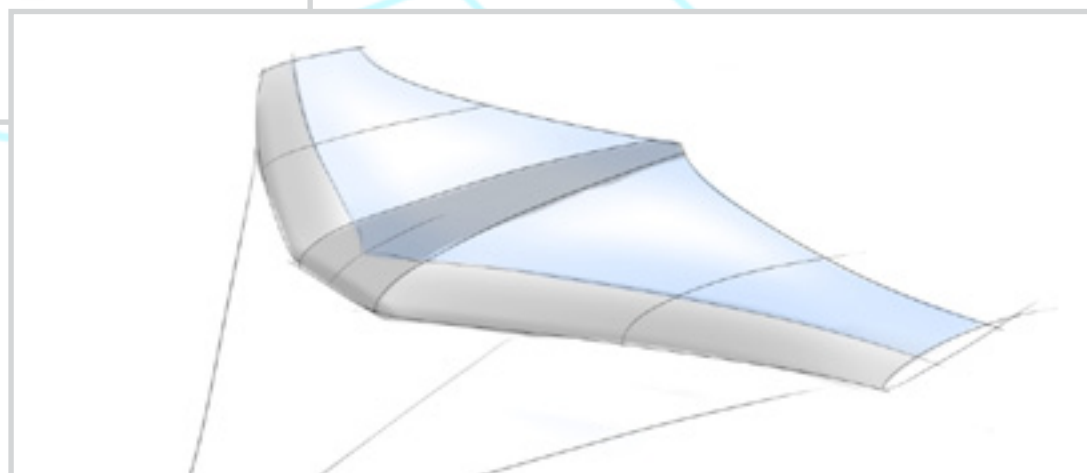
figuur 3.7: Glider met externe motoren



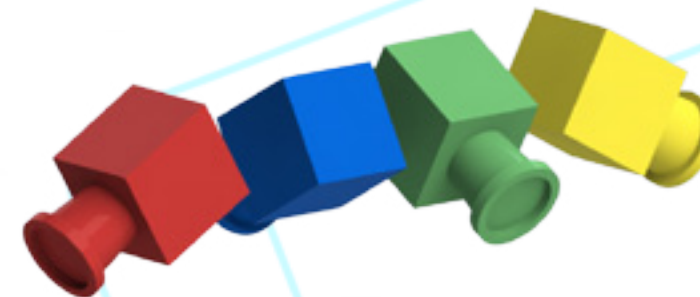
figuur 3.9: Een dubbele vleugel zorgt voor meer vleugeloppervlak. Hierdoor zou de wingspan kleiner gehouden kunnen worden. Nadelen aan een dubbele vleugel zijn de prijs voor het manufacturen en een lagere efficiëntie.



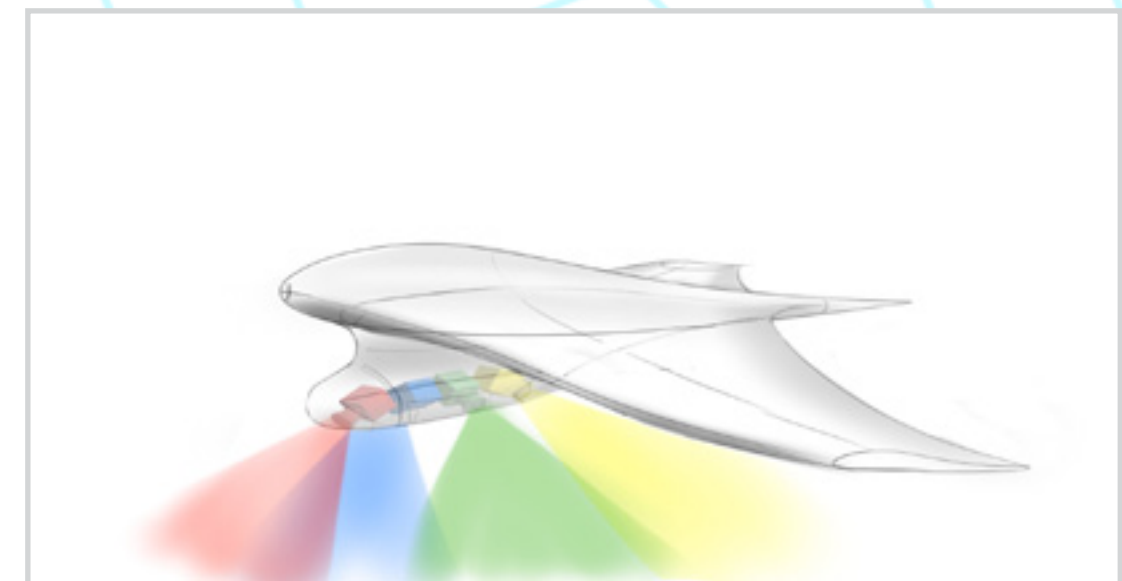
figuur 3.10: Suspended payload concept zou schokken kunnen absorberen en de sensoren "level" kunnen houden bij een variërende angle of attack



figuur 3.11: Een mechanische swivel in combinatie met een sleep ring is een relatief goedkope manier de kabel bestand te maken tegen verdraaiingen, voor zowel de kracht op de kabel als de stroom overbrenging



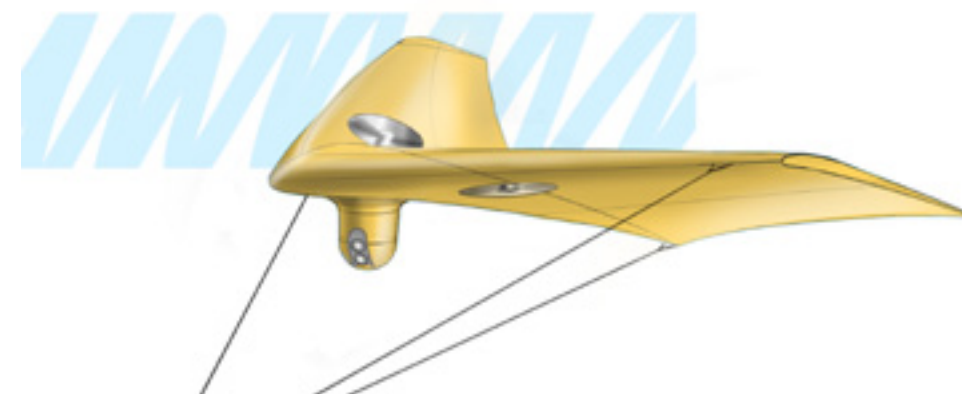
figuur 3.12: multi camera: Meerdere losse OEM Camera zouden relatief goedkoop een 360 graden beeld kunnen realiseren. Echter wegen de nadelen niet op tegen de voordelen. Dit idee is uit gewerkt in bijlage 8.5



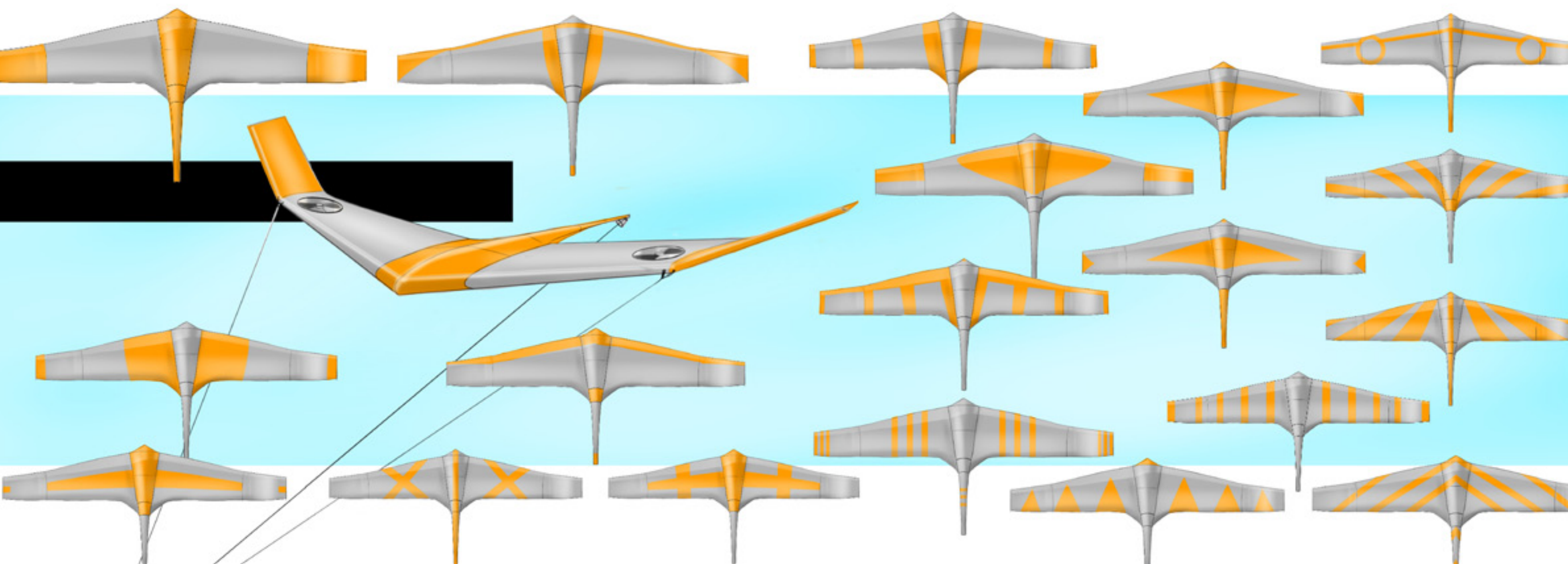
figuur 6.1: cameras5.png



figuur 3.13: vormgeving 1



figuur 3.14: vormgeving 2



figuur 3.15: verschillende patronen op het luchtvaartuig

3.5 Termologie Aerodynamica:

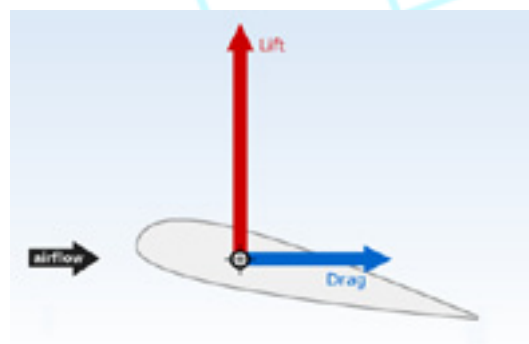
In deze paragraaf worden enkele termen toegelicht die worden gebruikt in bij het ontwerpen van een luchtvaartuig. Bij het ontwerpen worden veel termen in het Engels gebruikt. Intern gebruikt QConcepts voornamelijk de Engelse benaming voor deze termen. In tabel Tabel 3.1 staan vertalingen van deze termen:

Tabel 3.1: Engelse en Nederlandse termen binnen de aerodynamica

Engels	Nederlands	Beschrijving
Airfoil	Vleugelprofiel	Vorm van de doorsnede van de vleugel
Wingspan	Spanwijdte	Lengte van vleugel punt tot punt
Chord	Koorde	Horizontale lengte van vleugel profiel
Leading edge	Intredende rand	Voorrand van vleugel
Trailing edge	Uitredende rand	Achterrands van de vleugel
(Upper and under) camber	Welving	Bolling van het vleugelprofiel(onder en boven)
Mean camber line	Welvingslijn	Gemiddelde welving
Root	Stam	Begin van de vleugel(dichtst aan het centrum)
Wingtip	Vleugeltip/punt	Punt van de vleugel
Winglet	Winglet	Opstaande rand aan de vleugeltip
Angle of Attack(AoA)	Invalshoek	Hoek van het profiel tov de luchtstroom

Airfoil:

De Airfoil is de vorm van de doorsnede van een vleugel, ook wel het profiel van de vleugel genoemd. De vorm van een airfoil zorgt ervoor dat efficiënt lift gegenereerd wordt uit de beweging. Elke object dat onder een hoek beweegt door een fluid(in dit geval lucht) creëert een aerodynamische kracht(lift). Bij conventionele vliegtuigen beweegt de vleugel door de lucht, maar bij de QCDE Glider zal de lucht als gevolg van de wind beweging langs de vleugel. In beide gevallen ontstaat lift. Het gebruikelijke profiel bij vliegtuigen heeft een ronde leading edge en een scherpe trailing edge. Het vleugelprofiel doorbreekt de luchtstroom waardoor er een drukverschil optreedt tussen boven en onder de vleugel. Dit zorgt voor een opwaartse kracht: lift. Daarnaast ontstaat drag, als gevolg van de luchtweerstand. Drag zorgt ervoor dat de lijn van een vlieger niet recht omhoog gaat, maar onder een hoek.

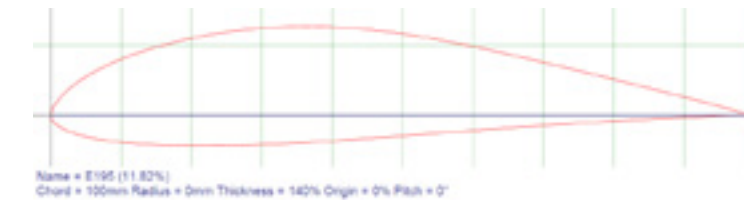


figuur 3.16: Lift and drag

Het optimale vleugelprofiel kan berekend worden door middel van software. Door bij dergelijke software

parameters in te voeren wordt een advies gegeven voor het meest geschikte profiel. Deze parameters zijn onder andere de windsnelheid, het vleugel oppervlak en de benodigde sterkte.

Op http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html kan men een database vinden met een groot scala aan vleugelprofielen. In afbeelding figuur 3.17 is een airfoil(EP195-thickness=160%) geplot. De in afbeelding figuur 3.17 weergegeven airfoil is een mogelijk geschikte airfoil voor de QCDE Glider, omdat er goede verhoudingen zijn tussen de stevigheid en het lift-drag ratio.



figuur 3.17: Airfoil EP-195

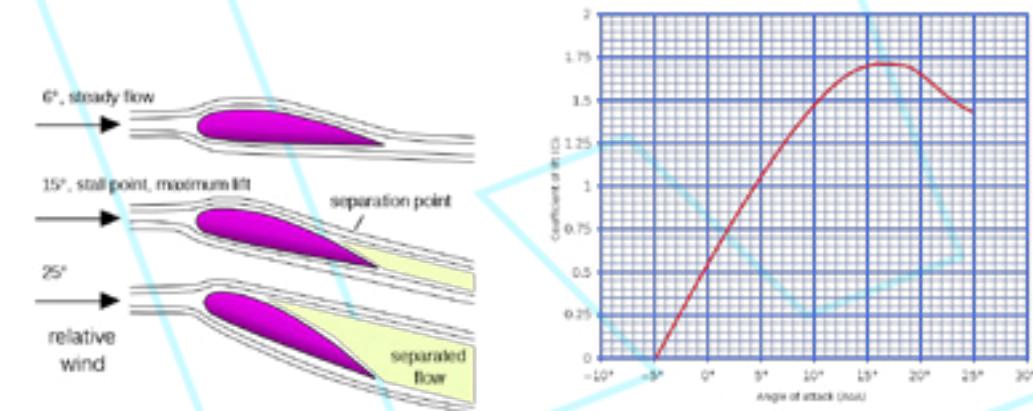
Vanaf de database kan de geplote airfoil gedownload worden. De .DAT-file bevat de coördinaten van de punten die airfoil vormen. Deze coördinaten kunnen vervolgens geïmporteerd worden naar Solidworks. (zie hoofdstuk 5.1)

De gegenereerde lift van een vleugelprofiel kan berekend worden doormiddel van de liftcoëfficiënt. Dit is een dimensieloos getal dat de lift, omgevingsfactoren en het oppervlak aan elkaar relateert. Hiervoor geldt:

$$C_L = \frac{2L}{\rho \cdot v^2 \cdot A}$$

De liftcoëfficiënt is afhankelijk van het profiel en de angle of attack:

Grafiek 3.1: Liftcoëfficiënt is gevolg van angle of Attack



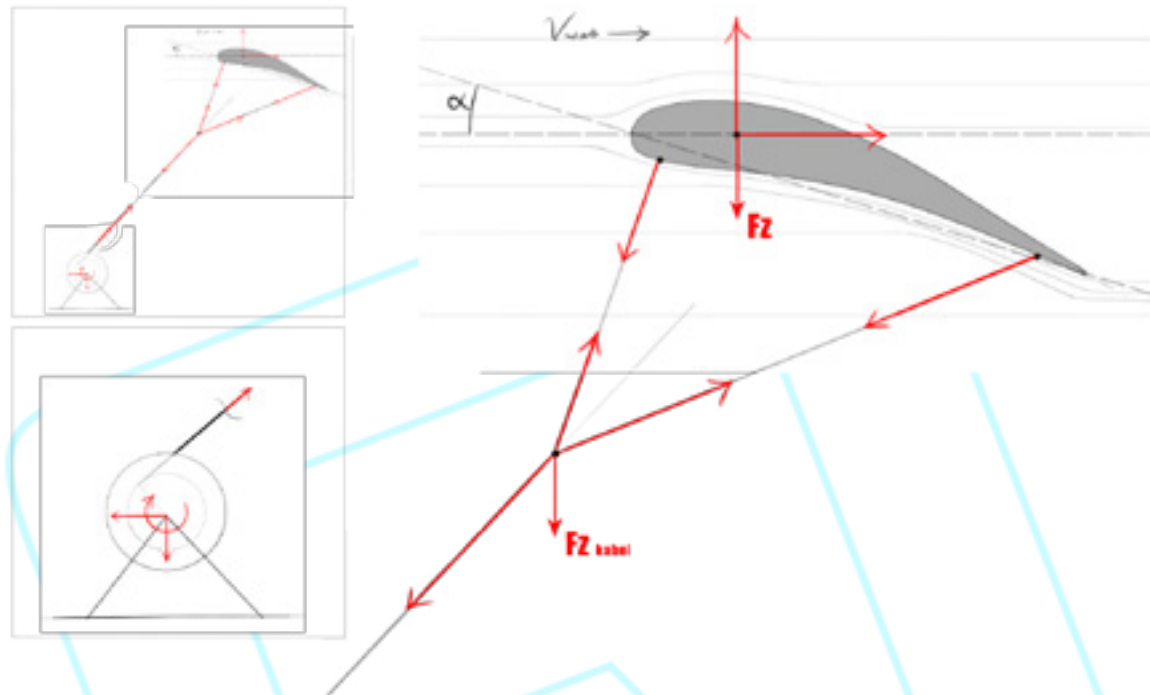
Door de angle of attack te variëren kan de lift coëfficiënt gestuurd worden. Bij hoge wind zou een lage angle of attack(en dus liftcoëfficiënt) voldoen om voldoende lift te genereren. Bij lage wind is een hogere angle of attack nodig. Een hogere angle of attack gaat gepaard met toename in de drag. Bij een angle of attack hoger dan 15° zal "stalling" optreden, waardoor de drag zodanig is toegenomen dat de gegenereerde lift afneemt.

Om er voor te zorgen dat de QCDE Glider optimaal gebruik maakt van de aanwezige wind, controleert een actuator de angle of attack. Deze zal variëren tussen -4 en 14 graden

3.6 Dynamisch evenwicht

In deze paragraaf staan twee afbeeldingen die het evenwicht van de Glider weergeven. Om stabiel te vliegen moet er een dynamische evenwicht te weeg worden gebracht. een vlieger is in evenwicht als de lijnen van de kabel, de zwaartekracht en de aerodynamisch krachten door één punt kruizen zoals weergegeven in afbeelding figuur 3.19. De motoren zullen zodanig gepositioneerd en afgesteld moeten worden dat het evenwicht behouden blijft, wanneer deze draaien.

VLS Airfoil



figuur 3.18: Vrije lichaamsstructuur van het vleugel profiel

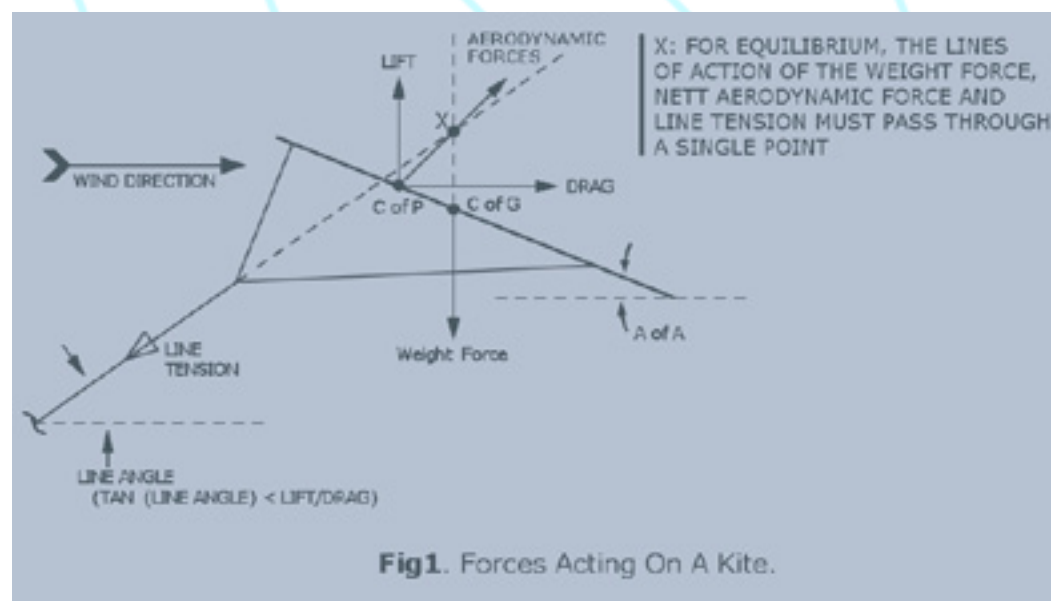


Fig1. Forces Acting On A Kite.

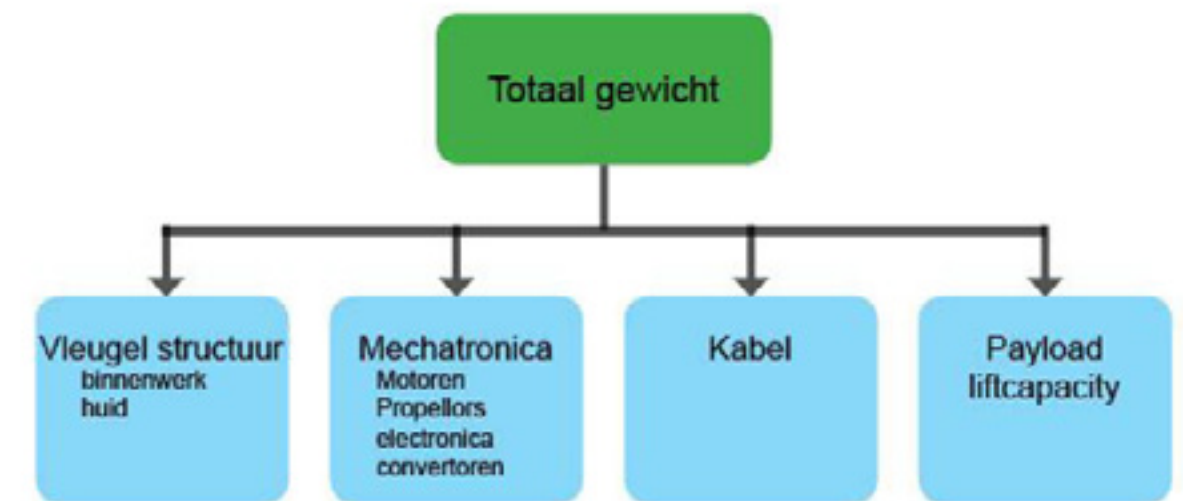
figuur 3.19: Krachten op een vlieger

4. Berekeningen

4.1 Gewichtsverdeling

Om het ontwerp vorm te geven zijn meerdere parameters tegen elkaar uitgezet. Het doel van de parameters is het vinden optimale verdeling van het gewicht. Er wordt een schatting gemaakt van het totaal gewicht. Het totaal gewicht moet worden verdeeld over de volgende onderdelen van het luchtvaartuig:

- Structuur(binnenwerk en huid)
- Kabel
- Mechatronica(motoren, propellers, convertoren, electronica)
- Payload



figuur 4.1: Gewichtsverdeling

Voor het vinden van de juiste verdeling zijn twee voornaamste eisen van belang:

- Het luchtvaartuig moet kunnen opstijgen en vliegen zonder ondersteuning van de wind, terwijl deze wordt gevoed vanuit het grondstation(via een kabel)
- Het luchtvaartuig moet kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren bij een bepaalde windsnelheid: de richtlijn voor deze windsnelheid is windkracht 4-5 met als doel zo laag mogelijk.

Deze eisen uiten zich in de gewichtsverdeling doordat de eisen doorgerekend kunnen worden naar de gewichten van de kabel en het luchtvaartuig. Daarnaast kan het benodigde vleugel oppervlak berekend worden, wat zich uit in de afmetingen van het luchtvaartuig.

4.1.1 Aannames en richtlijnen

Voor de berekening zijn enkele aannames en richtwaarden op gesteld. Deze zijn gebruikt om te de gewichtsverdeling te berekenen. int tabel 5.1 staan zowel de initiële waarde als bijgestelde waarden. de waarden zijn bijgesteld omdat tijdens het uitvoeren van de berekeningen duidelijk werd dat sommige waarden niet haalbaar waren.

Tabel 4.1: Aannames en richtlijnen voor de gewichtsverdeling berekening

Parameter	initial value	adjusted value
weight classes	5-25kg (step 5 kg)	4-10kg (step 1 kg)
Cable lenght	50-100m	50-60m
cable material	copper	
	$\rho_{cable} = 0.0175 \text{ kg/m}$	
	$\rho_{cable} = 8.89 \text{ g/cm}^3$	
	isolation weight factor	2X
max. Voltagedrop	5%	5% - 30%
Power-weight ratio	400w/kg	
Wind speed	4-12 kn (step 4 kn)	10-18 Kn (step 1kn)
Liftoefficient Cl		1
lucht dichtheid (50m)	1.285 kg/m3	
estimation rotor diameter	0.35m (14 inch)	0.4m (16 inch)
number of rotors		4
weight-area ratio	0.6 kg / m2	1.4 kg / m2
richtlijnen		
parameter	richt waarde	klasse
payload	2 kg	>0.5 kg
		>1 kg
		>2 kg
max tip chord	0.5 m	
wingspan	2.5 m	1.5
		2
		2.5
		3
max root chord		<1.5m
		<1.3m
		<1 m

Payload

De liftcapaciteit van het ontwerp is een belangrijke ontwerpparameter die een groot deel van de meerwaarde van het product voor de eindgebruiker levert. Er wordt gezocht naar een zo hoog mogelijke liftcapaciteit. Voor de payload is de richtwaarde 2 kg. Geavanceerde hexacopters en octocopters hebben een lift capaciteit van 2-4 kg. Bij een waarde van 2 kg wordt de eindgebruiker een platform geboden waarbij deze voldoende vrijheid heeft wat betreft payload. Uiteraard zal uit de berekening blijken of de richtwaarde van 2 kg haalbaar is of eventueel moet worden bijgesteld (hoger of lager).

4.2 Ontwerp probleem

In figuur 4.2 is weergegeven hoe een schatting van het gewicht resulteert in het benodigde vleugel oppervlak. Het vleugel oppervlak resulteert weer in de het gewicht van de vleugel. Daarnaast is figuur 4.3 weergeven hoe de schatting van het gewicht resulteert in het gewicht van de kabel .In deze paragraaf wordt toegelicht hoe de vanuit een schatting van het gewicht een verdeling van het gewicht berekenend en gerealiseerd kan worden.

Effectief oppervlak:

Dit is het oppervlak dat nodig is om de gegeven massa te laten zweven in de lucht bij een bepaalde

windsnelheid. Hiervoor is de volgende formule gebruikt: $A_{offreq} = \frac{(m \times g)}{\frac{1}{2} \times \rho_{lucht} \times C_{Lift} \times V^2}$

De richtlijn voor de wind snelheid is windkracht 4-5(11-18 kn)(zie hoofdstuk 2.5: omgevingsfactor wind) voor de berekening zijn eerst de snelheden 4-8-12 knopen gebruikt, maar toen bleek dat lage windsnelheden niet haalbaar waren is gekozen voor windsnelheden van 13-18 knopen.

Omdat de rotoren worden opgenomen in het luchtvaartuig, gaat dit ten koste van het effectieve oppervlak. Bij het effectieve oppervlak moet het oppervlak van de rotoren nog opgeteld worden:

$$A_{totalreq} = A_{offreq} + 4 \times \text{rotordiameter}^2$$

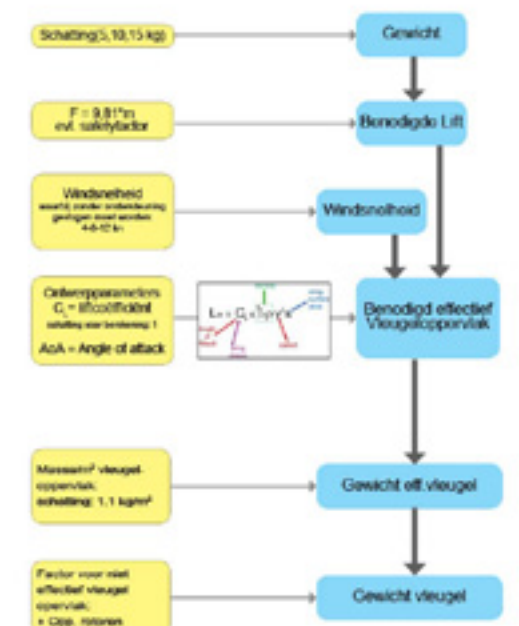
De richtlijn voor de vleugelspanwijdte is 2,5 meter. Dit zodat het ontwerp gemaakt kan worden met de CNC frees van Qconcpets. daarnaast moet rekening gehouden worden met de hanteerbaarheid en het vervoeren van het ontwerp. bij hoge spanwijdtes is gaat het gebruiksgemak omlaag omdat het product niet vervoerkan worden in een gemiddeld busje. Indien de spanwijdte groter wordt moet overwogen worden het ontwerp op te delen/demontabel te maken.

In verband met de sterkte/stevigheid en bouwtechnisch) is de maximale Tipchord 0,5 m.

Met deze waarde kan uitgerekend worden hoe groot de root chord moet zijn:

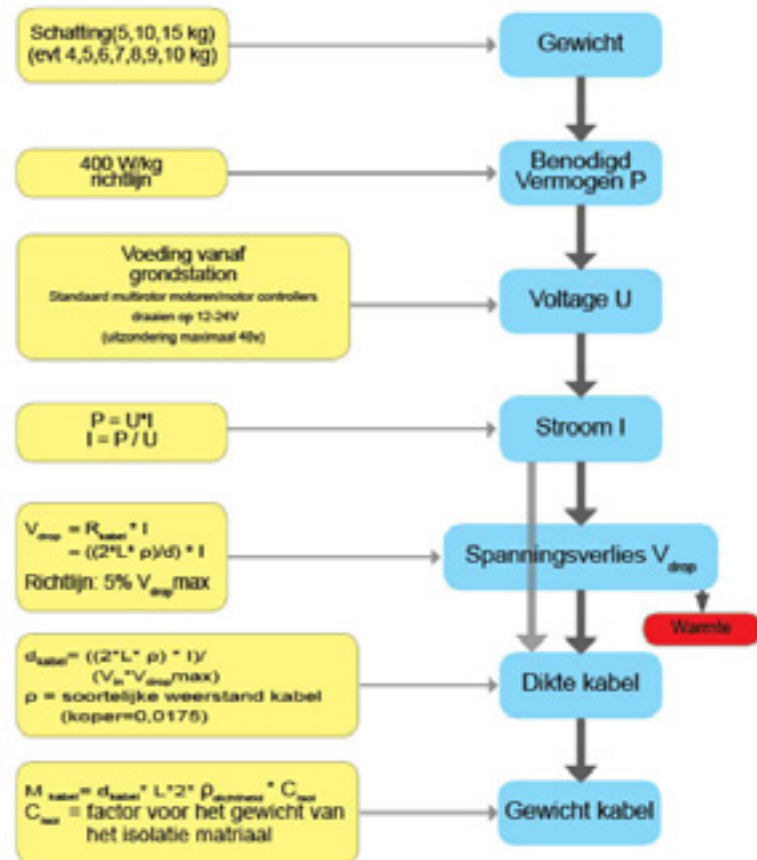
$$A_{trapazium} = \frac{1}{2} \times h \times (a + b)$$

$$\text{Rootchord} = \frac{2 \times A_{totalreq}}{\text{Spanwijdte}} - \text{tipchord}$$



figuur 4.2: Infographic berekening eff. oppervlak

In figuur 4.3 is weergegeven hoe de schatting van het gewicht resulteert in het gewicht van de kabel.



figuur 4.3: Infographic berekening kabelgewicht

Echter is bij deze lengte al snel het toegestane voltageverlies overschreden. Een kabel van 60 meter valt nog binnen de mogelijkheden.

Vermogen:

Voor het vermogen is aanname gedaan van 400 W/kg. In de wereld van onbemande luchtvaart worden enkele verhoudingen gehanteerd: om op te stijgen wordt een factor 2,2 gebruikt voor het kilogram lift dat benodigd is (2,2:1 Liftratio). Daarnaast wordt 150 W/per kg lift genoemd als richtlijn. Wanneer dit omgerekend wordt, komt men uit op $2,2 * 150 = 330 \text{ W/kg}$. Om rekening te houden met veiligheidsfactoren is 400 W/kg gekozen voor deze berekening.

Motoren:

De motoren die gebruikt zullen worden, worden uitgezocht in combinatie met een propeller. Een mogelijke leverancier voor motor is T-motor brushless motors. Belangrijke factoren om rekening meer te houden zijn: input voltage, het vermogen per motor, de diameter van de propeller en de waterbestendigheid. De motoren kunnen gevoed worden met een voltage van 12-24 V (eventueel 48 V, echter gaan deze vaak gepaard met grotere propellers). Het is belangrijk om de grootte van de propellers te achterhalen, omdat het effectieve vleugeloppervlak van de vleugels te maximaliseren. Voor de berekening van het benodigde effectieve oppervlak is uitgegaan van 4 propellers van 40cm (16inch).

Kabel:

Wanneer het luchtvaartuig wordt gevoed via kabel, biedt dit mogelijkheden tot ongelimiteerd vluchttijd. Doordat de stroombron zich niet in het luchtvaartuig bevindt, is de massa accu geen beperkende factor meer. Over het algemeen zijn accu's zwaar waardoor er door een concessie gemaakt moet worden tussen het gewicht (met gevolgen op de vluchttijd) en de accu capaciteit.

Het voeden via een kabel zou dit probleem weg nemen. Echter wordt het gewicht van de accu vervangen door het gewicht van de kabel. Bij lange kabels moet rekening gehouden worden met het voltage verlies (door warmte). De National Electric Code stelt het maximale voltageverlies op 5% (ivm brandveiligheid). Dit betekent dat er een bepaalde dikte kabel nodig is om voldoende vermogen naar het luchtvaartuig te brengen.

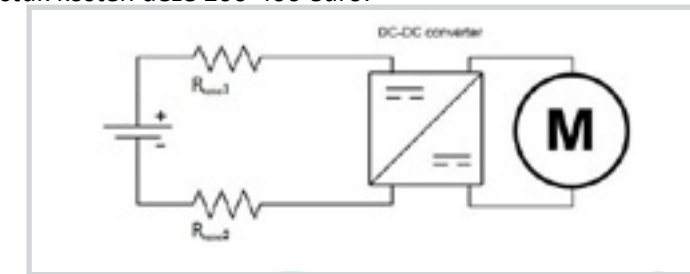
$$V_{drop} = (2 * \rho_{copper} * L_{kabel}) / d_{kabel} * I = 5\% * V_{in}$$

Wellicht is een voltageverlies van 10% acceptabel doordat de kabel gekoeld wordt door de luchtstroom. Echter wordt hiermee wel ingegaan tegen de voorschriften.

Voor de berekening is uit gegaan van een kabel van 50 meter. De vlieger mag 100 meter hoog vliegen.

Convertoren:

Uit de berekening bleek dat bij de relatief lage voltages die de motoren gebruiken, de kabel al snel te zwaar wordt. Omdat geldt: $P = U * I$, gaat een laag voltage gepaard met een hoge stroom. De hoge stroom resulteert in een dikke kabel. Om dit op te lossen kan gebruik gemaakt worden van een DC-DC converter. Hierdoor kan er een hoog voltage over de kabel gebruikt worden, waarna deze door de converter wordt omgezet naar het voltage waarop de motoren op kunnen draaien. DC-DC convertoren zijn relatief zwaar. In bijlage 8.8 staat een lijst met convertoren met een geschikte verhouding tussen gewicht en vermogen. Voor de berekening is gekozen voor een converter van 200 g met een vermogen van 700 W. er zijn dus meerdere convertoren nodig om het benodigde vermogen te verkrijgen. De convertoren zijn een extra kosten post voor het ontwerp. Per stuk kosten deze 200-400 euro.



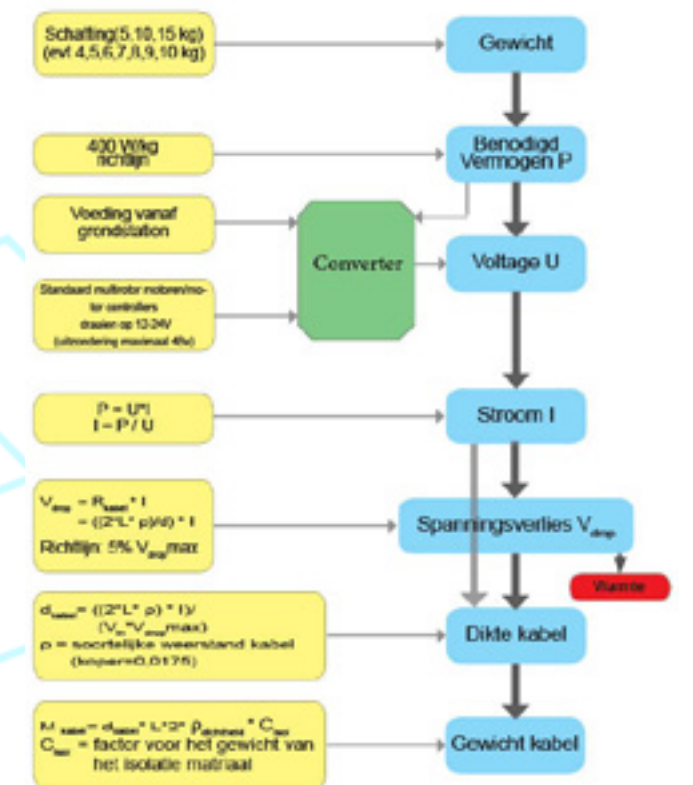
figuur 4.4: stroomkring met DC-DC converter

Voor het gewicht van de mechatronica (inclusief de massa voor de motoren) wordt in de berekening de volgende formule gehanteerd:

$$m_{mechatronica} = \text{aantal convertoren} * 0.2 \text{ kg} + 0.4 \text{ kg}$$

De DC-DC Converter zorgt dat het voltage over de kabel niet afhankelijk is het voltage van de motoren. Hierdoor kan voor het rekenen aan het gewicht van de kabel, een hoog voltage worden gebruikt wat resulteert in een lichtere kabel.

In figuur 4.5 is de converter wordt opgenomen in de berekening voor het gewicht van de kabel. Het groene blok werkt als brug tussen het voltage over de kabel en het voltage over de motoren.



figuur 4.5: Infographic berekening kabelgewicht met converter

4.2.1 resultaten uit berekening

Beide bovengenoemde berekeningen zijn naast elkaar gelegd. Hierbij is gezocht naar een gewichtverdeling die aansluit op de in paragraaf 4.1.1 gestelde richtlijnen. In bijlage 8.9 tm 8.11 staan de tabellen met de berekeningen.

In de tabellen is af te lezen dat bij een voltage van 240 V bijna geen opties zijn waarbij voldoende massa over blijft voor de payload. bij een voltage verlies van 10% zijn er enkele opties waarbij met een payload van >2kg. Dit is bij een totaal gewicht van 10kg. Deze massa gaat gepaard met een hoog benodigd vleugeloppervlak.

In de tabellen is gezocht naar een optie waarbij >2kg payload gedragen kan worden, maar ook realistisch vleugelafmetingen voor het benodigde vleugeloppervlak heeft.

Zowel de tabel voor 240V als de tabel voor 300V toont weinig optie voor een payload van >2kg

In tabel 5.2 staan enkele realistische opties weergegeven vanuit de berekeningen. wanneer men kijkt naar de kolommen met de oranje pijlen, kan men selecteren de mogelijk payload gepaard gaat met een acceptabele koorde voor het luchtvaartuig.

Tabel 4.2: Selectie uit berekening

300V															
Weight (kg)	cable (m)	TWS Kn	Req. Root chord with 0.5 m tipchord with a ... Wingspan							Cable weight(kg) with Voltage[V] (5%Vdrop) kg(400V)	Cable weight(kg) with Voltage[V] (10%Vdrop) kg(400V)	Structure (0.7*2 kg/m2 +1) kg	Mechatronics (0.2*aantal converters+0.6) kg	payload (5% Vdrop) kg	payload (10% Vdrop) kg
			1.5	2	2.5	3	3.5	4							
9	50	17	2.73	1.92	1.44	1.12	0.88	0.71	2.667	1.3335	3.437	1.8	1.036	2.369	
9	50	18	2.47	1.73	1.28	0.99	0.77	0.62	2.667	1.3335	3.227	1.8	1.306	2.589	
10	50	13	4.67	3.53	2.72	2.39	1.80	1.31	3.1115	1.778	5.745	1.8	-0.656	0.677	
10	50	14	4.25	3.06	2.35	1.87	1.54	1.08	3.1115	1.778	5.091	1.8	-0.002	1.331	
10	50	15	3.75	2.69	2.05	1.63	1.33	0.88	3.1115	1.778	4.564	1.8	0.525	1.858	
10	50	16	3.34	2.38	1.80	1.42	1.19	0.94	3.1115	1.778	4.132	1.8	0.956	2.290	
10	50	17	3.00	2.12	1.60	1.25	1.00	0.81	3.1115	1.778	3.775	1.8	1.314	2.647	
10	50	18	2.71	1.91	1.43	1.11	0.88	0.70	3.1115	1.778	2.237	1.8	2.851	4.185	
400V															
8	50	16	2.74	1.93	1.44	1.12	0.88	0.71	1.3335	0.889	3.506	1.8	1.561	2.005	
8	50	17	2.47	1.73	1.28	0.99	0.77	0.62	1.3335	0.889	3.220	1.8	1.847	2.291	
8	50	18	2.24	1.55	1.14	0.87	0.67	0.53	1.3335	0.889	2.980	1.8	2.087	2.581	
9	50	13	4.62	3.19	2.45	1.96	1.61	1.13	1.778	0.889	5.270	1.8	0.152	1.041	
9	50	14	3.86	2.77	2.12	1.68	1.33	1.13	1.778	0.889	4.682	1.8	0.740	1.629	
9	50	15	3.43	2.43	1.84	1.43	1.19	0.97	1.778	0.889	4.207	1.8	1.215	2.104	
9	50	16	3.04	2.15	1.62	1.27	1.02	0.83	1.778	0.889	3.819	1.8	1.605	2.492	
9	50	17	2.73	1.92	1.44	1.12	0.88	0.71	1.778	0.889	3.437	1.8	1.925	2.814	
9	50	18	2.47	1.73	1.28	0.99	0.77	0.62	1.778	0.889	3.227	1.8	2.395	3.084	
10	50	13	4.67	3.53	2.72	2.39	1.80	1.31	1.778	0.889	5.745	1.8	0.677	1.566	
10	50	14	4.25	3.06	2.35	1.87	1.54	1.08	1.778	0.889	5.091	1.8	1.331	2.220	
10	50	15	3.75	2.69	2.05	1.63	1.33	0.88	1.778	0.889	4.564	1.8	1.858	2.747	
10	50	16	3.34	2.38	1.80	1.42	1.19	0.94	1.778	0.889	4.132	1.8	2.250	3.179	
10	50	17	3.00	2.12	1.60	1.25	1.00	0.81	1.778	0.889	3.775	1.8	2.647	3.536	
10	50	18	2.71	1.91	1.43	1.11	0.88	0.70	1.778	0.889	3.475	1.8	2.947	3.836	

4.2.2 Conclusies berekening

Er is gezocht naar een geschikte gewichtsverdeling die aansluit bij twee hoofdeisen:

- Het luchtvaartuig moet kunnen opstijgen en vliegen zonder ondersteuning van de wind, terwijl deze wordt gevoed vanuit het grondstation(via een kabel)
- Het luchtvaartuig moet kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren bij een bepaalde windsnelheid: de richtlijn voor deze windsnelheid is windkracht 4-5 met als doel zo laag mogelijk.

daarnaast is gezocht naar mogelijkheden waarbij de vleugelspanwijdte 2,5 meter kan zijn en het voltageverlies niet meer dan 5% bedraagt.

Het is noodzakelijk te voeden met een hoog voltage over de kabel. De berekeningen toont dat het voltage over de kabel 300-400 V moet zijn. Hiervoor is een Converter nodig die het voltage over de kabel verlaagd naar een voltage waarop de motoren/motorcontroller kunnen draaien.

Verder is gezocht naar een optie waarbij er voldoende vleugel oppervlak is om te zweven bij een bepaalde windsnelheid en het totaal gewicht verdeeld kan worden over de structuur, de mechatronica, de kabel en de payload.

Daarvoor is gekeken of het benodigde effectieve oppervlak haalbaar is bij en bepaalde vleugelspanwijdte.

De richtlijn van 5% voor het voltage verlies, is een beperkende factor. Wanneer een hoge voltageverlies(10%) acceptabel is, kan een lichter kabel gekozen worden wat meer opties geeft voor de gewichtsverdeling.(de kolom met 10% voltage verlies bevat meer groene vlakken die aangeven dat de payload >2kg kan bedragen.)

Uit de tabellen blijkt dat er genoeg genomen moet worden met relatief hoge windsnelheden. Pas bij 16 tot 18 knopen is het benodigde oppervlakte realiseerbaar met de gewenste afmetingen. De richtlijn voor de vleugelspanwijdte van 2,5 meter is haalbaar, maar deze gaat gepaard met een minimale Rootkooorde vna 1,44 meter.

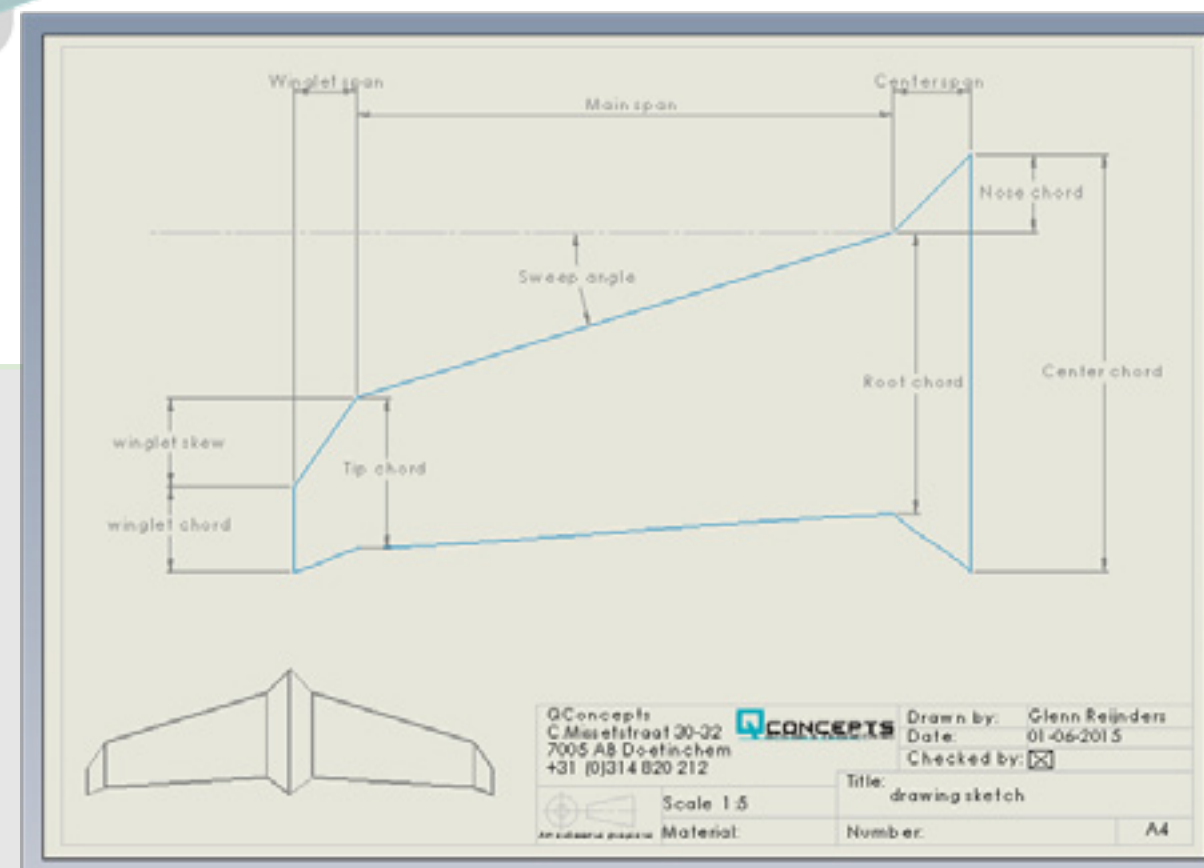
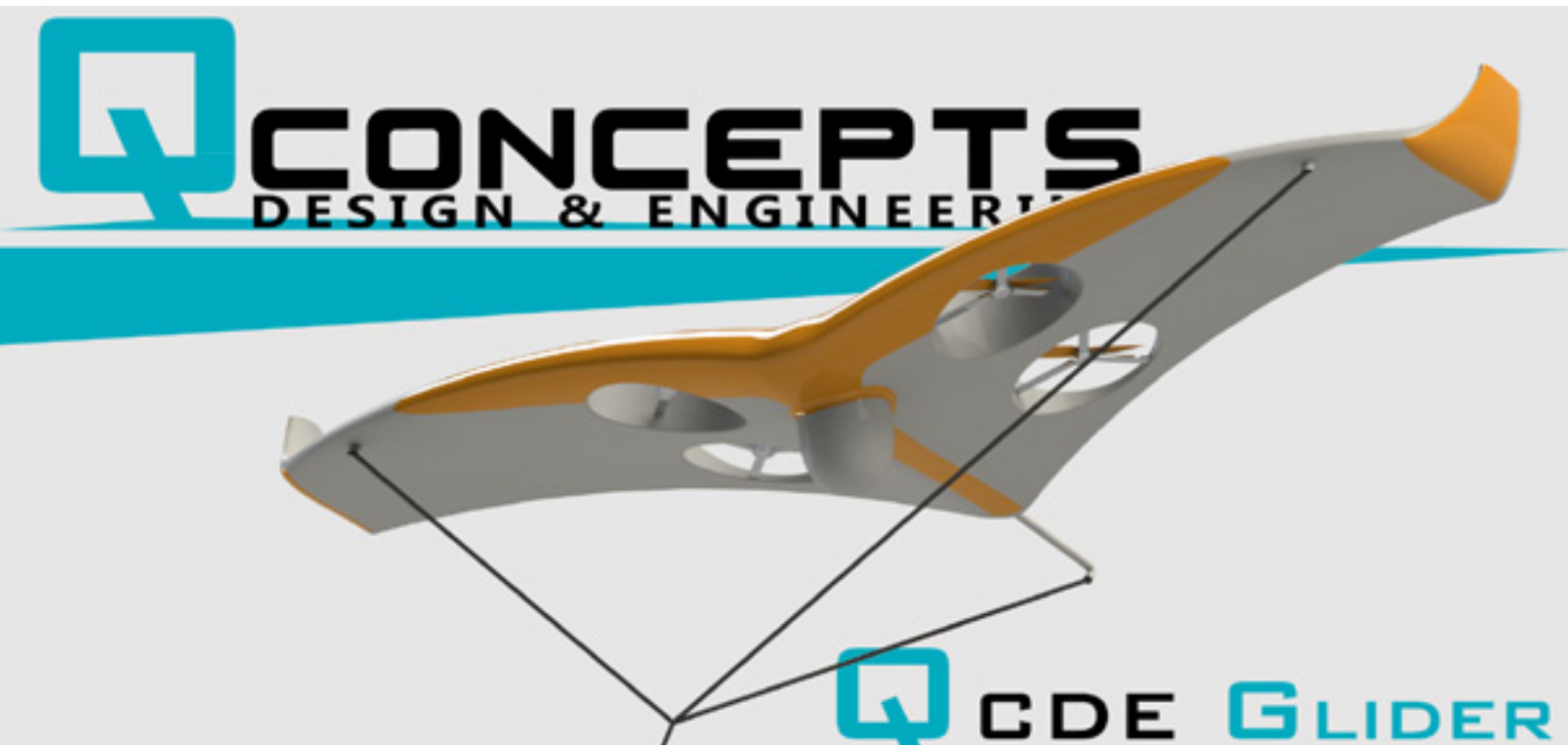
Tabel 4.3: de geadviceerde gewichtverdelingen

Weight (kg)	cable (m)	TWS (Kn)	Wingspan (m)	tipchord (m)	rootchord (m)	voltage (V)	voltagedrop (%)	payload weight (kg)
8	50	16	2.5	0.5	1.44	400	10	2.005
8	50	18	2.5	0.5	1.14	400	5	2.085
8	50	18	2.5	0.5	1.14	400	10	2.085
9	50	17	2.5	0.5	1.44	400	10	2.814
9	50	18	2.5	0.5	1.44	400	5	2.195

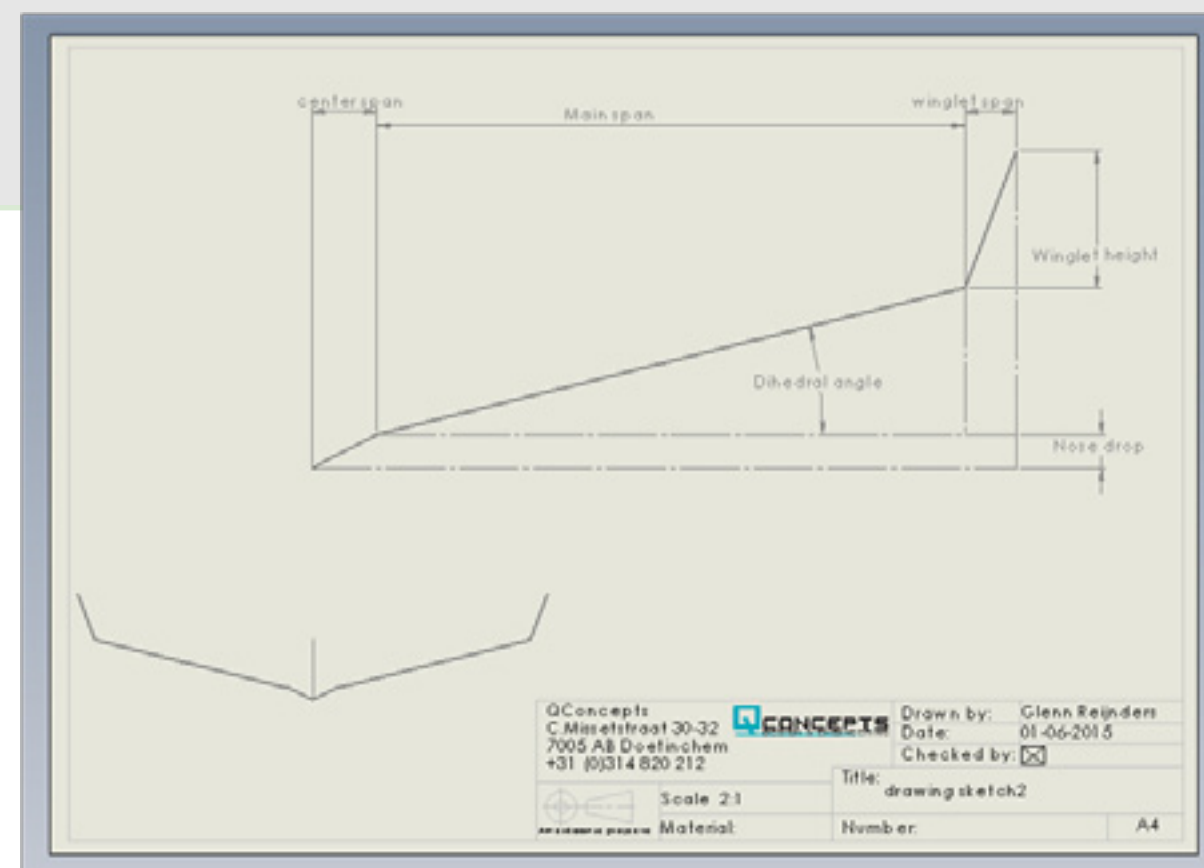
5. Uitwerking

5.1 Solidworks

Voor het ontwerp is een 3D-visualisatie gemaakt. Voor deze opdracht is een model gemaakt dat is opgebouwd uit variabelen. Op deze manier is het voor het bedrijf mogelijk te variëren met parameters om meerdere variaties op het luchtvaartuig te creëren. In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe het model is opgebouwd.



figuur 5.1: Ontwerpparameters Solidworks model bovenaanzicht



figuur 5.2: Ontwerpparameters solidworks model vooraanzicht

De Airfoil die voor het model is gebruikt is de EP-195(160% thickness). Het model is zodanig opgebouwd dat het profiel achteraf gemakkelijk gewijzigd kan worden. Een airfoil wordt aangeleverd als .dat-bestand met de coördinaten. Dit moet omgezet worden (mbv Excel) naar een .text bestand.

Om de coördinaten te importeren naar Solidworks kan gebruik gemaakt worden van de “curve through xyz points”functie. Op deze manier maakt Solidworks een curve van het profiel. Deze curve kan vervolgens geschaald worden om te passen in het frame: de curve wordt uitgelijnd aan de leading en trailing edge.

De vleugel wordt gevormd door het profiel te converteren naar een plane bij de root en de tip van de vleugel en vervolgens een boundary surface toe te voegen. De vorm van de vleugel is afhankelijk van de leading en trailing edge.

De leading en trailing edge kunnen gevarieerd worden in één sketch. Door in het bovenaanzicht deze de curves te variëren, verandert de vorm van het complete luchtvaartuig. Hetzelfde geldt voor het vooraanzicht. in figuur 5.1 en figuur 5.2 staan de parameters weergegeven die gevarieerd kunnen worden.

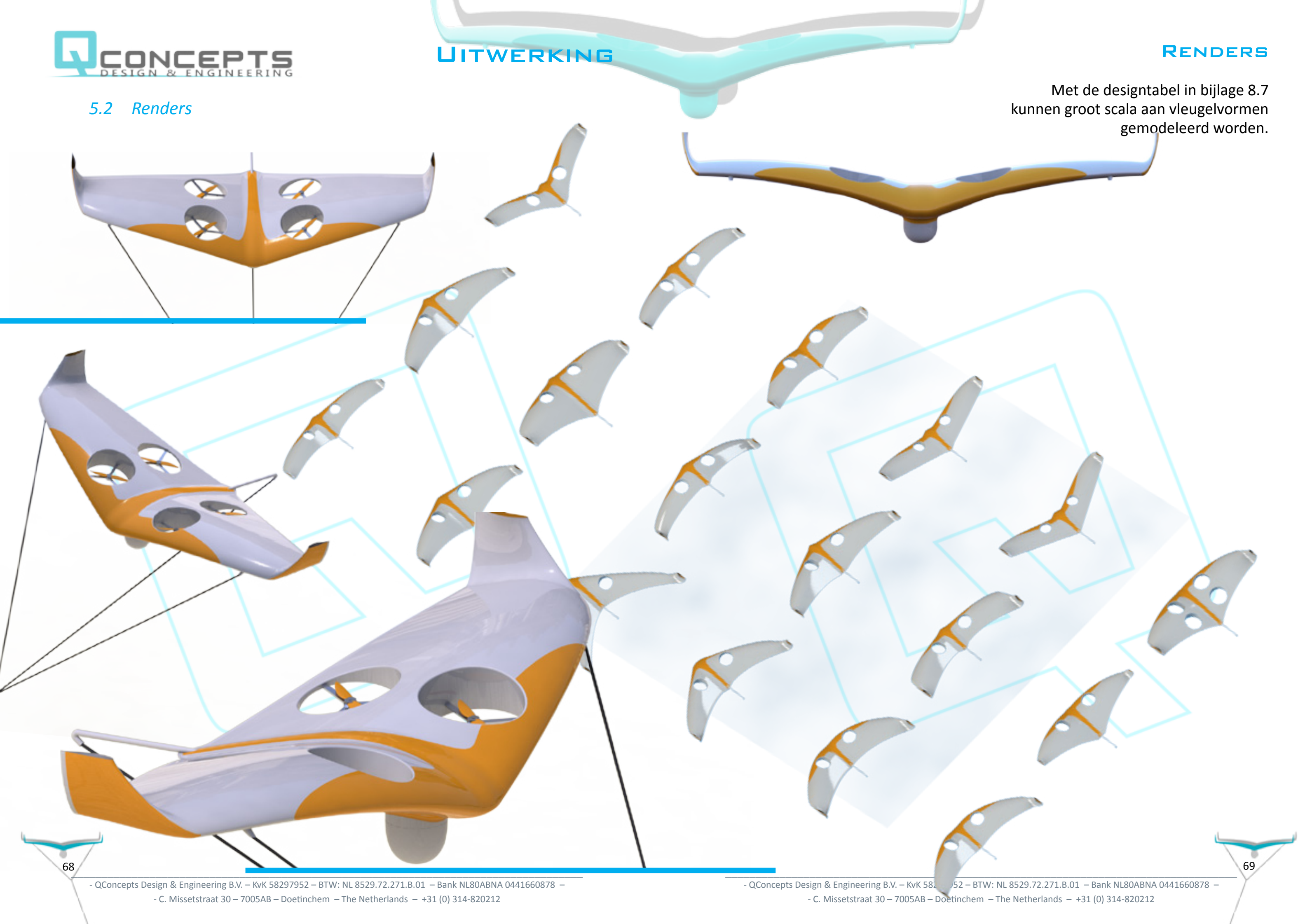
Het model is zodanig opgebouwd dat de complete vorm van het luchtvaartuig gevarieerd kan worden vanuit deze sketches met behulp van een designtabel. Dit is de combinatie tussen Excel en Solidworks. Het is mogelijk om verschillende waarden van parameters in te voeren in de designtabel waarna Solidworks het nieuwe luchtvaartuig uitrekt. De designtabel staat in bijlage 8.7.

5.2 Renders

UITWERKING

RENDERS

Met de designtabel in bijlage 8.7 kunnen groot scala aan vleugelvormen gemodelleerd worden.



6. Conclusies

Voor deze Bachelor opdracht is een concept ontwikkeld voor een autonome kabelvlieger voor luchtopservatie: de QCDE Glider. De opdracht is uitgevoerd voor het bedrijf QConcepts Design en Engineering. Het doel van de opdracht was het creëren van een programma van eisen en wensen waaraan een autonome vlieger moet voldoen om goede marktkans te realiseren.

Hiervoor is eerst onderzoek gedaan naar de markt. De QCDE Glider zal voornamelijk concurreren met de onbemande luchtvaart. Uit de analyse bleek dat een autonome vlieger op bepaalde punten voordelen bracht ten opzichte van concurrenten. Door de vlieger te voeden vanaf de grond is de vluchttijd niet gelimiteerd. Dit betekent dat de QCDE Glider uitermate geschikt is voor situaties waarbij langdurig ($t > \text{uur}$) continu beeld benodigd is vanuit de lucht. Daarnaast is er markt voor een luchtvaartuig dat weersbestendig is en gemakkelijk te gebruiken door autonomie.

Tevens is onderzoek gedaan naar hoe de QCDE Glider zal vallen binnen de wetgeving. De wetgeving omtrent onbemande luchtvaart is een grote beperkende factor voor het gebruik. Er ligt meer ruimte/vrijheid binnen de wetgeving kabelvliegers. Beiden regelgevingen zijn beschreven en de voorkeur ligt bij de wetgeving kabelvliegers, omdat hiermee een betere marktpositie wordt bereikt. Om dit te realiseren moet een concept worden voorgelegd aan de ILenT: Inspectie Leefomgeving en Transport. ILenT bepaalt of de QCDE Glider geclassificeerd mag worden als kabelvlieger.

Er is belang om een universeel ontwerp te creëren, dat in vele variërende situaties zijn hoofdfunctie kan verrichten: dienen als platform voor luchtopservatie en surveillance. Om dit te bereiken is gekozen twee hoofdeisen voor het luchtvaartuig te hanteren:

- Het luchtvaartuig moet kunnen opstijgen, vliegen en landen op kracht van de motoren wanneer er geen wind is.
- Het luchtvaartuig moet kunnen zweven op de wind zonder ondersteuning van motoren bij een bepaalde windsnelheid (richtlijn: windkracht 4-5).

Deze twee eisen uit zich in de gewichtsverdeling van het ontwerp. Het voeden via een kabel brengt de uitdaging om een kabel te selecteren die het benodigde vermogen kan overdragen bij een zo laag mogelijk gewicht. Daarnaast is voor het zweven op windkracht een minimaal vleugeloppervlak nodig om voldoende lift te genereren. Een schatting van het totaal gewicht moet verdeeld worden over het vleugeloppervlak, de kabel, de mechatronica en de payload. Het doel is een verdeling te vinden waarbij een zo hoog mogelijk payload meegenomen kan worden (richtlijn: 2 kg).

De variabelen zijn tegen elkaar uitgezet in Excel, waaruit advies kan worden opgemaakt voor het ontwerp. Uit de berekening blijkt dat:

- De wens voor een kabel van 100 meter niet haalbaar is. In plaats hiervan zal de kabel 50 tot 60 meter lang kunnen zijn.
- Het is noodzakelijk om de het ontwerp te voeden met een hoog voltage (300-400V) over de kabel om het benodigde vermogen over te brengen bij een acceptabel voltageverlies.
- Het acceptabele voltageverlies van 5% is een beperkende factor die veel opties uitsluit. De overweging om een 10% voltageverlies toe te staan, geeft meer mogelijkheden voor de gewichtsverdeling.
- Afhankelijk van de windsnelheid en het totaal gewicht, loopt het benodigde vleugel oppervlak op. Bij windkracht 4 is het benodigde oppervlak zodanig dat een vleugelspanwijdte van 2,5 meter niet haalbaar is. Er moet een overweging gemaakt worden maximale afmetingen van de vleugel en een acceptabele windsnelheid.

Het ontwerp is uitgewerkt in een Solidworks model. Een eis aan dit model was dat het mogelijk was om naderhand aanpassingen te maken, zoals een ander vleugelprofiel of vorm. Om dit te realiseren is de vorm van de vleugel gemodelleerd als een framework (voor- en boven aanzicht). Dit framework is compleet variabel met behulp van parameters in een "designtabel". Door vleugelprofielen "op te hangen" in dit framework kan wordt de vleugel gegenereerd door solidworks. Men kan in de design variabelen als de spanwijdte en koorde (en vele andere parameters) aanpassen om een groot scala aan luchtvaartuigen te creëren.

6.1 Aanbevelingen

De meest accurate beschrijving voor het product is een autonome kabelvlieger voor luchtopservatie en surveillance

Een geschikt ontwerp is een luchtvaartuig van 8-9 kg. Ondersteund door het rapport over de wind in Nederland adviseer ik genoeg te nemen met een windkracht 5 (16-18 knopen), als eis waarbij het luchtvaartuig moet kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren. Dit resulteert in realistisch benodigd vleugeloppervlak, waarbij de vleugelspanwijdte 2,5 m is en de rootchord 1.44 m kan zijn.

Daarnaast is het noodzakelijk een hoge spanning te gebruiken over de kabel. Deze spanning zal 300-400 V moeten bedragen om de kabel zo licht mogelijk te houden. Om dit te realiseren zijn convertoren in het luchtvaartuig nodig die de hoge spanning omzetten naar de spanning waarop motoren/controller kunnen draaien.

De payload die bij dit concept gedragen kan worden is 2 kg. De QCDE Glider dient als platform waarvan af de gebruiker vanuit de lucht kan observeren, meten of surveilleren.

De eerste stap voor het vervolgen van dit ontwerp is het contact met ILenT. De inspectie leefomgeving en Transport bepaalt of de QCDE Glider geclassificeerd kan worden als kabelvlieger. Het doel hierbij is om ILenT te overtuigen dat de Glider een kabelvlieger betreft, door een concept voor te leggen. Het contact met ILenT kan leiden tot nieuwe aanknopingspunten voor het ontwerp.

Een beperkende factor in de berekening is het spanningsverlies over de kabel. Een goede volgende stap is om een test opstelling te creëren waarmee getest kan worden of het elektrisch systeem van de Glider werkt en welke gevolgen de hoge spanning meebrengt. Daarbij moet onderzocht worden of een hoger spanningsverlies (bv. 10%) acceptabel is voor de veiligheid. Is de kabel bestand tegen het verwachte verbruik van de Glider. Ik de andere mechatronica, zoals de convertoren, ESC en motoren moet getest worden op het verwacht gebruik. Door het hoge voltage kan de kabel dun/licht gehouden worden, echter moet vervolg onderzoek aantonen of de kabel in de praktijk bestand is tegen zowel de stroom als de krachten op de kabel door het gebruik.

Wanneer het elektrische systeem getest is, moet dit gecombineerd worden met een besturingssysteem. Dit systeem moet er voor zorgen dat de vlieger zo autonoom mogelijk is. Minimale input wordt verwacht van de gebruiker. Het ideale scenario hiervoor is dat de gebruiker enkel het signaal geeft tot opstijgen en landen.

Vervolgens kan worden toegewerkt naar een prototype. Met het prototype kan worden gevlogen, waarmee getest kan worden hoe het ontwerp zich gedraagt in verschillende omstandigheden. Voor het prototype moet duidelijk zijn hoe het ontwerp zich gedraagt in denkbaar (nood)scenario's zodat ook dit getest kan worden. Hiermee wordt de garantie gerealiseerd voor de betrouwbaarheid van het product.

7. Bronvermelding

- Bron 1.** Custers, B.H.M., Oerlemans, J.J., Vergouw, S.J.(2015) Het gebruik van drones, Den Haag, WODC, verkregen op 9 maart, 2015 op website van Wetenschappelijk Onderzoeks- en Documentatie Centrum: https://www.wodc.nl/onderzoeksdatabase/2518-gebruik-van-drones.aspx?nav=ra&l=veiligheid_en_preventie&l=veiligheid
- Bron 2.** Inspectie Leefomgeving en Transport(2015)Informatiebulletin: lichte onbemande luchtvaartuigen, Den Haag, verkregen op http://www.ilent.nl/Images/Informatiebulletin%20lichte%20onbemande%20luchtvaartuigen%20januari%202015_tcm334-362146.pdf
- Bron 3.** Opstelten, I.W. Mansveld, M.J. Kamp, H.G.J.(2015) Wijziging van de Gemeentewet in verband met de verruiming van de bevoegdheid van de burgemeester tot de inzet van cameratoezicht,Aan de Voorzitter van de Eerste Kamer der Staten-Generaal,Den Haag, 2 maart 2015
- Bron 4.** Nederlandse overheid(2015)Beleidsvoornemen Veiligheidsregelgeving drones , Den haag, 30 april, 2015: https://www.internetconsultatie.nl/veiligheidsregelgeving_drones
- Bron 5.** <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023922/HoofdstukI/Artikel2>
- Bron 6.** Nederlandse Overheid(2014-2015) regelgeving modelvliegtuigen en regelgeving kabelvlieger en ballonnen, Den Haag, verkregen op 5 April, 2015 op website overheid:
Modelluchtvaartuig: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0007094/>
Kabelvlieger: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019147>
- Bron 7.** <http://www.drones.nl/wetgeving/>
- Bron 8.** http://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/eisen_aan_de_ontheffing/
<http://www.nlr.nl/NL/capabilities-ii/ontheffing-vliegen-met-een-drone/>
- Bron 9.** Humanitarian UAV Network (2015) A Comprehensive Review of UAVs, London, UAViator.org, verkregen op 17 maart, 2015 op website van Humanitarian UAV Network (<http://uaviators.org/docs>)(https://docs.google.com/spreadsheets/d/16IUuURcqs8QddMsoW2MXpB6E5g8IgatoH8rKyut_EMQ/edit#gid=399152283)
- Bron 10.** AAIA(2011) World wide UAV's Roundup, http://www.aerospaceamerica.org/documents/march%202011%20aa%20pdfs/uav_chart_2011.pdf
- Bron 11.** HSD (The Hague Security Delta) (2014). A blessing in the skies? Challenges and opportunities in developing drones.Den Haag, Verkregen op: www.hcss.nl/reports/download/158/2765/
- Bron 12.** Finn, R.L., & Wright, D. (2012). Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications. Computer Law & Security Review, 28

- Bron 13.** STOWA , Rijkswaterstaat(2014) Themadag: Elke dijkinspecteur een UAV: fictie of werkelijkheid?, Herwijnen, STOWA, videobeelden en samenvatting verkregen op 17maart, 2015 op website van STOWA: http://www.stowa.nl/nieuws_agenda/agenda/elke_dijkinspecteur_een_uav_fictie_of_werkelijkheid
- Bron 14.** Philip ,A. Hong How, C. Poh, H.S. Lee, Y. Rishi, H. Tan, S.K. Shiah, Z. Awara, O.(2014) Aerial Surveillance to Tackle Poaching, Skyno Project, verkregen op http://www.rhinosourcecenter.com/index.php?s=1&act=refs&CODE=ref_detail&id=1397818680
- Bron 15.** Paul, M. Hague, S.M.E. Chakraborty, S.(2013) EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2013, 2013:176 at <http://asp.eurasipjournals.com/content/2013/1/176>
- Bron 16.** Höhle, J. (2013) Oblique Aerial Images and their use in Cultural Heritage, Aalborg University, verkregen op <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-W2/349/2013/isprsarchives-XL-5-W2-349-2013.pdf>
- Bron 17.** http://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/eisen_aan_de_ontheffing/
- Bron 18.** KNMI(1981-2010)frequentie tabellen windsnelheid in m/s, De Bilt, verkregen op website KNMI: <http://www.knmi.nl/klimatologie/frequentietabellen/maand.cgi>
- Bron 19.** Kloosterman, H., Land, D., Massolt, J., Muntingh, G., & Berg van den, F. (2002). Hoge molens vangen veel wind (wind-en geluidsmetingen bij een hoge windturbine). RUG, s.n. verkregen op [https://www.rug.nl/research/portal/publications/pub\(b89ea053-560f-48f6-aedf-f8835038a764\).html](https://www.rug.nl/research/portal/publications/pub(b89ea053-560f-48f6-aedf-f8835038a764).html)
- Bron 20.** http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/01/windkaart_van_nederland.pdf
- Bron 21.** https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/378443/28_09_CCTV_OR_Manual2835.pdf
- Bron 22.** Cohen, N, Gattuso, J, & MacLennan-Brown, K (2009). CCTV Operational requirements manual 2009. St Albans: Home Office Scientific Development Branch. http://nactso-dev.co.uk/system/cms/files/127/files/original/28_09_CCTV_OR_Manual2835.pdf. Accessed 6 Feb 2013.
- Bron 23.** http://www.axis.com/files/feature_articles/ar_perfect_pixel_count_55971_en_1402_lo.pdf
- Bron 24.** Leveranciers:
Farnell.com
Hobbyking.com
Elinson.com
Cosel.com

8. Bijlagen

8.1 Rapport: Wind

Bij veel gebruikssituaties voor een RPAS/UAV is het weer in grote beperkende factor. Veel drones zijn niet in staat te vliegen bij hoge windsnelheden. Bij de specificatie van iedere commerciële RPAS wordt de maximum getolereerde wind gegeven. Echter, tonen de specificaties niet welk effect het weer op de maximale vluchttijd en stabiliteit heeft. Hoge wind betekent dat de drone veel meer energie gebruikt om te hoveren/stabiel te blijven. Dit hoger verbruik resulteert weer in een korte maximale vlucht tijd. Voor de specificatie van maximale vluchttijd wordt de RPAS getest in ideale omstandigheden. Hierdoor zal de gespecificeerde tijd veel langer zijn de maximale vluchttijd in de praktijk. Lang niet ieder drone-fabrikant vermeldt hoe de maximale vluchttijd is bepaald. Sommige bedrijven willen de eindgebruiker aanzetten tot koop door een zo hoog mogelijke maximaal vluchttijd. Dit kan door te testen in ideale omstandigheden zonder payload.

Het bedrijf HoneyComb geeft in hun specificaties een inschatting van het effect van de wind op de maximale vluchttijd van de AGdrone(fixed wing):

Estimated Flight Time	Wind 0-5 mph: 55 min + 11 min safety factor
	Wind 5-10 mph: 44 min + 9 min safety factor
	Wind 10-20 mph: 33 min + 7 min safety factor

Bron: <http://www.honeycombcorp.com/specifications/>

Dit laat zien dat met een toename van de windsnelheid van 0-5mph naar 10-20mph vluchttijd al 20% afneemt.

Het ontwerp van de QCDE moet rekening houden met de volgende randscenario's met betrekking tot wind:

Opstijgen, vliegen en landen bij:

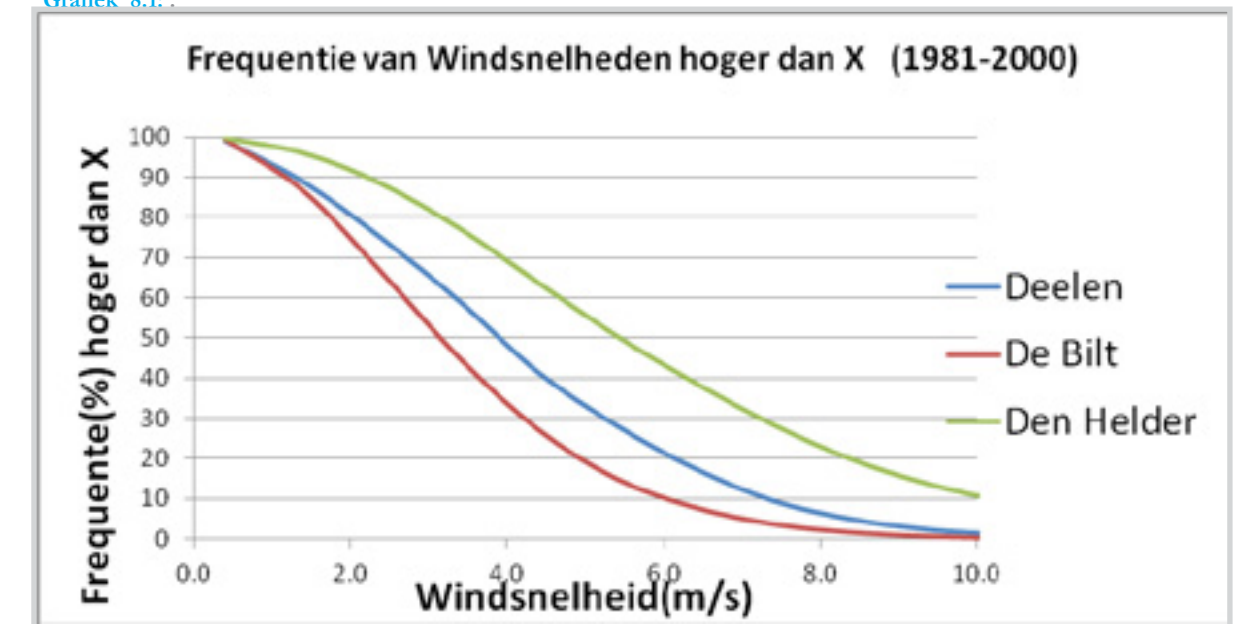
- Geen wind(windkracht 0-1)
- Hoge wind(windkracht 7+)
- Extreme wind(noodscenario→landen)(windkracht 10+)
- Windstoten

8.1.1 Windsnelheid:

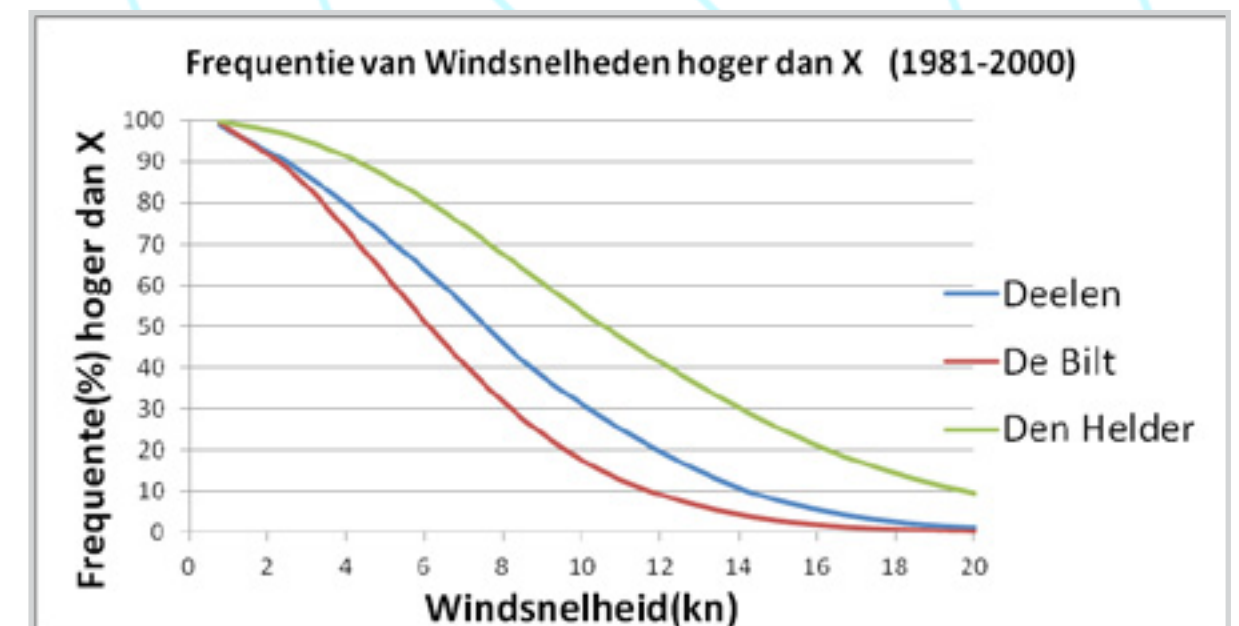
In deze paragraaf wordt de omgevingsfactor wind in kaart gebracht. Wanneer wordt gevlogen zonder ondersteuning van de motoren, moet het ontwerp voldoende lift genereren om te blijven zweven. De lift die gegenereerd wordt is naast ontwerpparameters afhankelijk van de snelheid van de wind. Om te kunnen rekenen aan de ontwerpparameters moet er een eis gesteld worden die de volgende vraag beantwoordt: bij welke windsnelheid moet het ontwerp kunnen zweven zonder ondersteuning van de motoren?

Om deze omgevingsfactor in kaart te brengen zijn gegevens verzameld over de windsnelheid in Nederland. Het KNMI heeft frequentie tabellen opgesteld waarin staat hoe vaak een bepaalde windsnelheid gemiddeld gemeten is over een uur(<http://www.knmi.nl/klimatologie/frequentietabellen/maand.cgi>). Deze percentages zijn uitgezet tegen de windsnelheid in de grafieken hieronder:

Grafiek 8.1:



Grafiek 8.2:



8.1.2 Wind schalen naar hoogte:

Het KNMI meet de windsnelheid om 10 meter hoogte. Voor het ontwerp is het relevant om te weten welke wind snelheden optreden op andere hoogtes. Vaak is er op hoogte meer wind dan dicht bij de grond. Het KNMI hanteert een logaritmische schaal om windsnelheden om te rekenen naar de windsnelheid op een bepaalde hoogte. Hier zijn meerdere modellen voor. Voor deze inschatting is een relatief eenvoudige formule gebruikte: formule 11.a (Bron 19)

Formule 11.A:

$$V_h = \frac{V_{10} * \log\left(\frac{h}{z}\right)}{\log\left(\frac{10}{z}\right)}$$

V_h = de windsnelheid op hoogte h , V_{10} = de windsnelheid op 10m hoogte, h = hoogte en z = de ruwheidshoogte van het landschap (bij vlak grasland geldt $z = 0.03m$)

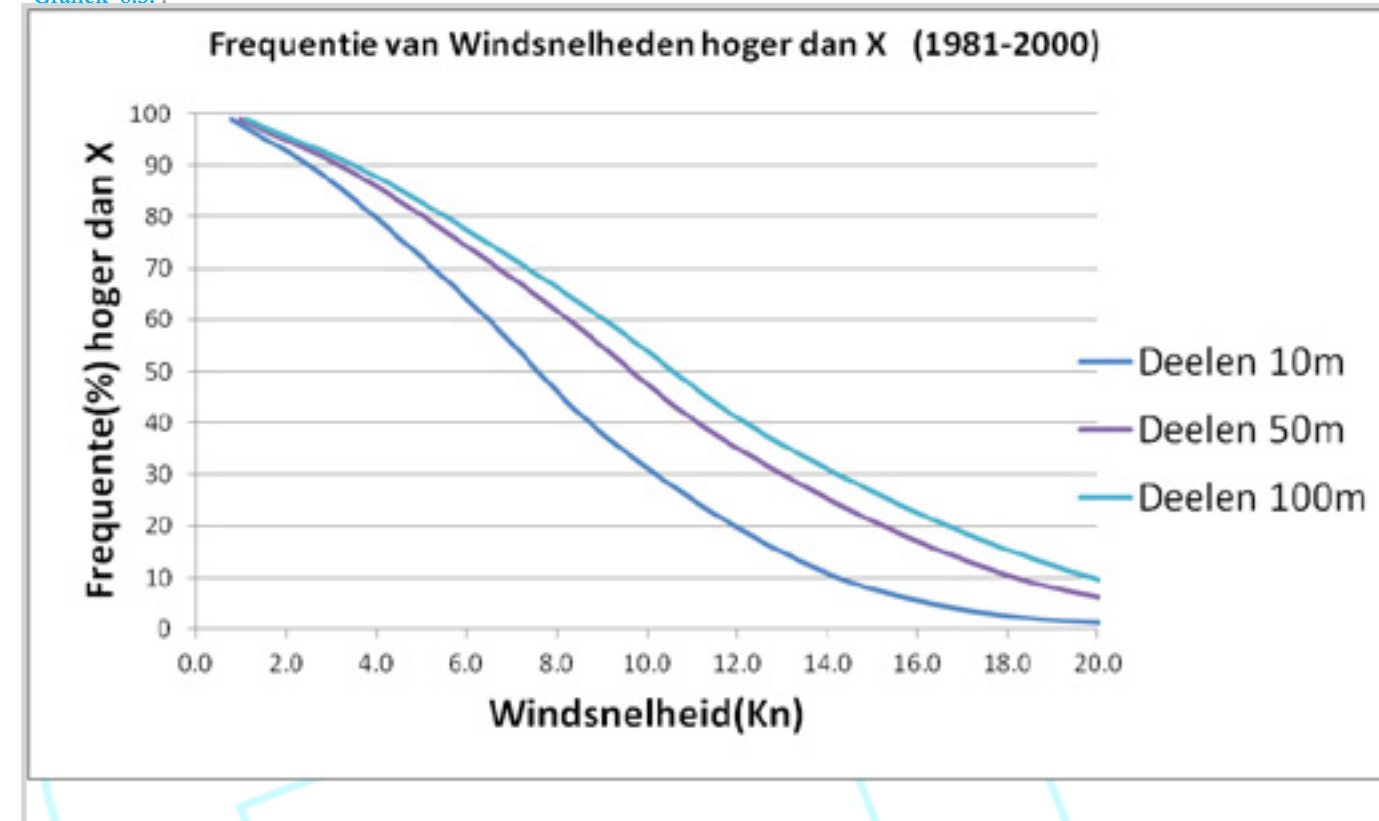
Tabel 8.1: terrijngesteldheid

Terreingesteldheid	
ruwheidshoogte	omschrijving van het lokale terrein
0.001	ijs, open zee of meer
0.03	grasland, vliegvelden
0.2	bomen, heggen, weinig bebouwing
0.25	RUW
0.5	dorpskern, sterk begroeid gebied -- ZEER RUW
1	steden, wouden -- GESLOTEN
2	stadcentrum met veel hoge gebouwen -- STADSKERN

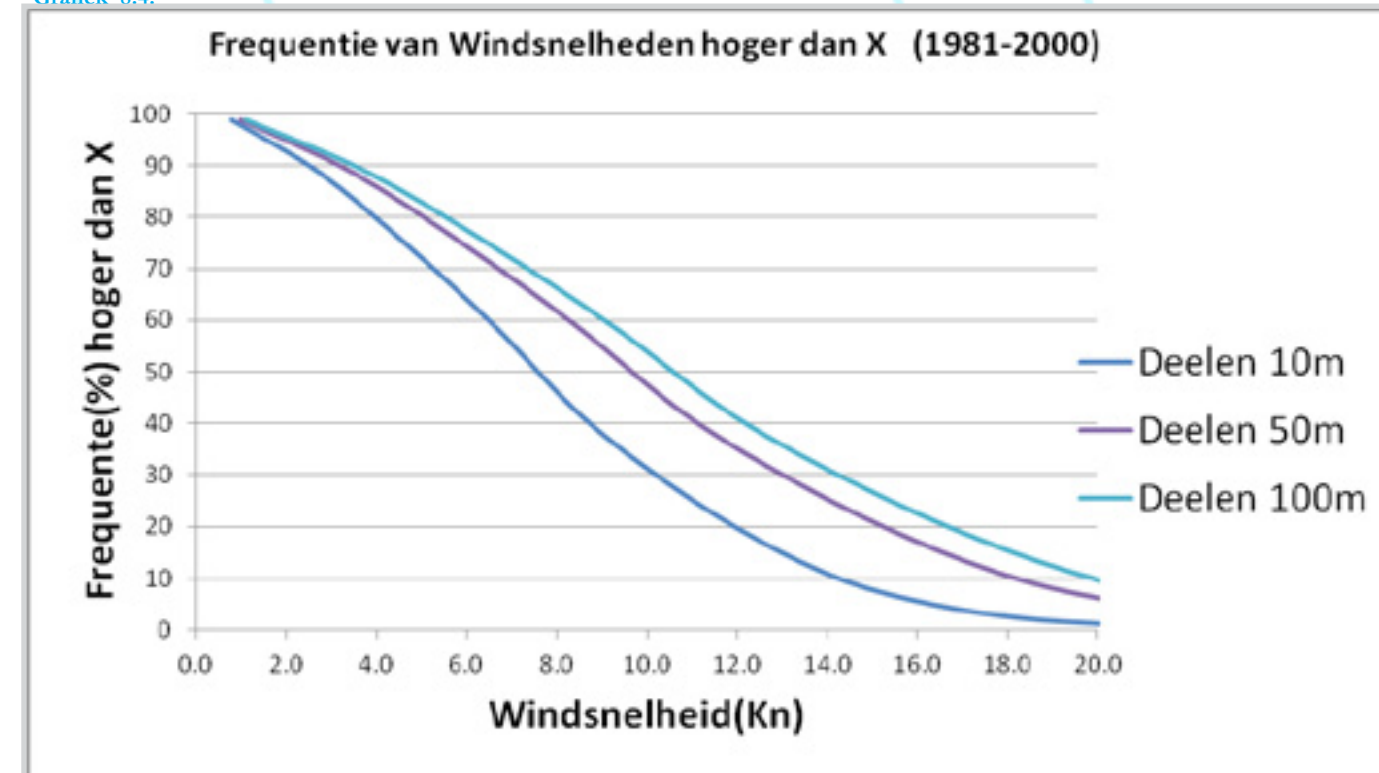
Tabel 8.2: ruwheidshoogte schaalfactor

hoogte(m)	Schaalfactor bij $z=0.03$
10	1.000
20	1.119
30	1.189
40	1.239
50	1.277
60	1.308
70	1.335
80	1.358
90	1.378
100	1.396
150	1.466
200	1.516

Grafiek 8.3:



Grafiek 8.4:



8.2 Wetgeving

8.2.1 Eisen voor bewijs van luchtvaardigheid:

Bij het ontwerpen van de QCDE Glider moet rekening gehouden worden met de eisen die gesteld worden om een Bewijs van luchtvaardigheid (BvL) te verkrijgen:

1. Voor de ontheffing van Bewijs van Luchtvaardigheid (BvL) van het UAS

o keuringsrapport / (results of Design and Construction assessment), gebaseerd op AS-RPAS1 AMC versie 1.1)

o Toetsing van het systeem door een nationale luchtvaartautoriteit, en een document waarin de technische specificaties staan van het onbemande luchtvaartuig systeem waarvoor een ontheffing wordt aangevraagd. In het technische document staan o.a. de volgende zaken:

- tekening van het toestel met afmetingen
- gewicht van het toestel
- beschrijving van de voeding (batterij of brandstof)
- beschrijving van de aandrijving (type motor)
- beschrijving van de communicatiesystemen zowel control-command als de
- link voor beelden/payload gegevens
- beschrijving van de sensoren en/of telemetrie
- beschrijving van de veiligheidssystemen
- beschrijving van het grondcontrolestation
- beschrijving van het gebruik van de frequenties

en een omschrijving van wat er gebeurt bij noodscenario's, bijv.:

- wegvallen van de controle (control failure due to failure of servo),
- falen van de autopilot (fatal error),
- stilvallen van de motor (loss of engine power),
- batterijproblemen (low battery voltage),
- wegvallen van het GPS signaal (loss of GPS signal),
- het wegvallen van de radiocommunicatie (radio control link failure),
- het falen van de zenders en de ontvangers (ground control station
- communication failure)

Naast deze eisen van het ILEN moet voor de QCDE Glider ook rekening gehouden worden met het scenario waarbij de kabel breek/losgeraakt.

Sinds 1 oktober 2013 kost het in behandeling laten nemen van een aanvraag voor een ontheffing € 60,--.

Tabel 8.6: Windsnelheid beaufortschaal

Beaufort number	Wind speed			Mean wind speed (ft / kmh (mph))	Description	Wave height		Sea conditions	Land conditions
	kt	km/h	mph	m/s		m	ft		
0	0	0	0	0-0.2	Calm	0	0	Flat	Calm. Smoke rises vertically.
1	1-3	1-6	1-3	0.3-1.5	Light air	0.1	0.33	Ripples without crests.	Wind motion visible in smoke.
2	4-6	7-11	4-7	1.6-3.3	Light breeze	0.2	0.66	Small wavelets. Crests of glassy appearance, not breaking.	Wind felt on exposed skin. Leaves rustle.
3	7-10	12-19	8-12	3.4-5.4	Gentle breeze	0.6	2	Large wavelets. Crests begin to break, scattered whitecaps.	Leaves and smaller twigs in constant motion.
4	11-16	20-29	13-18	5.5-7.9	Moderate breeze	1	3.3	Small waves.	Dust and loose paper raised. Small branches begin to move.
5	17-21	30-39	19-24	8.0-10.7	Fresh breeze	2	6.6	Moderate (1.2 m) longer waves. Some foam and spray.	Smaller trees sway.
6	22-27	40-50	25-31	10.8-13.8	Strong breeze	3	9.9	Large waves with foam crests and some spray.	Large branches in motion. Whistling heard in overhead wires. Umbrella use becomes difficult.
7	28-33	51-62	32-38	13.9-17.1	Near gale	4	13.1	Sea heaps up and foam begins to break.	Whole trees in motion. Effort to walk against the wind.
8	34-40	63-75	39-46	17.2-20.7	Gale	5.5	18	Moderately high waves with breaking crests forming spindrift. Streaks of foam.	Twigs broken from trees. Cars veer on road.
9	41-47	76-87	47-54	20.8-24.4	Strong gale	7	23	High waves (2.75 m) with dense foam. Wave crests start to roll over. Considerable spray.	Light structure damage.
10	48-55	88-102	55-63	24.5-28.4	Storm	9	29.5	Very high waves. The sea surface is white and there is considerable tumbling. Visibility is reduced.	Trees uprooted. Considerable structural damage.
11	56-63	103-117	64-72	28.5-32.6	Violent storm	11.5	37.7	Exceptionally high waves.	Widespread structural damage.
12	>63	>117	>72	>32.7	Hurricane	14+	46+	Huge waves. Air filled with foam and spray. Sea completely white with driving spray. Visibility greatly reduced.	Massive and widespread damage to structures.

8.2.2 Handhaving

Naleving van de luchtvaartwetgeving is in handen van de Politie en de Inspectie Leefomgeving en Transport. In eerste instantie maakt de Politie een proces verbaal op en legt dit voor aan de Officier van Justitie. Deze stelt doorgaans een schikking voor. Als die schikking wordt geweigerd is het woord aan de rechter. De maximale boete van de meeste overtredingen in de Wet luchtvaart is 8200 Euro. De hoogte van de boete is doorgaans afhankelijk van de risico's voor derden in de lucht en op de grond, en het aantal overtredingen van dat moment en eerder.

Bij recidive gaat de Inspectie bestuurlijke boetes opleggen. Deze zijn mede gerelateerd aan het economisch belang van de betrokken vlucht. Dat kan leiden tot zeer aanzienlijke boetebedragen.

De boete kan oplopen tot 8200,- echter is het nog niet voorgekomen dat dit bedrag is geëist: de maker van een bekend drone-filmpje van de Domtoren, kreeg een boete van €350,- voor vliegen boven de bebouwde kom. Bron: <http://nos.nl/artikel/2014584-lage-boete-voor-dronefilm-domtoren.html>

8.2.3 Basistraining RPAS vlieger

De eerste stap is de theorieopleiding met examen voor het behalen van een door ILenT geaccepteerd certificaat.

De Basistraining RPAS-vlieger:

- Omvat 3 dagen, waarvan 2 dagen theorie training, een halve dag simulatietraining en een terugkomsessie voor het simulatie examen.
- Bevat de volgende theorievakken: RPAS algemene kennis, Beginselen van het vliegen, Vliegprestaties en planning, Luchtvaartwetgeving, Meteorologie, Menselijke factoren, Navigatie en Operationele procedures.
- Omvat als examen na ieder vak een korte (multiple choice) toets
- Bevat een simulatietraining, waarin de kandidaat vlieger bewust wordt gemaakt van een aantal praktische aspecten van het vliegen (NB. Dit is geen praktijktraining).
- Levert, na met goed gevolg afleggen van de toetsen, een certificaat op dat wordt geaccepteerd door ILT als onderdeel voor het verkrijgen van een ontheffing.
- **Kost € 1500 p.p. (excl. BTW, maar inclusief simulatietraining en examen)**



figuur 8.1: basistraining bij NLR

8.3 Gebruikers verdieping

In deze bijlage wordt dieper ingegaan op enkele beoogde gebruikers. Met deze gebruikers is contact geweest. Daarbij wordt gelet op wat de QCDE Glider kan betekenen voor de gebruiker, wat de meerwaarde kan zijn ten opzichte van concurrenten en welke wensen de gebruikers hebben voor een dergelijk product. Uiteindelijk zal QConcepts een product kunnen afleveren bij deze contacten. Om Dit product goed te kunnen onderbouwen kan de specifieke kennis in deze bijlage nuttig zijn.

Gebruikers Interview vragen:

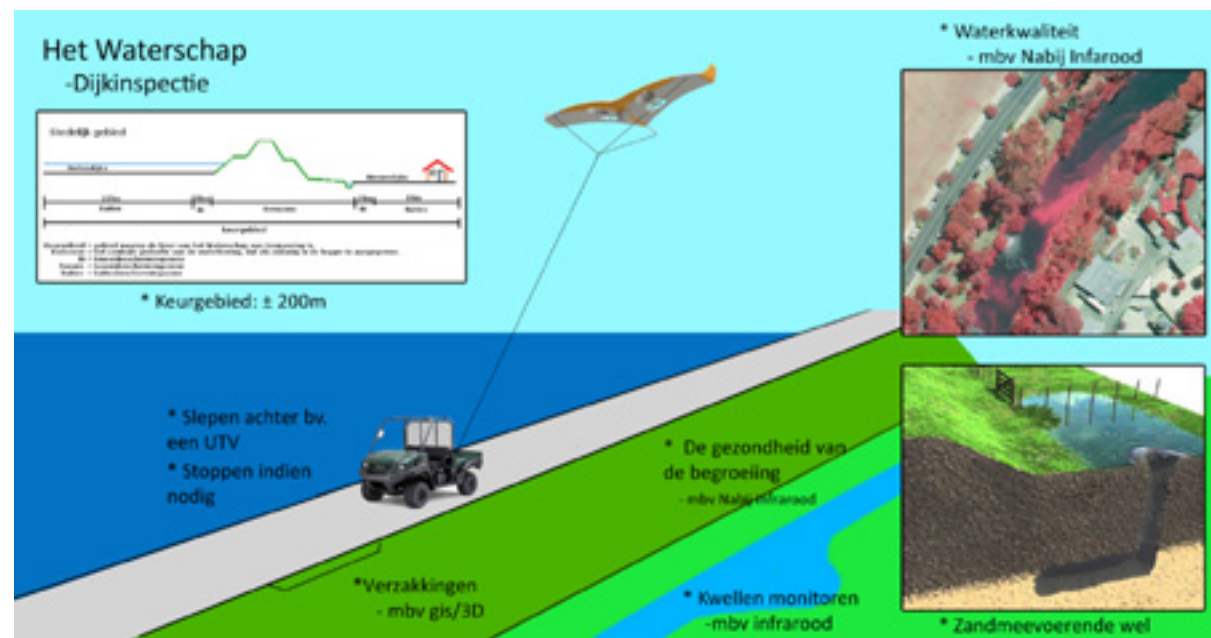
Datum:

locatie:

Het doel van dit interview/brainstorm sessie is het in kaart brengen van de meerwaarde die QCDE Glider kan leveren voor de gebruiker. Van daaruit worden mogelijke scenario's met hun parameters uitgewerkt en de eisen/wensen van de gebruiker. Het interview heeft een openkarakter. Onderstaande punten worden gehanteerd om het gesprek gaande te houden.

Geïnterviewde:.....

1. Wanneer heeft de gebruiker baat bij beelden vanuit de lucht?
2. Wat wil de gebruiker op deze beelden kunnen zien?
3. Welke conclusies verwacht de gebruiker te kunnen trekken uit de gemaakte beelden?
4. Welke sensoren wil de gebruiker aanboord hebben?
 - a. Afbeeldingen of video beelden?
5. Wanneer wordt er door de gebruiker evt. gebruik gemaakt van helikopters en tot welk doeleinde?
6. Wanneer wordt er door de gebruiker gebruik gemaakt van bestaande onbemande luchtvaartuigen?
 - a. Waarin kan de QCDE glider zich verbeteren tov deze luchtvaartuigen?
 - b. Welke UAV's worden gebruikt?
 - c. Wat kennis is opgedaan door praktijk testen van onbemande luchtvaartuigen?
7. Welke detail level is nodig?
8. Welke eisen/wensen heeft de gebruiker betreft het gebruiksgemak?
 - a. Inzetsnelheid
 - b. Grootte
 - c. Autonomie
9. Wie is de verantwoordelijk voor de aanschaf van een QCDE glider?
 - a. Welk proces wordt doorlopen tot de inzet van de glider?
10. Wie zal er aangesteld worden als piloot?
 - a. Wat zijn de eisen/wensen voor de autonomie van de QCDE Glider
11. Welke bevoegdheden heeft de gebruiker omtrent het maken van luchtbeelden (met een onbemand luchtvaartuig)?
 - a. Gaat de wetgeving veranderen?
 - b. Welke invloed heeft het gebruik van onbemande luchtvaartuigen door de gebruiker
 - c. Hoe wordt dit vertaald naar de QCDE Glider
12. In welke situaties heeft de gebruiker baat bij langdurige lucht beelden?
13. Heeft de gebruiker baat bij het kunnen vliegen in verschillende weersomstandigheden?
14. In welke scenario's zou de gebruiker 's nachts willen vliegen?
15. Heeft de gebruiker baat bij een mobiel grondstation?(bv ATV)
16. Hoe groot is de ROI(region of interest)?



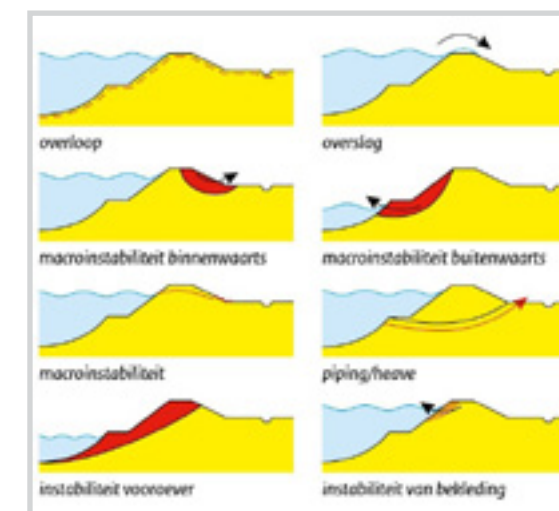
figuur 8.2: Image2811834.PNG

3D-representatie te krijgen is het noodzakelijk dat controlepunten worden in gevoerd. Dit zijn landmeting uitgevoerd door de dijkinspecteur, waarmee het 3Dbeeld gekoppeld/geschaald wordt aan de werkelijk.

Nadelen die bestaande onbemande luchtvaartuigen hebben zijn de beperkte vluchttijd en weerbestendigheid. Ook voor dit scenario geldt dat de wetgeving een grote beperkende factor is:

STOWA themadag: "De toepassing van dergelijke luchtvaartuigen heeft zeker voordelen; ze werken snel en efficiënt, zijn relatief goedkoop in te zetten en kunnen een schat aan aanvullende gegevens opleveren. Maar er zijn ook nadelen, zoals de beperkte inzetbaarheid door overheidsregulering en de weersomstandigheden."

Bij het uitvoeren van dijk inspecties let de dijkinspecteur op zogeheten faalmechanismen. Dit zijn oorzaken waardoor een dijk zou kunnen bezwijken. de faalmechanismen kunnen zowel worden waargenomen door de oorzaak of de gevolgen te detecteren.



figuur 8.3: faalmechanismen

Bij bijvoorbeeld het fenomeen "piping" kunnen zandmeevoerende wellen optreden. Deze wellen tonen aan dat er een doorgang voor water onder de dijk door loopt. Het waterschap wil de Glider gebruiken voor hoog en laag water inspecties. Storm metingen zijn voornamelijk relevant voor zeekeringen.

Overige elementen de relevant zijn voor het waterschap om waar te nemen zijn:

- De begroeiing: gezondheid en kale plekken
- Fauna(bijvoorbeeld muskusratten die de dijken ondergraven)
- Waterkwaliteit
 - o Illegaal dumpen detecteren
 - o Algengroei monitoren
- Handhaving
 - o Het waterschap heeft ook een handhavende taak: het waterschap controleert en handhaaft of er geen bouwovertreedingen binnen het gebied langs de dijk zijn gemaakt(bijvoorbeeld een vijver of graafwerkzaamheden te dicht op de dijk). De dijkinspecteur is gemachtigd om over een schutting heen te kijken om te controleren op dergelijk overtreedingen

De "Area of Interest" is in dit scenario een smalle strook(het keurgebied) van ongeveer 200 meter breed: binnen deze strook vallen de kernzone van de dijk en verschillende beschermingszones.

8.3.1 Waterschap

In deze paragraaf wordt de gebruiker: het waterschap, besproken. Het waterschap dient als voorbeeld voor een gebruiker die data wil vergaren over een object op de grond vanuit de lucht. In dit scenario is het "Object of interest" een dijk die het waterschap wil inspecteren.

Binnen het waterschap wordt momenteel veel gekeken naar de mogelijkheden die onbemande luchtvaartuigen kunnen bieden voor dijkinspecteurs.

Om in kaart te brengen wat de QCDE Glider kan betekenen voor het waterschap, zijn de lezingen van de STOWA thema dag gevolgd(Bron 13) en is er een interview uitgevoerd met het waterschap

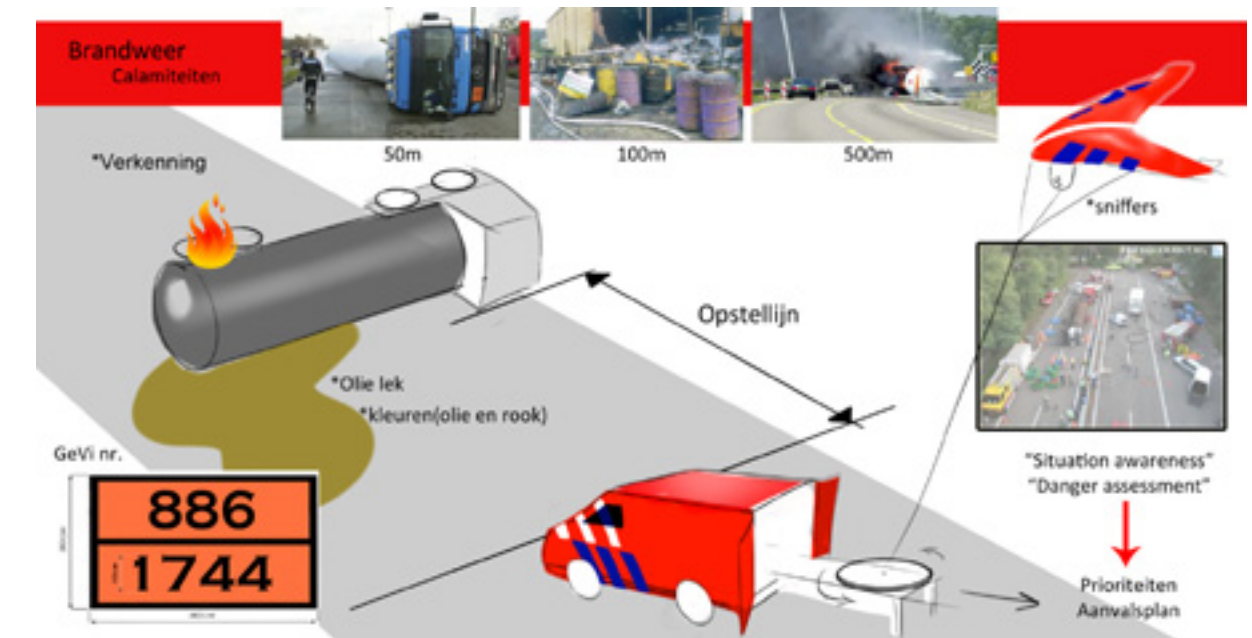
De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer: STOWA hield op 11 juni 2014 een themadag over het gebruik van UAV's door dijkinspecteurs. Hier presenteerden sprekers de technologische ontwikkelingen die onbemande luchtvaartuigen doormaken en wat deze kunnen betekenen voor het waterschap. Ook sprak Ron Leijgraaf over de veranderingen in de wetgeving omtrent onbemande luchtvaart.

Sprekers van meerdere bedrijven toonden aan dat ontwikkeling in voornamelijk de sensoren en dataverwerking, dijkinspecteurs instaat zou stellen de metingen uit te voeren en dijken in kaart te brengen. Onbemande luchtvaart zou het tijdrovend proces van dijkinspectie kunnen veranderen in een enkele vlucht. Het meest toegepaste luchtvaartuig is een fixed wing. Bij het ontwikkelen van sensoren is door enkele bedrijven gebruik gemaakt van een helikopter, omdat onbemande luchtvaartuig onvoldoende betrouwbaarheid gaven.

Het waterschap heeft baat foto's van dijken van boven, aangeleverd als één kaart. Vanaf boven kan een dijkinspecteur informatie waarnemen die niet zichtbaar is van de grond en kan een groter gebied overzien.

Doormiddel van GIS software kunnen foto's(of andere metingen) omgezet worden naar een 3D-model van de dijk. Hieruit kan opgemaakt worden of er verzakking zijn opgetreden. Om een nauwkeurige

zou de brandweer zoveel mogelijk informatie willen opdoen over de situatie: de grootte, Gevi nummers, rookvorming, lekken, kleuren, uitbreidingen, slachtoffers. Dit alles moet leiden tot een aanvalsplan.

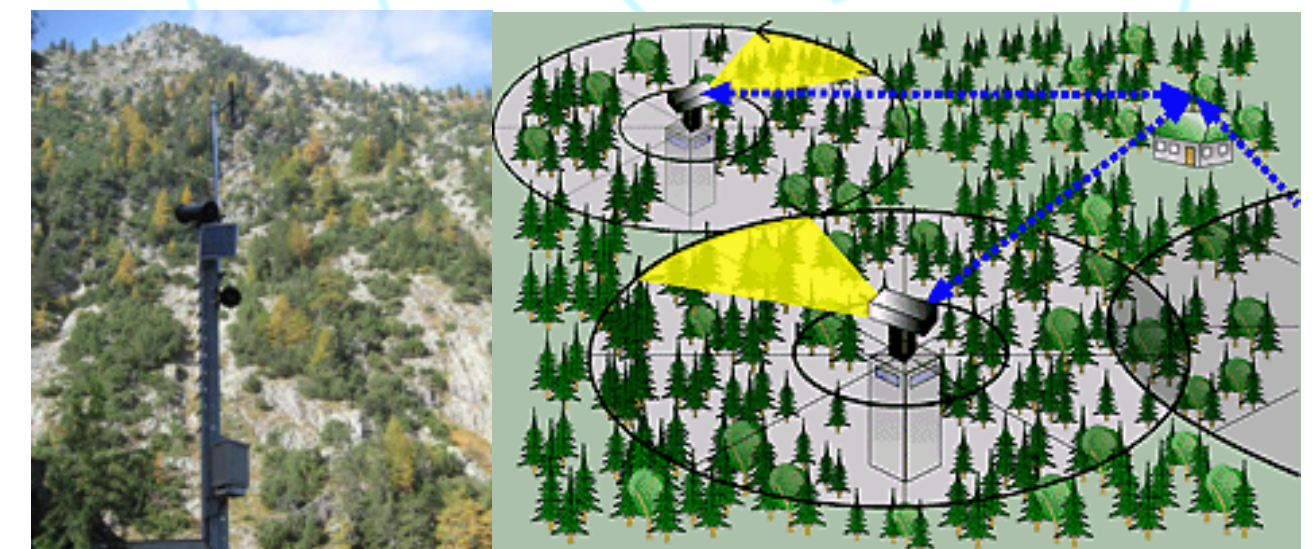


figuur 8.5: Image2811849.PNG

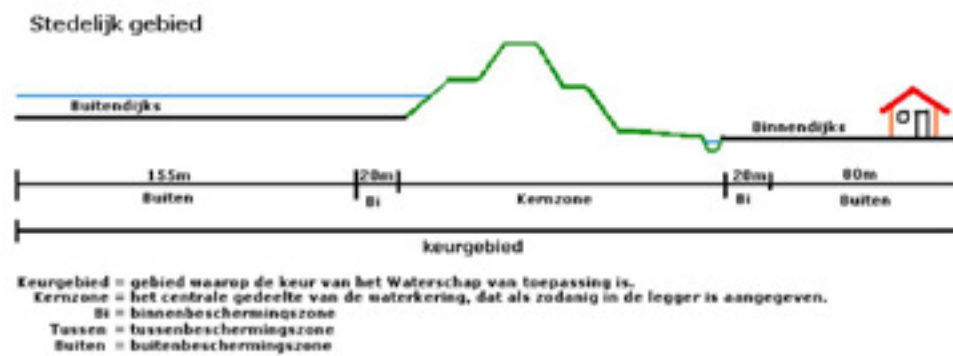
Detectie:

Binnen de brandweer van Arnhem is de detectie van brand door middel van een RPAS geen aannemelijk scenario. Voor natuurbranden zijn bepaalde meetpunten uitgezet die een droogte index geven. Wanneer deze waarde een bepaald punt bereikt wordt een spotvliegtuigje ingezet om te zoeken naar eventuele rookpluimen.

Bij grote gebieden is het denkbaar om een glider een gebied te laten overzien om rookpluimen te detecteren. Echter zullen er dan meerdere voor lange tijden ingezet moeten worden. Een mogelijk struikelblok voor het vliegen tijdens grote natuurbranden is dat de thermiek van de warme lucht het in de lucht houden van de glider moeilijk maakt.



figuur 8.6: branddetectie systemen



figuur 8.4: Inspectie gebied

Binnen de kernzone is het verboden om:

- de grasmat te beschadigen
- bestaande beplanting te verplaatsen of verwijderen
- met voertuigen te rijden buiten de daarvoor bestemde verhardingen

Binnen de kernzone en de beschermingszone (= 15 meter) is het verboden om:

- gebouwen, palen, afrasteringen of schuttingen te (ver)plaatsen of te verwijderen
- kabels en leidingen te (ver)plaatsen of te verwijderen
- beplanting of andere verdedigingsmaterialen te beschadigen, te vernietigen, te verplaatsen of weg te nemen

Binnen de kernzone, de beschermingszone (= 15 meter) en de buitenbeschermszone (= 85 meter) is het verboden om:

- ontgravingen te verrichten
- grond af te graven, te egaliseren of af te voeren
- boringen te verrichten, waaronder boringen naar gas, vloe- en delfstoffen
- afgravingen voor het winnen van delfstoffen of specie
- seismische onderzoeken te doen
- leidingen, tanks, drukvaten met een druk van 10 bar of meer te (ver)plaatsen of verwijderen
- explosiegevaarlijk(e) materiaal of inrichtingen te hebben

8.3.2 Brandweer:

In deze paragraaf wordt de beoogde gebruiker: de brandweer besproken. Voor het onderzoek naar deze gebruiker is een interview uitgevoerd met de brandweer

Calamiteiten:

Het meeste voorkomende scenario zou zijn bij calamiteiten. Wanneer een incident heeft plaatsgevonden en de brandweer uitrukt heeft deze bij aankomst nog geen beeld van de situatie. Luchtbeelden kunnen de brandweer overzicht geven ("area overview" en "Situational awareness". Dit overzicht is belangrijk voor het creëren van een plan van aanpak/aanvalsplan. Mogelijke calamiteiten zijn brand, natuurbrand en kettingbotsingen. Daarnaast is "search en rescue" een belangrijke functies van de brandweer waarbij luchtbeelden kunnen helpen.

Bij calamiteiten met gevaarlijke stoffen hanteert de brandweer een opstellijn van 500m. Vanaf deze afstand

Duikteam:

Wanneer het duikteam van de brandweer uitrukt, kunnen luchtbeelden veel meerwaarde bieden. Het water kan vanuit de lucht in kaart gebracht worden, zodat het duikteam aangestuurd kan worden. Door de luchtbeelden te combineren met bekende (diepte)kaarten kan het gebied gerasterd worden en systematisch worden gezocht per sector. Wellicht is het mogelijk om door middel van warmtebeelden de duikers te volgen in het water. De beelden kunnen ook een indicatie geven van de afstanden.



figuur 8.7: brandweer drone

figuur 8.8: brandweer oefening met droen

8.3.3 Politie:

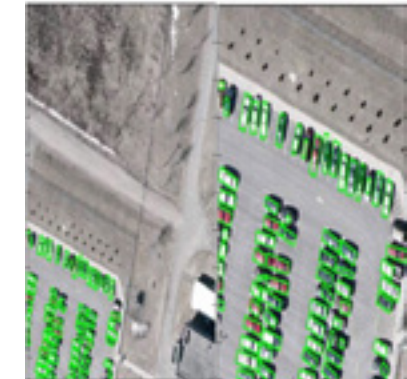
Er is een interview uitgevoerd met de politie over welke waarde de QCDE Glider zou kunnen bieden voor de politie. Dit interview is confidentieel. Enkele algemene punten die tijdens dit interview naar voren gekomen zijn:

- De politie wil een zo groot mogelijk gebied overzien.
- Een groot deel van de meerwaarde die de QCDE Glider kan leveren hangt af van de kwaliteit van de payload/het beeldmateriaal
 - Bv. Herkennen van een autotype
- Het beeld materiaal moet zowel live beschikbaar zijn als opgeslagen worden voor bewijsvoering
- De politie heeft een voorbeeldfunctie en behoort zich nauw te houden aan veiligheidsvoorschriften en wetgeving omtrent onbemande luchtvaartuigen.
- De politie noemde de niet eerdere genoemde factor: geluid

In manchester is geëxperimenteerd met een politie zeppelin bij voetbalwedstrijd. De ontwikkeling van het product had \$80.000 gekost, maar in de praktijk bleek dat de zeppelin veel nadelen had.

'But on a day with even a moderate breeze or a downpour, the balloon would be a nightmare, veering here and there until it ripped or got blown away. It was a bit of a joke really.'

<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1328645/Police-surveillance-blimp-scrapped-cope-bad-weather.html>



Het herkennen van een autotype is vanuit de lucht niet altijd even gemakkelijk. Ontwikkeling in de verwerking van dat heeft ertoe geleid dat software automatisch voertuigen kan detecteren en volgen. Dit proces wordt steeds verfijnder. Het is denkbaar dat software in de toekomst ook het type kan herkennen. De vraag hierbij is of dit ook mogelijk is bij een boven aanzicht.

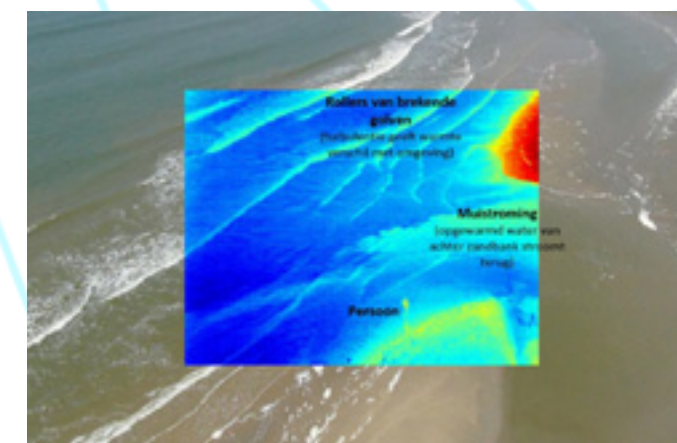
Het is van belang dat de Glider minimaal geluid maakt. Hier moet rekening mee gehouden worden bij het selecteren van motoren.

8.3.4 De kustwacht:

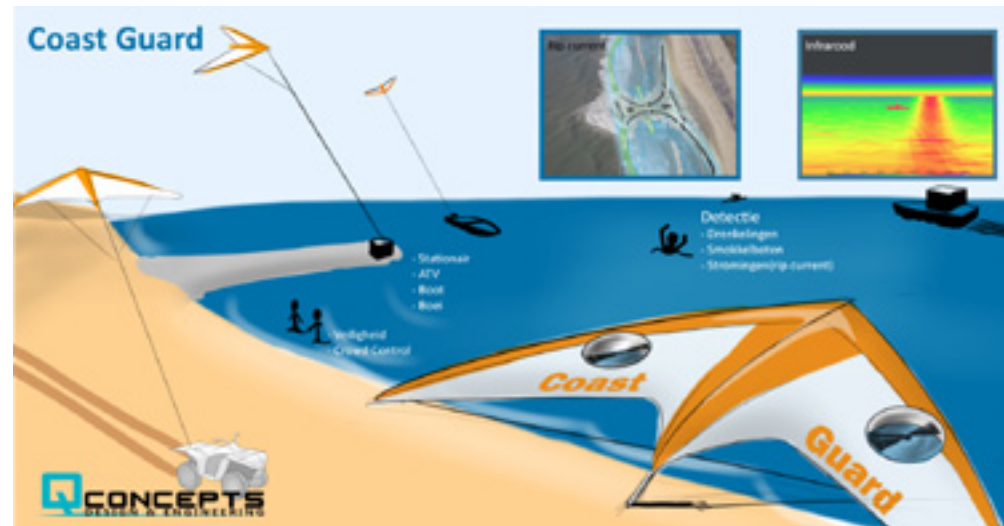
Binnen de categorie grensbewaking valt de kustwacht. De QCDE Glider kan helpen om het zicht te vergroten over zee vanaf de kust. Vanuit de lucht is het gemakkelijker om boten te detecteren. Het detecteren van boten kan helpen in de strijd tegen smokkelaars. Ook bij de huidige situatie m.b.t. bootvluchtelingen op de middellandse zee is het wenselijk boten eerder te detecteren.

Het scenario aan de kust heeft als voordeel dat het hier vaak waait. De wind betekent dat concurrenten minder geschikt zijn, terwijl de QCDE Glider hierdoor beter presteert.

Naast het bewaken van de kust kan de QCDE Glider ook ondersteun bij functie strandwacht. Vanuit de lucht is het veel gemakkelijker om gevaarlijke stromingen waar te nemen. Ook kan crowd control een rol spelen en het detecteren van drenkelingen.



figuur 8.9: Muien zijn goed zichtbaar vanuit de lucht



figuur 8.10: coastguard visualisatie

De QCDE Glider kan ook gebruikt worden om stropen tegen te gaan. In natuurgebieden kunnen meerdere Gliders opgelaten worden om het gebied te overzien en stropers te detecteren. Vanuit de lucht kunnen grote dieren gedetecteerd worden en geobserveerd.

8.4 Wifi distributie

http://www.digitalstrategyconsulting.com/intelligence/2014/03/facebook_to_beam_internet_to_developing_world_with_wifi_drones.php

facebook en google zijn momenteel bezig met het ontwikkelen van UAV's die wifi verspreiden. De UaV's die hiervoor gebruikt worden zullen relatief hoog vliegen: boven de weergrens op ongeveer 20.000 m hoogte. De UAV's zullen een netwerk creëren dat wifi's naar de aarde zendt.

De schaal van dit project beslaat een ander gebied dan de QCDE Glider. De GLider heeft zal op het gebied van wifi-distributie meer overeenkomsten hebben met het concept van Aerohive:

<http://blogs.aerohive.com/blog/extreme-aerohive-wi-fi-deployment-stories/most-extreme-wi-fi-ap-equipped-drone-takes-flight>

Aerohive ontwikkeld een Multirotor met een router als payload. Deze kan gebruikt worden om wifi te verspreiden tijdens devolgende scenario's:

- Provide Wi-Fi to first responders to natural or man-made disasters.
- Provide Wi-Fi for events like outdoor concerts, company picnics, etc.
- Provide temporary bridge links between locations by bouncing off aircraft.
- Offer coverage for forward operations like oil exploration, expeditions, and remote camps.

Test vluchten brachten de volgende complicaties naar boven:

“The BR100 interferes with the GPS (they are right next to one another), which prevents fully autonomous flight. Also the airframe he is using maxes out at about 15 minutes of flight time, whereas more than an hour is required.”

De QCDE Glider kan op dit gebied uitkomst bieden om dat deze niet gelimiteerd is door vluchttijd.

8.5 Camera systemen:

8.5.1 Payload:

Uit vooronderzoek bleek dat de camera systemen die gebruikt worden voor huidige onbemande luchtvaartuigen relatief duur zijn. De prijs van deze payload is afhankelijk van de prestaties die de payload kunnen leveren. Bij commerciële RPAS is het voldoende om een eenvoudig camera te monteren. Maar mocht de onbemande luchtvaartuig voor professionele doeleinden worden gebruikt, wordt veel meer kwaliteit en meerwaarde verwacht.

De goedkoopste oplossing om camera beelden te maken vanaf een onbemande luchtvaartuig is door midden van een vaste camera. Een dergelijke camera kan niet bewegen ten opzichte van het luchtvaartuig. Een vaste camera wordt toegepast bij fixed wing en multirotors. Fixed wing Rpas kunnen grote afstanden afleggen waarna de foto's van de vaste camera gecombineerd kunnen worden tot een totaal kaart. Multirotor hebben veel bewegingsvrijheid. De camera beweegt niet ten opzicht van het luchtvaartuig, maar het luchtvaartuig kan zelf bijdraaien om het beeld te vergroten.

Voor de QCDE Glider is een 360 graden beeld gewenst, omdat de Glider afhankelijk is van de windrichting. Voorafgaand aan de deployment is nog niet bekend waar het “object of interest” zich zal bevinden ten opzichte van de windrichting. De Glider moet dus alle kant beeld kunnen opnemen.

Om 360 graden beeld te krijgen zijn er twee mogelijkheden: een Gimbal of het toepassen van meerdere camera's. Een gimbal is een draaibare bevestiging rondom een as. Wanneer men meerdere van deze bevestiging combineert krijgt een object de vrijheid om te bewegen om alle assen. Hierdoor kan een camera alle kanten op gericht worden.



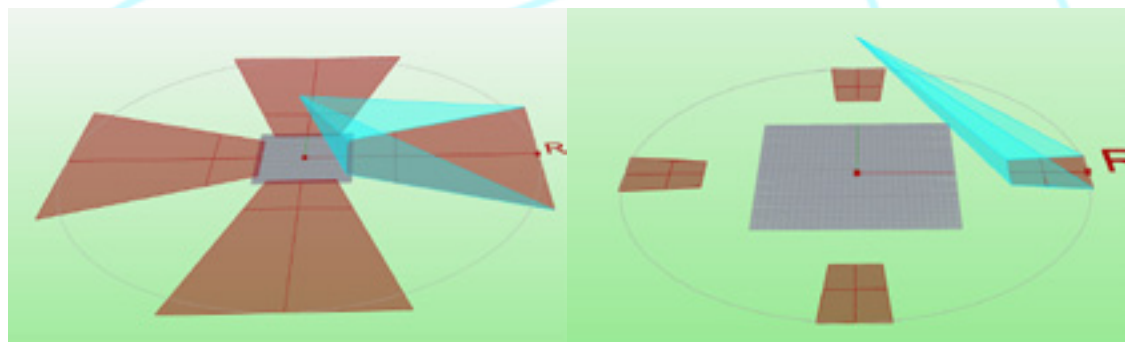
Vooronderzoek liet blijken dat dergelijke gimbals prijzig zijn namelijk \$8.000 tot \$20.000+ De gimbals worden ontwikkeld zodat deze zo compact mogelijk, lichtgewicht, gestabiliseerd en weerbestendig zijn. De techniek die hierin wordt toegepast is geavanceerd, waardoor de prijs hoog ligt. Voor de commerciële markt wordt ook gebruik gemaakt van eenvoudigere systemen:



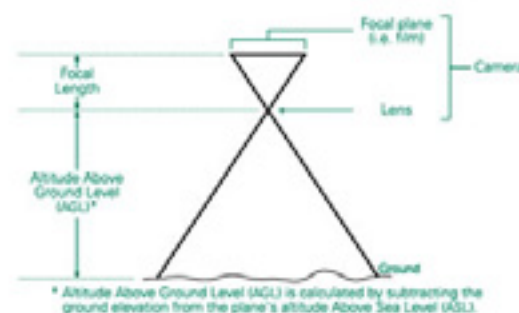
Bij deze typen kan de gebruiker zelf een camera toevoegen. Echter zijn de modellen niet compact en weerbestendig omdat ze een open structuur hebben. Voor de QCDE Glider is het wenselijke een gesloten gimbal te hebben, die aansluit bij het luchtvaartuig. Het luchtvaartuig zal ook een framework/landingsgestel moeten bevatten die de payload beschermd bij het landen.

Een goedkoper alternatief voor een gimbal is het toepassen van meerdere camera's:

Naar schatting zijn voor deze optie minimaal 6 camera's nodig. Het nadeel van deze optie is dat het niet mogelijk is om gebruik te maken van optische zoom. Omdat de camera gefixeerd is, zal bij het zoomen enkel de plek in het midden van het "field-of-view" dichterbij gehaald worden. Op deze manier kunnen objecten buiten dit kleine veld niet waargenomen worden door de camera.



Bij het maken van beeld is er een relatie tussen het field-of-view en de resolutie. De sensor in de camera die het beeld waarneemt heeft een bepaalde grote met een bepaalde hoeveelheid pixels. Wanneer een projectie wordt gemaakt van de sensor op de grond, worden de pixels verspreid over de grond. Hoe groter het veld op de grond (afhankelijk van de focuslengte), hoe groter elke geprojecteerde pixel moet zijn. Dit



resulteert in een lage resolutie.

8.5.2 Selecteren van camera:

Voor het selecteren van de camera in de QCDE-Glider zijn er twee factoren die geoptimaliseerd kunnen worden: de grootte van het gebied om te overzien (Area/Horizontal distance/FOV: Field of View) en de resolutie van de gemaakte beelden (GSD: Ground Sample Distance(px/cm ; cm/px)). Deze zijn van elkaar afhankelijk. De hoofdvraag hierover is: Wat wil de gebruiker kunnen zien op de beelden? Wanneer bepaald is wat de gebruiker wil kunnen zien kan een camera geselecteerd worden die hieraan voldoet. De gebruiker heeft er baat met één Glider zo groot mogelijk gebied te kunnen voorzien. Echter wanneer de afstand van een object tot de camera groter wordt gaat dit ten koste van de resolutie. Bij een te lage resolutie zijn objecten niet meer te herkennen op de beelden.

Resolutie:

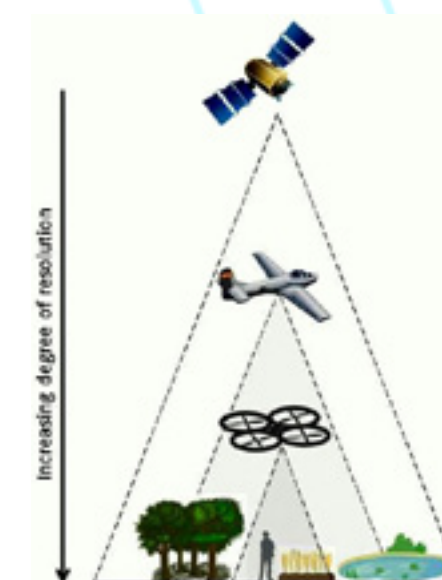
Voor het selecteren van de camera is het nodig te bepalen welke resolutie nodig om objecten te kunnen herkennen. De benodigde resolutie is afhankelijk van het doel van beelden. Om een auto te detecteren is een lagere resolutie nodig dan om het kenteken te kunnen lezen.

Factoren die invloed hebben om de benodigde resolutie zijn:

- Beoogd doel
- Hoogte
- Hoek van de camera
- Weer/zicht
- Stabiliteit/beweging
- Software/nabewerking

Hoogte:

De hoogte van de camera is bepalend in de resolutie van de gemaakte beelden. Camerabeelden gemaakt vanaf een RPAS zijn velen hebben een veel hogere resolutie dan beelden van een satelliet, doordat deze dichterbij het object staan.



Beoogd doel:

Cohen et al(2009) stelden eisen op voor camera bewakingssystemen. Zij definiëren vijf “levels of detail” voor camera beelden: Monitor en control, Detect, Observe, Recognise en Identify. Cohen heeft deze categorieën gebaseerd op de grootte van een object in een beeld van 5%, 10%, 25%, 50% en 100%. Deze categorieën geven vijf mogelijke doel van camera beelden.

- **Monitor en Control:**

Bij dit level of detail kan een observator een groot gebied over zien. In dat gebied kan hij waarnemen hoe objecten/personen zich bewegen: richting, snelheid en aantal.

- **Detect:**

Bij dit level of detail kan de observator waarnemen of een object/persoon aanwezig is in het waargenomen gebied.

- **Observe:**

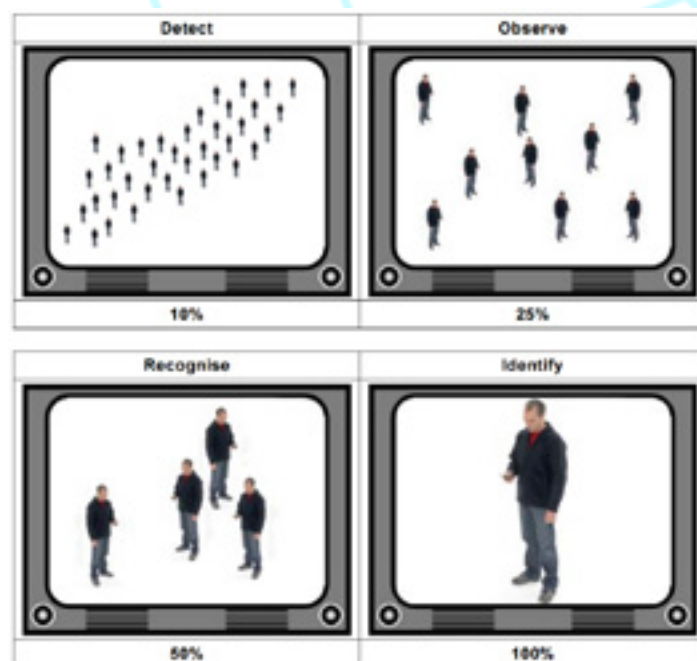
In dit level of detail kan de observator waarnemen hoe een object/persoon zich gedraagt in de omgeving. Enkele karakteristieke kenmerken van het object zijn duidelijk. De observator is ook in staat de gebeurtenissen in de directe omgeving van het object waarnemen.

- **Recognise:**

In dit level of detail kan de observator herkennen wat/wie een object/persoon is met een hoge graad van zekerheid.

- **Identify:**

In dit level of detail kan de observator kan de identiteit van een object/persoon met zekerheid worden vastgesteld.



figuur 8.11: Height based “levels of detail” for the more commonly used screen heights

Met de ontwikkeling van betere camera’s kan bv door middel van zoom een bepaald level of detail al bereikt

worden bij lagere percentages:

Category	PAL	1080p	720p	WSVGA	SVGA	VGA	2CIF	CIF	QCIF
Identify	100	38	56	67	67	84	139	139	139
Recognize	50	19	28	34	34	42	70	70	139
Observe	25	10	14	17	17	21	35	35	70
Detect	10	4	6	7	7	9	14	14	28
Monitor	5	2	3	3	3	5	7	7	14

Tabel 8.3: Reading the table, the vertical body height percentage representation for Identify should be 38% with a 1080p HD camera.

Een meer accurate manier om het level of detail vast te stellen van de beelden is door middel van pixel dichtheid. Dit is het aantal pixels per centimeter. Deze maat geeft een goede kwantificatie voor de benodigde resolutie voor een bepaald doel. Met deze kwantificatie kan bijvoorbeeld bepaald worden hoeveel pixels er nodig zijn om een gezicht te herkennen.

Operational requirement	Horizontal pixels/Face	Pixels/cm	Pixels/inch
Identification (challenging conditions)	80 px/face	5 px/cm	12.5 px/in
Identification (good conditions)	40 px/face	2.5 px/cm	6.3 px/in
Recognition	20 px/face	1.25 px/cm	3.2 px/in
Detection	4 px/face	0.25 px/cm	0.6 px/in

Tabel 8.4: pixel dichtheid

Ground Sample Distance

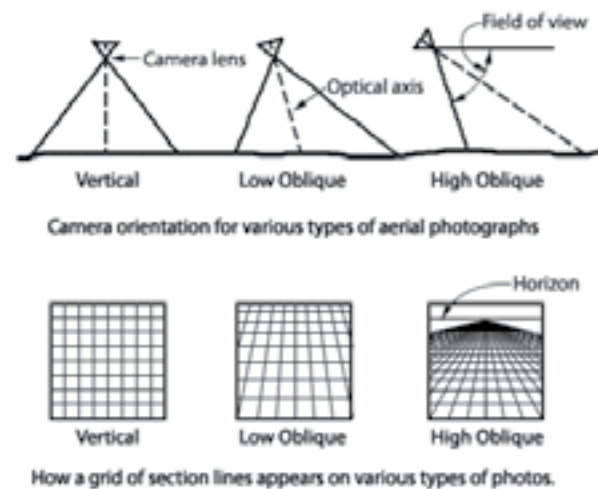
Gerelateerd aan de pixel dichtheid is Ground Sample Distance(GSD). Dit is de afstand op het object die 1 pixel weergeeft in het beeld. Deze term wordt veel genoemd bij lucht surveillance. Vanuit de lucht wordt het detail level al snel een stuk lager. De grootste beperkende factor hierin is de hoogte. De gemiddelde satellietbeelden hebben een GSD van ongeveer 30 meter. Dit betekent dat één pixel op de beelden 30 meter op de grond representeert. In de orthografie wordt al veel gevlogen met UAS. Deze maken dan meerdere foto van relatief lage hoogte(50-200m). Deze foto’s worden vervolgens gecombineerd tot een totale 3D land kaart. Door de lage hoogtes kan een GSD van enkele centimeters worden bereikt over de gehele landkaart.



figuur 8.12: Image4170934.PNG

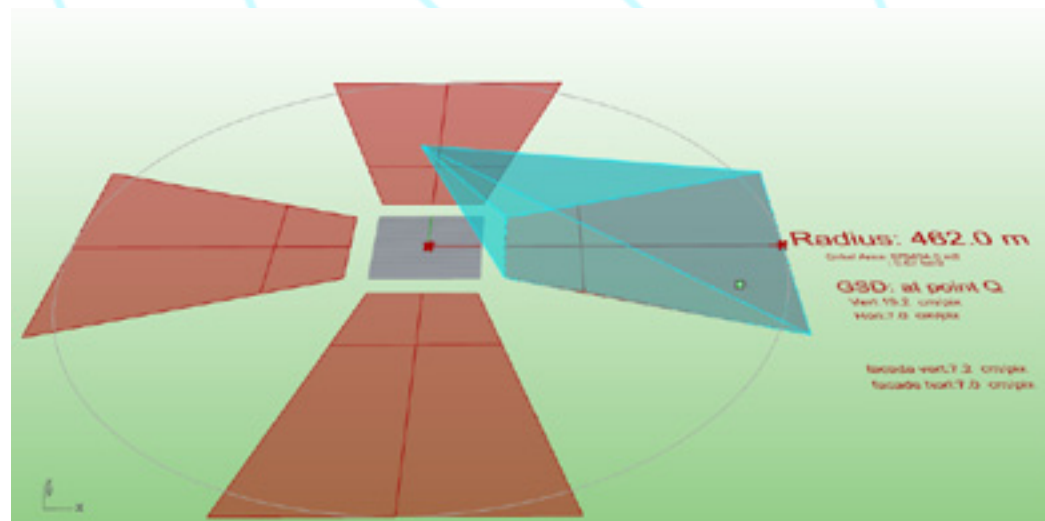
figuur 8.12 laat de gevolgen zien van een hogere Ground sampling distance.

Bij ground sampling distance moet rekening gehouden worden met het oprekken van de pixels door de hoek van de camera. Hoe verder een object zicht bevindt van het centrum van het Field of view, hoe langgerechter de GSD wordt. Het plaatsen van een camera onder een hoek wordt Oblique genoemd. Bij low oblique van ± 30 graden is de vervorming van de pixel niet heel groot. Bij high oblique van ± 60 graden is er veel vervorming en kan men de horizon altijd waarnemen in het beeld.



figuur 8.13: Image4170938.PNG

Door middel van Rhinoceros en Grasshopper is een algoritme gemaakt dat het field of view visualiseerd bij bepaalde parameters: hoogte, camera hoek, aantal camera's, focuslengte, sensorgrootte en het aantal pixels. het algoritme rekent vervolgens uit wat de Ground sampling distance is op een bepaalde afstand van vanaf het grondstation. Op deze manier kan ingeschat worden of een bepaald camera systeem geschikt is voor een bepaald doeleinde.



figuur 8.14: Visualisatie van het Field of View, in Rhino, met GSD calculatie

Belangrijk is om te bedenken wie de beelden bekijkt. In veel hedendaagse toepassingen van lucht surveillance worden de beelden geanalyseerd door computer software. Uiteraard hebben deze software bepaalde eisen wat betreft de resolutie van de beelden. Toch blijft het menselijk oog velen malen beter objecten herkennen vanuit beeld dan software.

8.5.3 Sensoren:

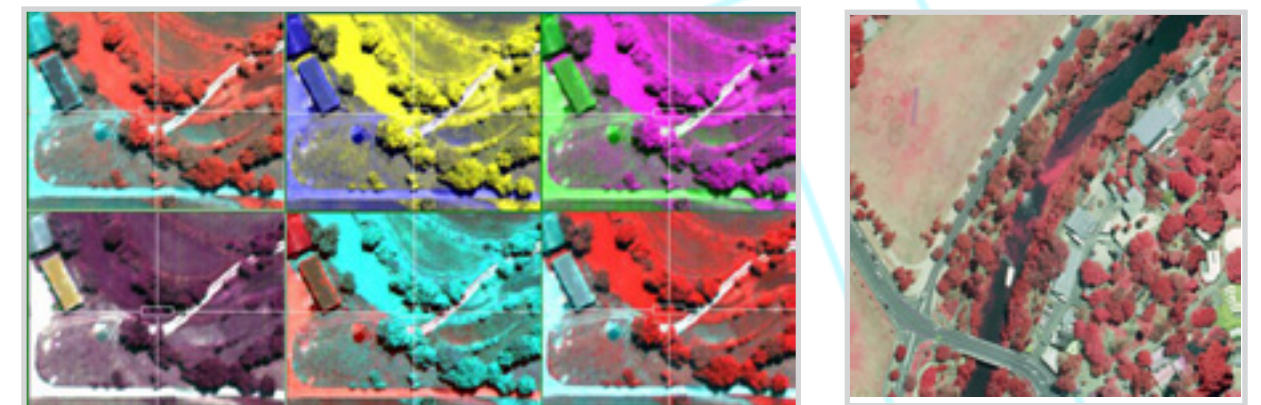
Optische sensoren:

De meest voorkomende payload is een camera. Met een camera als payload kunnen afbeeldingen of videobeelden gemaakt worden vanuit de lucht. Voor deze beelden zijn een groot scala aan toepassingen:

De keuze van de camera is afhankelijk van wat de gebruiker wil zien op de gemaakte beelden. Voor overwegingen bij het selecteren van een camera moet rekening gehouden worden met benodigde resolutie, level of detail, belichting, grote van het Field of View, opname in platform en nabewerking.

Naast de gebruikelijke camera zijn er nog andere sensoren die interessante data kunnen verkrijgen vanuit de lucht.

Multispectraal:

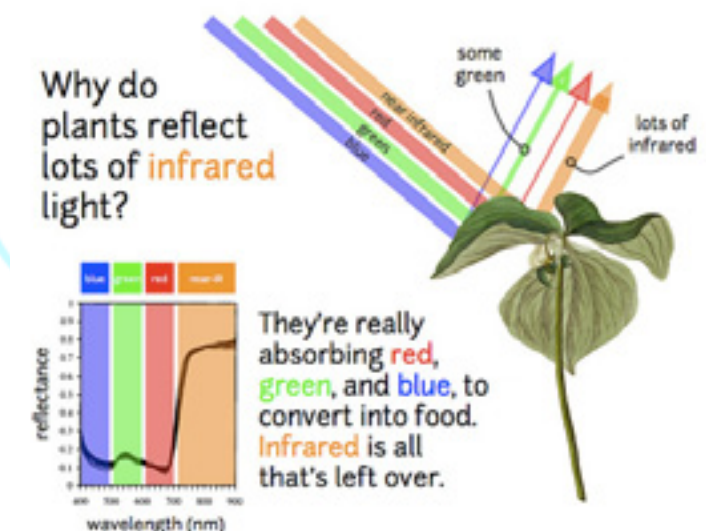


figuur 8.18: Multispectraal

figuur 8.19: False color

IR: Nabij InfraRood

Nabij infrarood is licht met een golflengte van 700-900 nm. Door filters toe te passen op sensoren kan dit licht worden waargenomen en op die manier een "false-color image" gecreëerd worden. NIR is uitermate geschikt om flora te bestuderen. Bladeren reflecteren infrarood goed. Verschillende typebladeren reflecteren anders waardoor de soort plant bepaald kan worden. Men kan met behulp van NIR zelfs de gezondheid van planten waarnemen omdat gezonde planten meer infrarood reflecteren. Ook kunnen deze sensoren algengroei monitoren.

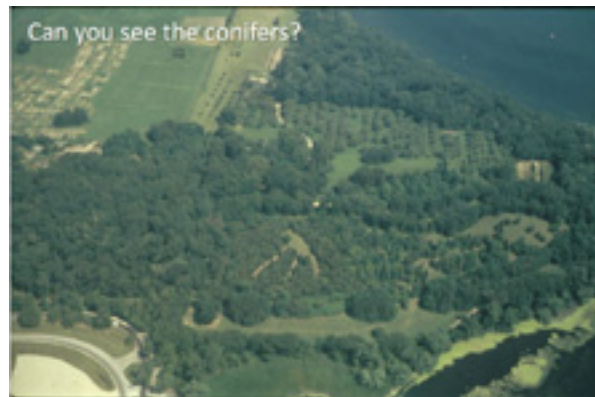


figuur 8.15: gezond bladgroen reflecteert meer nabij-infrarood

8.6 Export aanvraag infrarood

Voor infrarood technologie in Amerika gelden regelen omtrent het exporteren. Hiervoor moet onderstaande aanvraag worden ingediend:

FORM BIS-711 FORM APPROVED UNDER OMB CONTROL NO. 0694-0021, 0694-0093		U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE BUREAU OF INDUSTRY AND SECURITY Information furnished herewith is subject to the provisions of Section 12(c) of the Export Administration Act of 1979, as amended, 50 U.S.C. app 2411(c) and its unauthorized disclosure is prohibited by law.		DATE RECEIVED (Leave Blank)	
STATEMENT BY ULTIMATE CONSIGNEE AND PURCHASER					
1. ULTIMATE CONSIGNEE			CITY		
ADDRESS LINE 1			COUNTRY		
ADDRESS LINE 2			POSTAL CODE		TELEPHONE OR FAX
2. DISPOSITION OR USE OF ITEMS BY ULTIMATE CONSIGNEE NAMED IN BLOCK 1 We certify that the items: <i>(left mouse click in the appropriate box below)</i>					
A. ☐ Will be used by us (as capital equipment) in the form in which received in a manufacturing process in the country named in Block 1 and will not be reexported or incorporated into an end product.					
B. ☐ Will be processed or incorporated by us into the following product (s) _____ to be manufactured in the country named in Block 1 for distribution in _____					
C. ☐ Will be resold by us in the form in which received in the country named in Block 1 for use or consumption therein. The specific end-use by my customer will be _____					
D. ☐ Will be reexported by us in the form in which received to _____					
E. ☐ Other (describe fully) _____					
NOTE: If BOX (D) is checked, acceptance of this form by the Bureau of Industry and Security as a supporting document for license applications shall not be construed as an authorization to reexport the items to which the form applies unless specific approval has been obtained from the Bureau of Industry and Security for such export.					
3. NATURE OF BUSINESS OF ULTIMATE CONSIGNEE NAMED IN BLOCK 1					
A. The nature of our usual business is _____					
B. Our business relationship with the U.S. exporter is _____					
and we have had this business relationship for _____ year(s).					
4. ADDITIONAL INFORMATION					
5. ASSISTANCE IN PREPARING STATEMENT					
STATEMENT OF ULTIMATE CONSIGNEE AND PURCHASER We certify that all of the facts contained in this statement are true and correct to the best of our knowledge and we do not know of any additional facts which are inconsistent with the above statement. We shall promptly send a supplemental statement to the U.S. Exporter, disclosing any change of facts or intentions set forth in this statement which occurs after the statement has been prepared and forwarded, except as specifically authorized by the U.S. Export Administration Regulations (15 CFR parts 730-774), or by prior written approval of the Bureau of Industry and Security, we will not reexport, resell, or otherwise dispose of any items approved on a license supported by this statement (1) to any country not approved for export as brought to our attention by means of a bill of lading, commercial invoice, or any other means, or (2) to any person if we know that it will result directly or indirectly, in disposition of the items contrary to the representations made in this statement or contrary to Export Administration Regulations.					
6. SIGNATURE OF OFFICIAL OF ULTIMATE CONSIGNEE			7. NAME OF PURCHASER		
NAME OF OFFICIAL			SIGNATURE OF PURCHASER		
TITLE OF OFFICIAL			NAME OF OFFICIAL		
DATE (mmmm,dd,yyyy)			TITLE OF OFFICIAL		
CERTIFICATION FOR USE OF U.S. EXPORTER - We certify that no corrections, additions, or alterations were made on this form by us after the form was signed by the (ultimate consignee)(purchaser).			DATE (mmmm,dd,yyyy)		
8. NAME OF EXPORTER			SIGNATURE OF PERSON AUTHORIZED TO CERTIFY FOR EXPORTER		
NAME OF PERSON SIGNING THIS DOCUMENT			TITLE OF PERSON SIGNING THIS DOCUMENT		DATE (mmmm,dd,yyyy)
We acknowledge that the making of any false statements or concealment of any material fact in connection with this statement may result in imprisonment or fine, or both and denial, in whole or in part, of participation in U.S. exports and reexports.					
Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 15 minutes per response plus one minute for recordkeeping, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to the Director of Administration, Room 3889, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce.			Washington, DC 20230, and to the Office of Management and Budget Paperwork Reduction Project (0694-0021, 0694-0093), Washington, D.C. 20503. Notwithstanding any other provision of law, no person is obligated to respond to nor shall a person be subject to a penalty for failure to comply with a collection of information subject to the Paperwork Reduction Act unless that collection of information displays a currently valid OMB Control Number.		

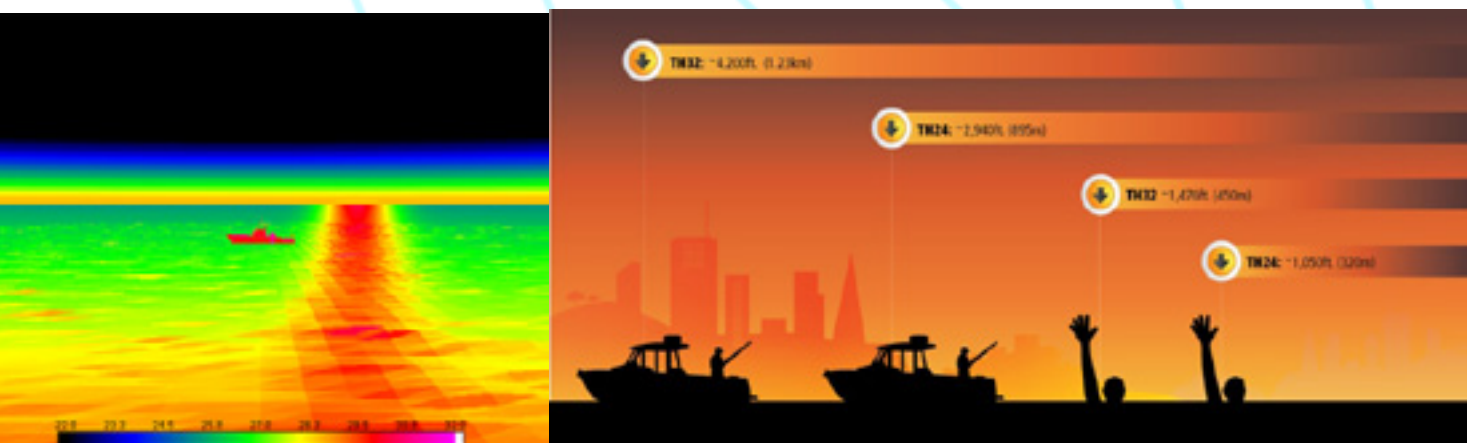


figuur 8.16: Verschillend plantsoorten reflecteren nabij-infrarood anders

Infrarood:



Naast optische sensoren is infrarood een veel gebruikte payload optie: een infrarood camera. Infrarood geeft warmte beelden weer kan op meerdere manier gebruikt worden om 's nachts beelden te maken. In veel gebruiksscenario's is infrarood wenselijk. De markt leider op het gebied van infrarood sensoren is FLIR. Infrarood sensoren bestellen vanuit Amerika brengt enkele complicaties met zich mee, omdat er reglementen zijn voor het exporteren van dergelijke techniek(zie bijlage 8.6). Infrarood camera's zijn relatief duur. Een eenvoudige camera kost al snel 1000 euro. Mede hierdoor zijn complete camerasystemen/payload duur. Dergelijk systemen zijn ontwikkeld voor het leger en bevatten een infrarood camera om 's nacht missies uit te voeren. De optie voor meerdere gefixeerde camera's is lastig te combineren met infrarood. Wanneer naast de optische camera's ook voor ieder richting een infrarood camera geïnstalleerd moet worden, lopen de kosten sterk op.



figuur 8.17: Flir infrarood technologie wordt veel toegepast door marine

Overige mogelijke sensoren zijn sniffers waarmee men stoffen kan detecteren. Dit is bruikbaar voor metingen van de luchtkwaliteit. Ook de brandweer heeft baat bij dergelijke gegevens.

8.7 Designtabel met ontwerpparameters

Tabel 8.5: designtabel met ontwerpparameters uit Solidworks

	Wing										Dihedral								Nose								Rotor										Total wingspan	
	main_span	center_span	root_chord	center_chord	wingtip_chord	Sweep_angle	Winglet_chord	Winglet_height	winglet_SPAN	Winglet_skew	dihedral_angle	dihedral_roofhandic_angle	dihedral_iphandic_angle	dihedral_roofhandic_magnitude	dihedral_iphandic_magnitude	Nose_chord	Nose_drop	T_edge_roofhandic_angle	T_edge_iphandic_angle	L_edge_Roofhandic_angle	L_edge_Roofhandic_magn	L_edge_iphandic_angle	Ledge_iphandic_magn	payload_start_depth	payload_circwidth	payload_end_depth	Rotor_distance_to_center	rotor_width	rotor_distance_to_leading_line	rotor_doublet	rotor pattern distance	rotor pattern angle	rotor angle@Plane16	Total wingspan				
Default	1000	140	500	600	300	16	100	150	80	190	8	10	10	1500	800	40	10	Default	15	2	1	1000	20	1000	70	120	180	350	200	140	2	240	360	10	2440			
a.tapered	1000	140	780	850	300	25	200	150	80	190	8	10	10	1500	800	40	10	a.tapered	15	22	0	1000	20	1000	80	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
b.tapered(high)	1000	140	780	850	300	50	200	150	80	190	8	10	10	1500	800	100	10	b.tapered(high)	15	20	0	1000	20	500	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
c.tapered(medium)	1000	140	700	770	300	38	160	150	80	190	8	10	10	1500	800	40	10	c.tapered(medium)	15	2	0	1000	20	1000	80	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
d.round leading edge	1000	80	600	600	410	28	200	150	80	300	8	10	10	1500	800	0	10	d.round leading edge	15	2	28	1000	20	1500	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2320			
e.Round 2	1000	140	600	610	300	28	200	150	80	240	8	10	10	1500	800	0	10	e.Round 2	15	2	28	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
f.nose chord	1100	100	750	800	300	27	200	150	80	190	8	10	10	1500	800	50	10	f.nose chord	15	2	1	300	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2560			
g.copie	1060	110	1000	1110	440	16	200	150	80	220	8	10	10	1500	800	40	10	g.copie	15	23	1	1000	20	1000	110	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2500			
h.anhedral	1000	140	500	600	300	16	200	150	80	190	344	10	10	1500	800	40	10	h.anhedral	9	40	1	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
i.test1	1100	100	750	800	300	27	200	150	80	190	13	10	10	1500	800	50	10	i.test1	15	2	1	300	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2560			
test2	1000	140	500	600	500	16	200	150	80	340	8	10	10	1500	800	40	10	test2	15	2	1	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
k.round taper	1000	100	800	810	200	16	110	150	80	120	8	10	10	1500	800	10	10	k.round taper	15	2	13	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2360			
l.birdshape	1000	140	500	600	300	344	200	150	80	80	8	10	10	1500	800	40	10	l.birdshape	15	2	1	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
m.birdshape2	1000	140	500	600	300	16	200	150	80	190	8	10	10	1500	800	40	10	m.birdshape2	15	2	1	1000	20	1000	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
n.delta	1100	40	580	600	300	16	130	150	80	130	8	10	10	1500	800	0	10	n.delta	22	2	19	1000	20	2490	70	120	180	350	250	175	2	260	10	10	2440			
o.test	2000	140	500	600	300	16	200	150	80	190	8	10	10	1500	800	40	10	o.test	15	2	1	1000	20	1000	70	120	180	350	200	140	2	240	360	10				
p.round taper groot	1090	80	960	1020	400	16	170	210	80	240	10	10	10	1500	1000	10	10	p.round taper groot	15	15	13	1000	20	1000	90	180	220	350	300	210	3	390	2	10	2500			
q.right wing	1030	140	500	600	300	356	170	150	80	100	8	360	360	1500	800	40	10	q.right wing	360	360	1	1000	20	1000	70	120	180	350	200	140	2	240	360	10	2500			
r.negative sweep	1030	140	500	600	300	346	170	150	80	100	8	360	360	1500	800	40	10	r.negative sweep	360	360	1	1000	20	1000	70	120	180	350	200	140	2	240	360	10	2500			
s.10 sweep	1030	140	500	600	300	10	170	150	80	100	8	360	360	1500	800	40	10	s.10 sweep	360	360	1	1000	20	1000	70	120	180	350	200	140	2	240	360	10	2500			
t.Eindontwerp	1100	100	1440	1460	500	16	120	200	50	240	10	10	10	1500	1000	10	10	p.round taper groot	15	15	13	1000	20	1000	90	180	220	350	300	210	3	390	2	10	2500			

8.8 DC-DC convertoren

Leverancier	Fabrikant	Productcode	Prijs(€)	Vermogen (W)	link	gewicht(g)	Opmerking
Farnell	Artesyn	AIF04ZPFC-01	230	1600	http://nl.farnell.com/artesyn-embedded-technologies/aif04zpf-02/psu-pfc-module-1600w/db/1643197	300	onduidelijk over het voeden met Dcspanning,
		AIF04ZPFC-02L	225	1600	http://nl.farnell.com/artesyn-embedded-technologies/aif04zpf-01/psu-pfc-module-1600w/db/1643196	300	
Elincom	Cosel	DSB700	245	700	http://www.cosel.co.jp/en/products/pdf/SFE_DBS.pdf	180	Japanse fabrikant
		CDS600	299	600-700	http://www.cosel.co.jp/en/products/pdf/SFE_CDS.pdf	200	japanse fabrikant
Sager electronics	Cosel	DSB700	\$280	700	http://www.powergatellc.com/cosel-dbs700-dc-dc-converter.html	180	
		CDS600	\$340	600-700	http://www.powergatellc.com/cosel-cds600-dc-dc-converter.html	200	
Conrad.nl	Meanwell	SD-1000	350	1000	http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/1200000-1299999/001292673-da-01-en-DC_DC_CONV_72_144V_12V_60A_720W.pdf	1900	evt. case verwijderen om gewicht te besparen
					https://www.conrad.nl/nl/meanwell-sd-1000h-12-1292673.html?WT.mc_id=gsshop&gclid=CLGYio...ysUCFSbkwgodkFEAdg&WT.srch=1		

8.9 Rekentabel gewichtsverdeling(400V)

Weight (kg)	cable (m)	TWS Kn	TWS m/s	Eff. Wing req. (m2)	Eff. Wing+motors req. (m2)+	Mean Aerodynami c Chord(m) with a ...				Req. Root chord with 0.5 m tip chord with a ... Wingspan						Cable weight(kg) with Voltage(V) (5%V drop) kg(400V)	Cable weight(kg) with Voltage(V) (10%V drop) kg(400V)	Structure (0.7*2 kg/m2 +1) kg	Mechatronics (0.2*aantal converters+0.6) kg	payload (5% Vdrop) kg	payload (10% Vdrop) kg
						wingspan(m)															
						2	2	3	3	1.5	2	2.5	3	3.5	4						
4	50	13	6.7	1.356	1.996	###	###	###	2.16	1.50	1.10	0.83	0.64	0.50	0.889	0.889	2.898	1.2	-0.987	-0.987	
4	50	14	7.2	1.169	1.809	###	###	###	1.91	1.31	0.95	0.71	0.53	0.40	0.889	0.889	2.636	1.2	-0.725	-0.725	
4	50	15	7.7	1.018	1.658	###	###	###	1.71	1.16	0.83	0.61	0.45	0.33	0.889	0.889	2.425	1.2	-0.514	-0.514	
4	50	16	8.2	0.895	1.535	###	###	###	1.55	1.05	0.73	0.52	0.38	0.27	0.889	0.889	2.253	1.2	-0.342	-0.342	
4	50	17	8.8	0.793	1.433	###	###	###	1.41	0.93	0.65	0.46	0.32	0.22	0.889	0.889	2.110	1.2	-0.199	-0.199	
4	50	18	9.3	0.707	1.347	###	###	###	1.30	0.85	0.58	0.40	0.27	0.17	0.889	0.889	1.990	1.2	-0.079	-0.079	
5	50	13	6.7	1.694	2.334	###	###	###	2.61	1.83	1.37	1.06	0.83	0.67	0.889	0.889	3.372	1.2	-0.461	-0.461	
5	50	14	7.2	1.461	2.101	###	###	###	2.30	1.60	1.18	0.90	0.70	0.55	0.889	0.889	3.045	1.2	-0.134	-0.134	
5	50	15	7.7	1.273	1.913	###	###	###	2.05	1.41	1.03	0.78	0.59	0.46	0.889	0.889	2.782	1.2	0.129	0.129	
5	50	16	8.2	1.119	1.759	###	###	###	1.84	1.26	0.91	0.67	0.50	0.38	0.889	0.889	2.566	1.2	0.345	0.345	
5	50	17	8.8	0.991	1.631	###	###	###	1.67	1.13	0.80	0.59	0.43	0.32	0.889	0.889	2.387	1.2	0.524	0.524	
5	50	18	9.3	0.884	1.524	###	###	###	1.53	1.02	0.72	0.52	0.37	0.26	0.889	0.889	2.237	1.2	0.674	0.674	
6	50	13	6.7	2.033	2.673	###	###	###	3.06	2.17	1.64	1.28	1.03	0.84	1.3335	0.889	3.847	1.4	-0.580	-0.136	
6	50	14	7.2	1.753	2.393	###	###	###	2.69	1.89	1.41	1.10	0.87	0.70	1.3335	0.889	3.455	1.4	-0.188	0.256	
6	50	15	7.7	1.527	2.167	###	###	###	2.39	1.67	1.23	0.94	0.74	0.58	1.3335	0.889	3.138	1.4	0.128	0.573	
6	50	16	8.2	1.342	1.982	###	###	###	2.14	1.48	1.09	0.82	0.63	0.49	1.3335	0.889	2.879	1.4	0.387	0.832	
6	50	17	8.8	1.189	1.829	###	###	###	1.94	1.33	0.96	0.72	0.55	0.41	1.3335	0.889	2.665	1.4	0.602	1.046	
6	50	18	9.3	1.061	1.701	###	###	###	1.77	1.20	0.86	0.63	0.47	0.35	1.3335	0.889	2.485	1.4	0.782	1.226	
7	50	13	6.7	2.372	3.012	###	###	###	3.52	2.51	1.91	1.51	1.22	1.01	1.3335	0.889	4.321	1.4	-0.055	0.390	
7	50	14	7.2	2.045	2.685	###	###	###	3.08	2.19	1.65	1.29	1.03	0.84	1.3335	0.889	3.864	1.4	0.403	0.847	
7	50	15	7.7	1.782	2.422	###	###	###	2.73	1.92	1.44	1.11	0.88	0.71	1.3335	0.889	3.495	1.4	0.772	1.216	
7	50	16	8.2	1.566	2.206	###	###	###	2.44	1.71	1.26	0.97	0.76	0.60	1.3335	0.889	3.193	1.4	1.074	1.518	
7	50	17	8.8	1.387	2.027	###	###	###	2.20	1.53	1.12	0.85	0.66	0.51	1.3335	0.889	2.942	1.4	1.324	1.769	
7	50	18	9.3	1.237	1.877	###	###	###	2.00	1.38	1.00	0.75	0.57	0.44	1.3335	0.889	2.732	1.4	1.534	1.979	
8	50	13	6.7	2.711	3.351	###	###	###	3.97	2.85	2.18	1.73	1.41	1.18	1.3335	0.889	4.796	1.6	0.271	0.715	
8	50	14	7.2	2.338	2.978	###	###	###	3.47	2.48	1.88	1.49	1.20	0.99	1.3335	0.889	4.273	1.6	0.794	1.238	
8	50	15	7.7	2.036	2.676	###	###	###	3.07	2.18	1.64	1.28	1.03	0.84	1.3335	0.889	3.851	1.6	1.216	1.660	
8	50	16	8.2	1.790	2.430	###	###	###	2.74	1.93	1.44	1.12	0.89	0.71	1.3335	0.889	3.506	1.6	1.561	2.005	
8	50	17	8.8	1.585	2.225	###	###	###	2.47	1.73	1.28	0.98	0.77	0.61	1.3335	0.889	3.220	1.6	1.847	2.291	
8	50	18	9.3	1.414	2.054	###	###	###	2.24	1.55	1.14	0.87	0.67	0.53	1.3335	0.889	2.980	1.6	2.087	2.531	
9	50	13	6.7	3.050	3.690	###	###	###	4.42	3.19	2.45	1.96	1.61	1.35	1.778	0.889	5.270	1.8	0.152	1.041	
9	50	14	7.2	2.630	3.270	###	###	###	3.86	2.77	2.12	1.68	1.37	1.13	1.778	0.889	4.682	1.8	0.740	1.629	
9	50	15	7.7	2.291	2.931	###	###	###	3.41	2.43	1.84	1.45	1.17	0.97	1.778	0.889	4.207	1.8	1.215	2.104	
9	50	16	8.2	2.014	2.654	###	###	###	3.04	2.15	1.62	1.27	1.02	0.83	1.778	0.889	3.819	1.8	1.603	2.482	
9	50	17	8.8	1.784	2.424	###	###	###	2.73	1.92	1.44	1.12	0.88	0.71	1.778	0.889	3.497	1.8	1.925	2.814	
9	50	18	9.3	1.591	2.231	###	###	###	2.47	1.73	1.28	0.99	0.77	0.62	1.778	0.889	3.227	1.8	2.195	3.084	
10	50	13	6.7	3.389	4.029	###	###	###	4.87	3.53	2.72	2.19	1.80	1.51	1.778	0.889	5.745	1.8	0.677	1.566	
10	50	14	7.2	2.922	3.562	###	###	###	4.25	3.06	2.35	1.87	1.54	1.28	1.778	0.889	5.091	1.8	1.331	2.220	
10	50	15	7.7	2.545	3.185	###	###	###	3.75	2.69	2.05	1.62	1.32	1.09	1.778	0.889	4.564	1.8	1.858	2.747	
10	50	16	8.2	2.237	2.877	###	###	###	3.34	2.38	1.80	1.42	1.14	0.94	1.778	0.889	4.132	1.8	2.290	3.179	
10	50	17	8.8	1.982	2.622	###	###	###	3.00	2.12	1.60	1.25	1.00	0.81	1.778	0.889	3.775	1.8	2.647	3.536	
10	50	18	9.3	1.768	2.408	###	###	###	2.71	1.91	1.43	1.11	0.88	0.70	1.778	0.889	3.475	1.8	2.947	3.836	

8.10 Rekening gewichtsverdeling(300V)

input				benodigde oppervlakte		wingshape										Massa verdeling					
Weight (kg)	cable (m)	TWS Km	TWS m/s	Eff. Wing req. (m2)	Eff. Wing+ e ff. Wing+ 4*Droter2	Mean Aerodynamic Chord(m)				Req. Root chord with 0.5 m tip chord with a ... Wingspan				Cable weight(kg) with Voltage(V) (5%Vdrop) kg(300V)	Cable weight(kg) with Voltage(V) (10%Vdrop) kg(300V)	Structure (1.1kg/m2) kg	Mechatronica (0.2*saantal converters+0.6) kg	payload (5% Vdrop) kg	payload (10% Vdrop) kg		
						1.5	2	2.5	3	1.5	2	2.5	3							3.5	4
4	50	13	6.7	1.356	1.996	###	###	###	###	2.16	1.50	1.10	0.83	0.64	0.50	1.3335	0.889	2.898	1.2	-1.431	-0.987
4	50	14	7.2	1.169	1.809	###	###	###	###	1.91	1.31	0.95	0.71	0.53	0.40	1.3335	0.889	2.636	1.2	-1.170	-0.725
4	50	15	7.7	1.018	1.658	###	###	###	###	1.71	1.16	0.83	0.61	0.45	0.33	1.3335	0.889	2.425	1.2	-0.959	-0.514
4	50	16	8.2	0.895	1.535	###	###	###	###	1.55	1.03	0.73	0.52	0.38	0.27	1.3335	0.889	2.253	1.2	-0.786	-0.342
4	50	17	8.8	0.793	1.433	###	###	###	###	1.41	0.93	0.65	0.46	0.32	0.22	1.3335	0.889	2.110	1.2	-0.643	-0.199
4	50	18	9.3	0.707	1.347	###	###	###	###	1.30	0.85	0.58	0.40	0.27	0.17	1.3335	0.889	1.990	1.2	-0.523	-0.079
5	50	13	6.7	1.694	2.334	###	###	###	###	2.61	1.83	1.37	1.06	0.83	0.67	1.778	0.889	3.372	1.2	-1.350	-0.461
5	50	14	7.2	1.461	2.101	###	###	###	###	2.30	1.60	1.18	0.90	0.70	0.55	1.778	0.889	3.045	1.2	-1.023	-0.134
5	50	15	7.7	1.273	1.913	###	###	###	###	2.05	1.41	1.05	0.78	0.59	0.46	1.778	0.889	2.782	1.2	-0.760	0.129
5	50	16	8.2	1.119	1.759	###	###	###	###	1.84	1.26	0.91	0.67	0.50	0.38	1.778	0.889	2.566	1.2	-0.544	0.345
5	50	17	8.8	0.991	1.631	###	###	###	###	1.67	1.13	0.80	0.59	0.43	0.32	1.778	0.889	2.387	1.2	-0.365	0.524
5	50	18	9.3	0.884	1.524	###	###	###	###	1.53	1.02	0.72	0.52	0.37	0.26	1.778	0.889	2.237	1.2	-0.215	0.674
6	50	13	6.7	2.033	2.673	###	###	###	###	3.06	2.17	1.64	1.28	1.03	0.84	1.778	0.889	3.847	1.4	-1.025	-0.136
6	50	14	7.2	1.753	2.393	###	###	###	###	2.69	1.89	1.41	1.10	0.87	0.70	1.778	0.889	3.455	1.4	-0.633	0.256
6	50	15	7.7	1.527	2.167	###	###	###	###	2.39	1.67	1.23	0.94	0.74	0.58	1.778	0.889	3.138	1.4	-0.316	0.573
6	50	16	8.2	1.342	1.982	###	###	###	###	2.14	1.48	1.09	0.82	0.63	0.49	1.778	0.889	2.879	1.4	-0.057	0.832
6	50	17	8.8	1.189	1.829	###	###	###	###	1.94	1.33	0.96	0.72	0.55	0.41	1.778	0.889	2.665	1.4	0.157	1.046
6	50	18	9.3	1.061	1.701	###	###	###	###	1.77	1.20	0.86	0.63	0.47	0.35	1.778	0.889	2.485	1.4	0.337	1.226
7	50	13	6.7	2.372	3.012	###	###	###	###	3.52	2.51	1.91	1.51	1.22	1.01	2.2225	1.3335	4.321	1.4	-0.944	-0.055
7	50	14	7.2	2.045	2.685	###	###	###	###	3.08	2.19	1.65	1.29	1.03	0.84	2.2225	1.3335	3.864	1.4	-0.486	0.403
7	50	15	7.7	1.782	2.422	###	###	###	###	2.73	1.92	1.44	1.11	0.88	0.71	2.2225	1.3335	3.495	1.4	-0.117	0.772
7	50	16	8.2	1.566	2.206	###	###	###	###	2.44	1.71	1.26	0.97	0.76	0.60	2.2225	1.3335	3.193	1.4	0.185	1.074
7	50	17	8.8	1.387	2.027	###	###	###	###	2.20	1.53	1.12	0.85	0.66	0.51	2.2225	1.3335	2.942	1.4	0.435	1.324
7	50	18	9.3	1.237	1.877	###	###	###	###	2.00	1.38	1.00	0.75	0.57	0.44	2.2225	1.3335	2.732	1.4	0.645	1.534
8	50	13	6.7	2.711	3.351	###	###	###	###	3.97	2.85	2.18	1.73	1.41	1.18	2.2225	1.3335	4.796	1.6	-0.618	0.271
8	50	14	7.2	2.338	2.978	###	###	###	###	3.47	2.48	1.88	1.49	1.20	0.99	2.2225	1.3335	4.273	1.6	-0.095	0.794
8	50	15	7.7	2.036	2.676	###	###	###	###	3.07	2.18	1.64	1.28	1.03	0.84	2.2225	1.3335	3.851	1.6	0.327	1.216
8	50	16	8.2	1.790	2.430	###	###	###	###	2.74	1.93	1.44	1.12	0.89	0.71	2.2225	1.3335	3.506	1.6	0.672	1.561
8	50	17	8.8	1.585	2.225	###	###	###	###	2.47	1.73	1.28	0.98	0.77	0.61	2.2225	1.3335	3.220	1.6	0.958	1.847
8	50	18	9.3	1.414	2.054	###	###	###	###	2.24	1.55	1.14	0.87	0.67	0.53	2.2225	1.3335	2.980	1.6	1.198	2.087
9	50	13	6.7	3.050	3.690	###	###	###	###	4.42	3.19	2.45	1.96	1.61	1.35	2.667	1.3335	5.270	1.8	-0.737	0.596
9	50	14	7.2	2.630	3.270	###	###	###	###	3.86	2.77	2.12	1.68	1.37	1.13	2.667	1.3335	4.682	1.8	-0.149	1.185
9	50	15	7.7	2.291	2.931	###	###	###	###	3.41	2.43	1.84	1.45	1.17	0.97	2.667	1.3335	4.207	1.8	0.326	1.659
9	50	16	8.2	2.014	2.654	###	###	###	###	3.04	2.15	1.62	1.27	1.02	0.83	2.667	1.3335	3.819	1.8	0.714	2.048
9	50	17	8.8	1.784	2.424	###	###	###	###	2.73	1.92	1.44	1.12	0.88	0.71	2.667	1.3335	3.497	1.8	1.036	2.369
9	50	18	9.3	1.591	2.231	###	###	###	###	2.47	1.73	1.28	0.99	0.77	0.62	2.667	1.3335	3.227	1.8	1.306	2.639
10	50	13	6.7	3.389	4.029	###	###	###	###	4.87	3.53	2.72	2.19	1.80	1.51	3.1115	1.778	5.745	1.8	-0.656	0.677
10	50	14	7.2	2.922	3.562	###	###	###	###	4.25	3.06	2.35	1.87	1.54	1.28	3.1115	1.778	5.091	1.8	-0.002	1.331
10	50	15	7.7	2.545	3.185	###	###	###	###	3.75	2.69	2.05	1.62	1.32	1.09	3.1115	1.778	4.564	1.8	0.525	1.858
10	50	16	8.2	2.237	2.877	###	###	###	###	3.34	2.38	1.80	1.42	1.14	0.94	3.1115	1.778	4.132	1.8	0.956	2.290
10	50	17	8.8	1.982	2.622	###	###	###	###	3.00	2.12	1.60	1.25	1.00	0.81	3.1115	1.778	3.775	1.8	1.314	2.647
10	50	18	9.3	1.768	2.408	###	###	###	###	2.71	1.91	1.43	1.11	0.88	0.70	3.1115	1.778	3.237	1.8	2.851	4.185

8.11 rekentabel gewichtverdeling (240V)

input				benodigde oppervlak		wingshape								Cable weight(kg) with Voltage(V)		Cable weight(kg) with Voltage(V)		Massa verdeling	Mechatronica	payload	
Weight (kg)	cable (m)	TWS Kn	TWS m/s	Eff. Wing req. (m2)	req. Wing eff. Wing + 4*Drator2	Mean Aerodynamic Chord(m)	1.5	2	2.5	3	Req. Root chord with 0.5 m tipchord with a Wing	1.5	2	2.5	3	Cable weight(kg) with Voltage(V) (5%Vdrop) kg(240V)	Cable weight(kg) with Voltage(V) (10%Vdrop) kg(240V)	Structure (1.1 kg/m2) kg	Mechatronica (0.2* aantal converters+0.4) kg	payload (5% Vdrop) kg	payload (10% Vdrop) kg
4	50	13	6.7	1.364	1.882	###	###	###	###	###	2.01	1.38	1.01	0.41		1.778	0.889	2.910	1	-1.688	-0.799
4	50	14	7.2	1.176	1.695	###	###	###	###	###	1.76	1.19	0.86	0.28		1.778	0.889	2.647	1	-1.425	-0.536
4	50	15	7.7	1.025	1.543	###	###	###	###	###	1.56	1.04	0.73	0.18		1.778	0.889	2.434	1	-1.212	-0.323
4	50	16	8.2	0.900	1.419	###	###	###	###	###	1.39	0.92	0.64	0.10		1.778	0.889	2.261	1	-1.039	-0.150
4	50	17	8.8	0.798	1.316	###	###	###	###	###	1.25	0.82	0.55	0.03		1.778	0.889	2.117	1	-0.895	-0.006
4	50	18	9.3	0.711	1.230	###	###	###	###	###	1.14	0.73	0.48	-0.03		1.778	0.889	1.996	1	-0.774	0.115
5	50	13	6.7	1.705	2.223	###	###	###	###	###	2.46	1.72	1.28	0.64		2.223	1.112	3.387	1	-1.610	-0.721
5	50	14	7.2	1.470	1.989	###	###	###	###	###	2.15	1.49	1.09	0.48		2.223	1.112	3.058	1	-1.281	-0.392
5	50	15	7.7	1.281	1.799	###	###	###	###	###	1.90	1.30	0.94	0.35		2.223	1.112	2.793	1	-1.015	-0.126
5	50	16	8.2	1.126	1.644	###	###	###	###	###	1.69	1.14	0.82	0.25		2.223	1.112	2.576	1	-0.798	0.091
5	50	17	8.8	0.997	1.515	###	###	###	###	###	1.52	1.02	0.71	0.16		2.223	1.112	2.396	1	-0.618	0.271
5	50	18	9.3	0.889	1.408	###	###	###	###	###	1.38	0.91	0.63	0.09		2.223	1.112	2.245	1	-0.468	0.421
6	50	13	6.7	2.046	2.564	###	###	###	###	###	2.92	2.06	1.55	0.86		2.667	1.334	3.864	1.2	-1.731	-0.398
6	50	14	7.2	1.764	2.283	###	###	###	###	###	2.54	1.78	1.33	0.68		2.667	1.334	3.470	1.2	-1.337	-0.003
6	50	15	7.7	1.537	2.055	###	###	###	###	###	2.24	1.56	1.14	0.52		2.667	1.334	3.151	1.2	-1.018	0.315
6	50	16	8.2	1.351	1.869	###	###	###	###	###	1.99	1.37	1.00	0.40		2.667	1.334	2.891	1.2	-0.758	0.576
6	50	17	8.8	1.196	1.715	###	###	###	###	###	1.79	1.21	0.87	0.30		2.667	1.334	2.675	1.2	-0.542	0.791
6	50	18	9.3	1.067	1.586	###	###	###	###	###	1.61	1.09	0.77	0.21		2.667	1.334	2.494	1.2	-0.361	0.972
7	50	13	6.7	2.387	2.905	###	###	###	###	###	3.37	2.41	1.82	1.09		3.112	1.778	4.342	1.2	-1.653	-0.320
7	50	14	7.2	2.058	2.577	###	###	###	###	###	2.94	2.08	1.56	0.87		3.112	1.778	3.881	1.2	-1.193	0.141
7	50	15	7.7	1.793	2.311	###	###	###	###	###	2.58	1.81	1.35	0.70		3.112	1.778	3.510	1.2	-0.822	0.512
7	50	16	8.2	1.576	2.094	###	###	###	###	###	2.29	1.59	1.18	0.55		3.112	1.778	3.206	1.2	-0.518	0.816
7	50	17	8.8	1.396	1.914	###	###	###	###	###	2.05	1.41	1.03	0.43		3.112	1.778	2.954	1.2	-0.266	1.068
7	50	18	9.3	1.245	1.763	###	###	###	###	###	1.85	1.26	0.91	0.33		3.112	1.778	2.743	1.2	-0.055	1.279
8	50	13	6.7	2.728	3.246	###	###	###	###	###	3.83	2.75	2.10	1.32		3.556	1.778	4.819	1.4	-1.775	0.003
8	50	14	7.2	2.352	2.871	###	###	###	###	###	3.33	2.37	1.80	1.07		3.556	1.778	4.293	1.4	-1.249	0.529
8	50	15	7.7	2.049	2.567	###	###	###	###	###	2.92	2.07	1.55	0.87		3.556	1.778	3.869	1.4	-0.825	0.953
8	50	16	8.2	1.801	2.319	###	###	###	###	###	2.59	1.82	1.36	0.70		3.556	1.778	3.521	1.4	-0.477	1.301
8	50	17	8.8	1.595	2.114	###	###	###	###	###	2.32	1.61	1.19	0.56		3.556	1.778	3.233	1.4	-0.189	1.589
8	50	18	9.3	1.423	1.941	###	###	###	###	###	2.09	1.44	1.05	0.45		3.556	1.778	2.992	1.4	0.052	1.830
9	50	13	6.7	3.069	3.587	###	###	###	###	###	4.28	3.09	2.37	1.55		4.001	2.223	5.297	1.6	-1.897	-0.119
9	50	14	7.2	2.646	3.165	###	###	###	###	###	3.72	2.66	2.03	1.26		4.001	2.223	4.705	1.6	-1.305	0.473
9	50	15	7.7	2.305	2.824	###	###	###	###	###	3.26	2.32	1.76	1.04		4.001	2.223	4.227	1.6	-0.828	0.950
9	50	16	8.2	2.026	2.544	###	###	###	###	###	2.89	2.04	1.54	0.85		4.001	2.223	3.836	1.6	-0.437	1.341
9	50	17	8.8	1.795	2.313	###	###	###	###	###	2.59	1.81	1.35	0.70		4.001	2.223	3.513	1.6	-0.113	1.665
9	50	18	9.3	1.601	2.119	###	###	###	###	###	2.33	1.62	1.20	0.57		4.001	2.223	3.241	1.6	0.158	1.936
10	50	13	6.7	3.410	3.928	###	###	###	###	###	4.74	3.43	2.64	1.77		4.445	2.223	5.774	1.6	-1.819	0.403
10	50	14	7.2	2.940	3.459	###	###	###	###	###	4.11	2.96	2.27	1.46		4.445	2.223	5.116	1.6	-1.161	1.061
10	50	15	7.7	2.561	3.080	###	###	###	###	###	3.61	2.58	1.96	1.21		4.445	2.223	4.586	1.6	-0.631	1.592
10	50	16	8.2	2.251	2.770	###	###	###	###	###	3.19	2.27	1.72	1.00		4.445	2.223	4.152	1.6	-0.197	2.026
10	50	17	8.8	1.994	2.512	###	###	###	###	###	2.85	2.01	1.51	0.83		4.445	2.223	3.792	1.6	0.163	2.386
10	50	18	9.3	1.779	2.297	###	###	###	###	###	2.56	1.80	1.34	0.69		4.445	2.223	3.490	1.6	0.465	2.687