



Bijlage 2 deel 1: Luchtfotografie 2023-2026

Zuid-Limburgse gemeenten
28 september 2022
Documentnummer
Versie 2.01ZL

Versiebeheer

Versie	Datum	Auteur	Wijziging	Gecontroleerd
1.0	22 nov 2021	Bob Valten	Eerste template versie	Martin Kodde
1.1	14 jan 2022	Bob Valten	Tekstuele correctie	Bob Valten
1.2	10 feb 2022	Bob Valten	Tekstuele correctie	Bob Valten
1.3	1 jul 2022	Bob Valten	Aanpassingen in H10, H11 en H12	Niels Treffers
2.0	23 aug 2022	Bob Valten	Aanpassingen door gehele document	Niels Treffers
2.01	6 sept 2022	Bob Valten	Kleine tekstuele correcties	Niels Treffers
2.01ZL	22 sept 2022	Bob Valten	Aanpassingen t.b.v. Programma van Eisen samenwerkende gemeenten Zuid Limburg	Niels Treffers

Inhoudsopgave

Versiebeheer	2
Inhoudsopgave.....	3
1 Inleiding	5
1.1 Begrippen en notaties in dit Programma van Eisen	5
1.2 Leeswijzer	6
2 Doel van het project	7
3 Referentiestelsel, bestandsformaten en levering	8
3.1 Referentiestelsel.....	8
3.2 Bestandsformaten van de leveringen	9
3.3 Mappenstructuur en levering.....	9
3.4 Eigendom en gebruiksrecht.....	11
4 Projectgebied.....	12
5 Vliegplan	14
5.1 Eisen aan het vliegplan	14
5.2 Op te leveren producten	15
6 Paspunten.....	16
6.1 Eisen aan de verdeling van de paspunten	16
6.2 Eisen aan de plaatsing en markering van de paspunten	16
6.3 Eisen aan de coördinaten van de paspunten	16
6.4 Op te leveren producten	17
7 Fotovlucht.....	18
7.1 Eisen aan de luchtfotocamera's	18
7.1.1 Specifieke eisen aan de verticale luchtfotocamera.....	18
7.1.2 Specifieke eisen aan de oblieke luchtfotocamera's	18
7.2 Eisen aan de inwinning van de luchtfoto's.....	18
7.2.1 Specifieke eisen aan de inwinning van de verticale luchtfoto's.....	19
7.3 Op te leveren producten	20
8 Luchtfoto's.....	22
8.1 Eisen aan de luchtfoto's	22
8.1.1 Specifieke eisen aan de verticale luchtfoto's	22
8.1.2 Specifieke eisen aan de oblieke luchtfoto's	22
8.2 Op te leveren producten	22

9	Vereffening verticale luchtfoto's.....	23
9.1	Eisen aan de aerotriangulatie van de verticale beelden	23
9.2	Eisen aan de vereffening van de verticale luchtfoto's	23
9.3	Op te leveren producten	24
10	Positionering oblieke luchtfoto's.....	25
10.1	Eisen aan de positionering van de oblieke luchtfoto's.....	25
10.2	Op te leveren producten	25
11	Orthofotomozaïeken	26
11.1	Eisen aan het orthofotomozaïek	26
11.2	Op te leveren producten	26
12	Webviewer	28
12.1	Eisen aan de viewer van de luchtfoto's.....	28
12.2	Op te leveren producten	28
	Appendix A: BM5-Leveringsformaat.....	29

1 Inleiding

Het voorliggende document is het Programma van Eisen voor de inwinning van luchtfoto's in het kader van het aan te besteden project Beeldmateriaal 2023-2026 Zuid-Limburgse gemeenten. Het project betreft de opname, verwerking en levering van luchtfoto's voor de in Hoofdstuk 4 genoemde gemeenten. Dit Programma van Eisen bevat de technische specificaties en uitvoeringseisen die aan het project worden gesteld. Indien u offerte doet voor het project gaat u onherroepelijk akkoord met de eisen beschreven in dit Programma van Eisen. Het niet (kunnen) voldoen aan alle eisen uit dit Programma van Eisen leidt automatisch tot uitsluiting van de aanbestedingsprocedure. De samenwerkende Zuid-Limburgse gemeenten worden bij deze aanbesteding vertegenwoordigd door:

Naam: M. Linssen
Functie: Adviseur Inkoop en Aanbestedingen
e-mail: m.w.linssen@heerlen.nl
Telefoonnummer: 045 - 560 41 69

De samenwerkende Zuid-Limburgse gemeenten zullen tijdens de uitvoering van het project de leveringen (laten) toetsen tegen de eisen van dit Programma van Eisen.

1.1 Begrippen en notaties in dit Programma van Eisen

In dit Programma van Eisen worden de volgende begrippen gebruikt:

1. *Opdrachtgever*
De aanbestedende partij: De gemeente Heerlen namens de samenwerkende Zuid-Limburgse gemeenten zoals genoemd in Hoofdstuk 4.
2. *Project*
Het in dit Programma van Eisen beschreven project.
3. *Programma van Eisen*
Het voorliggende document.
4. *Opdrachtnemer*
De partij die het project waar dit Programma van Eisen betrekking op heeft gegund krijgt.
5. *Verticale luchtfoto's*
Fotogrammetrische luchtfoto's, waarbij de hoek tussen de optische hoofdas van de camera en het aardoppervlak ongeveer 90 graden betreft (loodrecht).
6. *Oblieke luchtfoto's*
Fotogrammetrische luchtfoto's, waarbij de hoek tussen de optische hoofdas van de camera en het aardoppervlak rond 45 graden ligt.
7. *Luchtfoto's*
Verticale en oblieke luchtfoto's samen.
8. *Beeldmidden*
Het midden van een luchtfoto, geprojecteerd op maaiveldniveau.

9. *Footprint*

De begrenzing van een luchtfoto, geprojecteerd op maaiveldniveau.

10. *Fotogrammetrisch blok*

Een verzameling verticale luchtfoto's die als één geheel verwerkt wordt. Door omstandigheden kan het projectgebied in meerdere blokken moeten worden opgedeeld.

In dit Programma van Eisen worden de volgende notaties gebruikt:

1. ## : Wordt gebruikt in de bestandsbenaming en betreft een volgnummer van twee cijfers met *leading zero* voor getallen onder de tien.
2. YYYYMMDD : Wordt gebruikt in de bestandsbenaming en betreft jaar-maand-dag in cijfers. Als het betreffende bestand betrekking heeft op een periode van meerdere dagen wordt de eerste dag van deze periode gebruikt.
3. {Paspuntnaam} : Tekst tussen accolades wordt gebruikt in de bestandsbenaming en geeft aan dat niet de letterlijke tekst maar de betekenis van de tekst gebruikt moet worden in de bestandsbenaming.

1.2 Leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk behandelt dit Programma van Eisen achtereenvolgens de volgende zaken:

Hoofdstuk 2 : Beschrijving van de doelen die de opdrachtnemer met het project nastreeft.

Hoofdstuk 3: Algemene eisen met betrekking tot het referentiestelsel, de formaten en de levering.

Hoofdstuk 4 : Beschrijving van het projectgebied.

Hoofdstuk 5 - 6 : Eisen aan het vlieg- en paspuntenplan.

Hoofdstuk 7- 8 : Eisen aan de luchtfoto's.

Hoofdstuk 9 : Eisen aan de vereffening van de luchtfoto's.

Hoofdstuk 10 : Eisen aan de positionering van de oblieke luchtfoto's.

Hoofdstuk 11: Eisen aan de orthofotomozaïeken.

Hoofdstuk 12: Eisen aan de viewer.

2 Doel van het project

De opdrachtgever wil luchtfoto's verkrijgen voor gebruik bij de volgende toepassingen:

1. Het bijhouden van de topografie in de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT).
2. Het bijhouden van de topografie in de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG).
3. Het creëren van een ingekleurde fotorealistische 3D-mesh. De 3D-mesh moet ingekleurd kunnen worden met de informatie uit de luchtfotografie.
4. Het creëren van een puntenwolk uit de luchtfotografie.
5. Het gebruik als referentiebestand/achtergrond in geografische informatie systemen.

De te leveren producten moeten van een dusdanige kwaliteit zijn dat zij ingezet kunnen worden voor de hierboven gegeven toepassingen.

3 Referentiestelsel, bestandsformaten en levering

3.1 Referentiestelsel

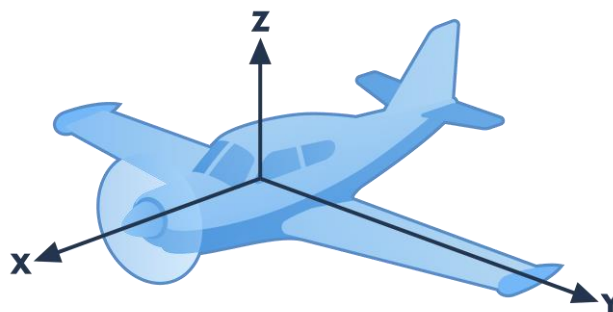
Alle geleverde data moeten aan de volgende randvoorwaarden met betrekking tot het referentiestelsel voldoen:

1. Alle coördinaten moeten in RD en NAP gegeven worden (EPSG-code 28992 en 5709) tenzij anders is aangegeven.
2. ESRI Shape-bestanden met geografische informatie moeten in RD en NAP gegeven worden (EPSG-code 28992 en 5709) tenzij anders is aangegeven.
3. Transformaties van coördinaten in het ETRS89-stelsel naar RD en NAP moeten gebruik maken van RDNAPTRANS2018.
4. De eenheid voor terreincoördinaten is meter. De eenheid voor fotocoördinaten is millimeter of microns.
5. Tabel 1 geeft de relaties weer tussen de in dit document gebruikte hoeken omega, phi en kappa voor het beschrijven van de stand van de camera en de hoeken roll, pitch en yaw voor het beschrijven van de stand van het vliegtuig.

Hoek	Fotocoördinatenstelsel	In luchtvaart gebruikte hoek
ω (omega)	x-as (vliegrichting)	Roll
ϕ (phi)	y-as (richting linker vleugel)	Pitch
κ (kappa)	z-as (omhoog)	Yaw

Tabel 1: Omega, phi en kappa.

De hoeken omega, phi en kappa worden uitgedrukt in het 360-gradenstelsel.



Figuur 1: Fotocoördinatenstelsel.

3.2 Bestandsformaten van de leveringen

Bij het leveren van bestanden moet ten aanzien van de bestandsformaten rekening gehouden worden met het volgende:

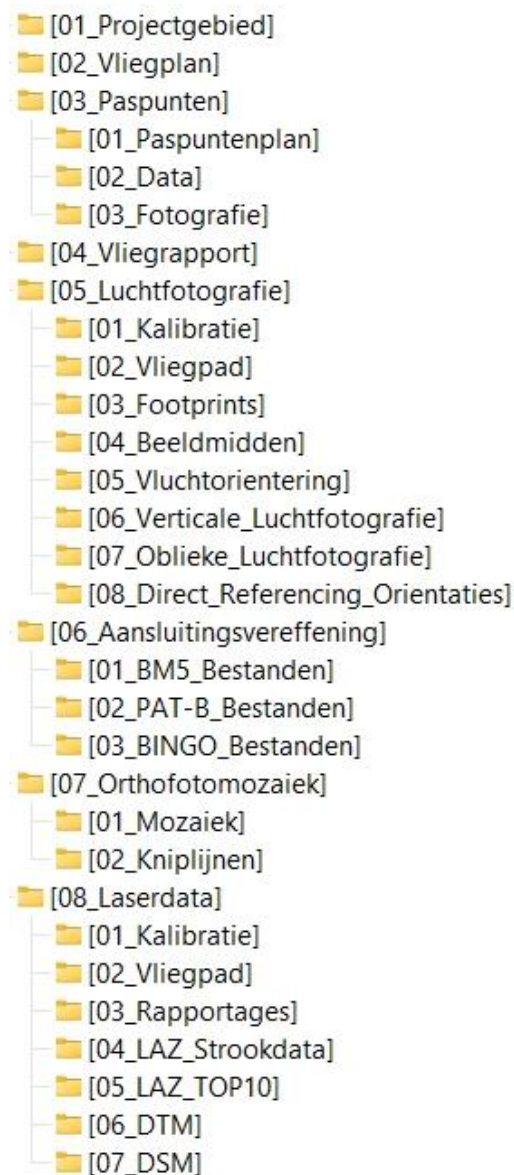
1. Bestanden met de extensie *.pdf betreffen rapportages die in Adobe PDF-formaat geleverd moeten worden.
2. Bestanden met de extensie *.shp betreffen geografische overzichten die in ESRI shapeformaat geleverd moeten worden.
3. Bestanden met de extensie *.jpg betreffen afbeeldingen die in jpeg-formaat geleverd moeten worden.
4. Bestanden met de extensie *.txt betreffen tekstdocumenten die in ASCII tekstformaat geleverd moeten worden.
5. Luchtfoto's, zowel verticale als oblieke, worden in TIFF-formaat geleverd met de extensie *.tif. De *.tif-bestanden mogen alleen een *loss/less* compressie hebben en moeten direct leesbaar zijn.
6. Orthofotomozaïeken en eventuele orthofotomozaïektegels worden in ECW-formaat geleverd met de extensie *.ecw. De doelwaarde voor de compressiefactor mag maximaal 10 zijn.
7. Laserdata worden geleverd in LAZ-formaat met de extensie *.laz (gebaseerd op LAS 1.4).
8. Rasterbestanden worden geleverd in GeoTIFF-formaat met de extensie *.tif.

3.3 Mappenstructuur en levering

Leveringen moeten als volgt plaatsvinden:

1. Ruim voor aanvang fotovlucht: Vliegplan (H5)
 - Levering per e-mail
2. Ruim voor het eventuele vastleggen van de paspunten: Paspuntenplan (H6)
 - Levering per e-mail
3. Kort na het eventuele vastleggen van de paspunten: Paspuntenrapport (H6)
 - Levering per e-mail
4. Eén werkdag na afronding fotovlucht: E-mail met bevestiging van afronding veldwerk (H7)
 - Levering per e-mail
5. Uiterlijk binnen 4 weken na afronding fotovlucht: Alle fotografie en bijbehorende documenten (H8, H9, H10 en H12).
 - Deze leveringen worden gesplitst per gemeente.
 - Producten die het gehele projectgebied betreffen worden aan iedere gemeente geleverd.
 - Levering op Microsoft Windows leesbare harddisk in tweevoud (origineel en een kopie). De harddisks worden eigendom van de afnemende gemeenten.
 - Oblieke beelden worden beschikbaar gemaakt in de webviewer.
6. Uiterlijk binnen 10 weken na afronding fotovlucht: Alle ortho-producten en bijbehorende documenten (H11).
 - Deze leveringen worden gesplitst per gemeente.
 - Producten die het gehele projectgebied betreffen worden aan iedere gemeente geleverd.
 - Levering op Microsoft Windows leesbare USB-sticks of harddisk in tweevoud (origineel en een kopie). De USB-sticks of harddisks worden eigendom van de afnemende gemeenten.

De mappenstructuur zoals gegeven in figuur 2. moet bij de leveringen worden gehanteerd. Een lege template van de mappenstructuur kan worden aangevraagd bij de opdrachtgever. De opdrachtnemer mag submappen aanmaken binnen de gegeven structuur indien dit verder verduidelijkt welke bestanden in welke map te vinden zijn.



Figuur 2: Mappenstructuur.

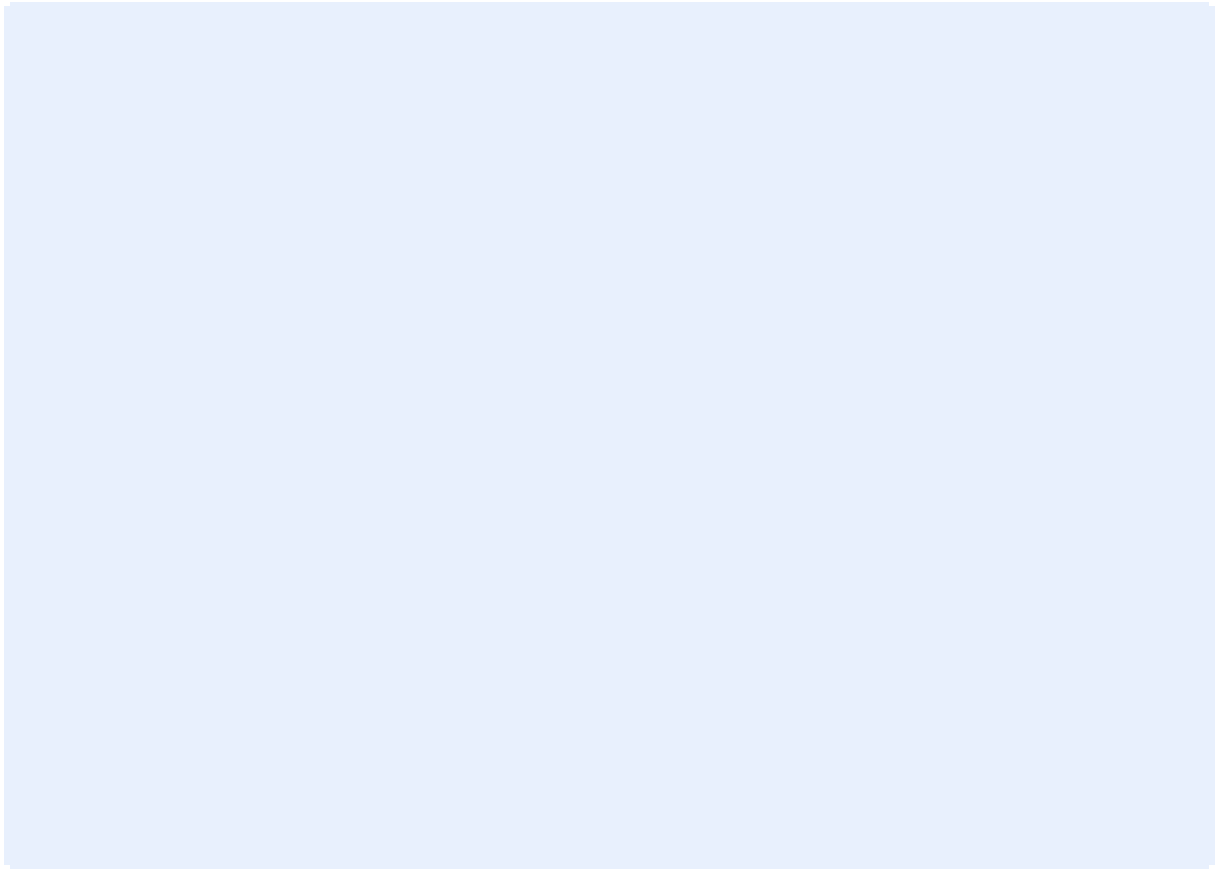
3.4 Eigendom en gebruiksrecht

Opdrachtgever streeft ernaar om het eigendom van de in het project te leveren producten te verkrijgen. Als alternatief kan de opdrachtnemer opdrachtgever een gebruiksrecht geven. Dit gebruiksrecht:

1. Heeft betrekking op alle in het project te leveren producten.
2. Is eeuwigdurend.
3. Geldt voor alle betrokken gemeenten.
4. Geldt voor het gebruik door de gemeenten bij de uitoefening van de wettelijk toegewezen dan wel nog toe te wijzen taken.
5. Geldt voor het gebruik door derden die de gemeente ondersteunen bij de uitoefening van de wettelijk toegewezen dan wel nog toe te wijzen taken.
6. Geldt voor alle bestaande en nieuwe bedrijfsprocessen.
7. Geldt voor alle publicaties van de deelnemende gemeenten.
8. Staat toe dat de deelnemende gemeenten de data beschikbaar kunnen stellen aan derden die in opdracht van de deelnemende gemeenten onderzoek uitvoeren.
9. Omvat de medewerking van de opdrachtnemer bij het eventuele ontsluiten van de data in webviewers anders dan die van de opdrachtnemer.

4 Projectgebied

De bijgevoegde bestanden Luchtfoto.shp en Obliiek.shp beschrijven het minimaal te bemeten projectgebied. Zie Tendered map 'Bijlage 2a Shapes contouren'.



Figuur 3: Projectgebied.

Het projectgebied beslaat het gebied van de deelnemende gemeenten:

- Beekdaelen
- Eijsden-Margraten
- Gulpen-Wittern
- Heerlen
- Kerkrade
- Landgraaf
- Maastricht
- Meerssen
- Simpelveld
- Sittard-Geleen
- Vaals
- Voerendaal

Het te bemeten gebied volgt niet exact de officiële burgerlijke gemeentegrenzen. Afwijkingen ten opzichte van gemeentegrenzen omvatten voor de verticale beelden:

- Het projectgebied is met 25 meter vergroot parallel aan de buitengrens van het projectgebied.
- De gemeente Heerlen wil een stuk bedrijventerrein (Avantis) op Duits grondgebied ook gefotografeerd hebben.
- De gemeente Kerkrade wil een stuk Duits grondgebied ook gefotografeerd hebben.
- De gemeente Maastricht wil een stuk Belgisch grondgebied en een deel Valkenburg ook gefotografeerd hebben.

Afwijkingen ten opzichte van gemeentegrenzen omvatten voor de oblieke beelden:

- Het projectgebied is met 25 meter vergroot parallel aan de buitengrens van het projectgebied.
- De gemeente Heerlen wil een stuk bedrijventerrein (Avantis) op Duits grondgebied ook gefotografeerd hebben.

Bovenstaande beschrijving van het projectgebied is ter informatie toegevoegd. De bestanden Luchtfoto.shp en Obliek.shp blijven leidend voor wat betreft het te bedekken projectgebied.

5 Vliegplan

5.1 Eisen aan het vliegplan

1. Het vliegplan moet zo worden opgesteld dat er tijdens de aerotriangulatie en vereffening één of meerdere fotogrammetrische blokken ontstaan waarmee aan alle in dit Programma van Eisen gegeven specificaties kan worden voldaan.
2. De vlieghoogte moet dusdanig gekozen worden dat is gegarandeerd dat aan de pixeleis uit Tabel 2 wordt voldaan.

Pixeleis verticale beelden
Ten minste 96% van alle pixels op maaiveldniveau is kleiner of gelijk aan 50 millimeter
Maximaal 1% van de pixels mag meer dan 4% groter zijn dan 50 millimeter
Pixeleis oblieke beelden
Voor ten minste 90% van alle beelden is de pixelgrootte van het beeldmidden op maaiveldniveau kleiner of gelijk aan 75 millimeter

Tabel 2: Eisen aan pixelgrootte fotobeelden.

3. Het gehele projectgebied moet stereoscopisch afgebeeld zijn op de in te winnen verticale luchtfoto's. Hierbij moet voldaan te zijn aan de volgende voorwaarden voor de langs- en dwarsoverlap:

	Dwarsoverlap	Langsoverlap
Minimale overlap	25%	75%
Gemiddelde overlap	30%	80%

Tabel 3: Eisen aan overlap verticale beelden.

4. Voor stereomodellen waarop alleen water is afgebeeld, geldt de voorwaarde van een volledige stereoscopische bedekking niet.
5. Een groep van aaneengesloten naast elkaar liggende stroken dient zoveel mogelijk op één dag te worden gefotografeerd.
6. De oblieke luchtfoto's worden ingewonnen door vier camera's die onderling ongeveer 90 graden verschillen in oriëntatie met als doel om ieder object in het terrein zo veel mogelijk van vier kanten te fotograferen.
7. De footprints van de oblieke luchtfoto's moeten op maaiveldhoogte per windrichting ieder punt in het gebied 2 keer dekken. De dekking wordt bepaald door zowel de overlappende foto's binnen een vliegstrook als ook de overlap van parallelle stroken.

5.2 Op te leveren producten

Voor wat betreft het vliegplan moeten de volgende producten geleverd worden:

1. Een vliegplanrapport in *.pdf-formaat waarin ten minste de volgende zaken gepresenteerd zijn:
 - a. De vlieghoogte boven het terrein.
 - b. Details van het merk en het model van de te gebruiken camera's en objectieven.
2. De vlieglijnen in *.shp-formaat.
3. De footprints in *.shp-formaat.

De bestanden moeten een logische benaming te krijgen.

Pas na acceptatie van het vliegplan door de opdrachtgever mag de opdrachtnemer beginnen met het uitvoeren van de fotovlucht.

6 Paspunten

6.1 Eisen aan de verdeling van de paspunten

1. De paspunten moeten homogeen verdeeld zijn over het fotogrammetrische blok en het projectgebied insluiten.
2. Een fotogrammetrisch blok heeft ten minste vier paspunten, één in iedere hoek. Er moeten daarnaast voldoende extra homogeen verdeelde paspunten gebruikt worden in de vereffening om daarmee de vereiste positionele nauwkeurigheid van de stereomodellen en orthofotomozaïeken te garanderen. Hierbij mag er niet minder dan één paspunt beschikbaar zijn per 400 verticale luchtfoto's.
3. De ligging van elk paspunt moet dusdanig gekozen zijn dat deze in minimaal drie verticale luchtfoto's in een strook en in meerdere vliegstroken zichtbaar is.

6.2 Eisen aan de plaatsing en markering van de paspunten

1. Zowel de speciaal voor de fotogrammetrie gemaakte markeringen als zogenaamde "natuurlijke paspunten" mogen als paspunt worden gebruikt.
2. Paspunten moeten goed zichtbaar zijn in de luchtfoto's en dus niet in de buurt van bomen, gebouwen of andere grote objecten liggen.
3. Paspunten moeten een scherpe overgang hebben tussen het lichte en het donkere deel van de markering. Een paspunt moet dusdanig identificeerbaar zijn dat het paspunt in de luchtfoto met een standaardafwijking van minder dan een halve pixel kan worden aangemeten.
4. Paspunten moeten onder normale omstandigheden ten minste een jaar opnieuw meetbaar zijn.

6.3 Eisen aan de coördinaten van de paspunten

1. De standaardafwijking van de paspuntcoördinaten moet voldoen aan de eisen gegeven in Tabel 4.

Standaardafwijking	Eis
Standaardafwijking X-coördinaat (σ_X)	30 millimeter
Standaardafwijking Y-coördinaat (σ_Y)	30 millimeter
Standaardafwijking Z-coördinaat (σ_Z)	50 millimeter

Tabel 4: Eisen standaardafwijkingen paspuntcoördinaten.

2. De gerealiseerde standaardafwijking van de paspunten moet aangetoond worden.

6.4 Op te leveren producten

Voor wat betreft de paspunten moeten de volgende producten geleverd worden:

1. Het paspuntenplan in *.shp-formaat.

Pas na goedkeuring van het paspuntenplan door de opdrachtgever mag begonnen worden met het feitelijke plaatsen van de paspunten. Zodra de paspunten gemeten zijn, levert de opdrachtnemer een paspuntenrapport. Het paspuntenrapport bevat ten minste:

2. Een lijst van alle door opdrachtnemer gemeten paspunten.

“YYYYMMDD_Paspunten.txt”

Het bestand moet voldoen aan het formaat zoals beschreven in Tabel 5.

Veld	Beschrijving
Paspuntnaam	
X-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Y-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Z-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Standaardafwijking X-coördinaat (Sigma X)	In meters met drie decimalen
Standaardafwijking Y-coördinaat (Sigma Y)	In meters met drie decimalen
Standaardafwijking Z-coördinaat (Sigma Z)	In meters met drie decimalen
Meetdatum	YYYYMMDD
<i>Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma</i>	

Tabel 5: Formaat paspuntenoverzicht.

3. Documentatie die de gerapporteerde standaardafwijkingen van de door opdrachtnemer gemeten paspunten onderbouwt.

7 Fotovlucht

7.1 Eisen aan de luchtfotocamera's

Alle in te zetten luchtfotocamera's moeten aan de volgende specificaties voldoen:

1. De camera moet geschikt zijn voor fotogrammetrische toepassingen.
2. De camera moet voldoende recent zijn gekalibreerd. Hierbij moeten minimaal de door de cameraleverancier voorgeschreven kalibratietermijnen gevolgd zijn.
3. De camera moet RGB met een kleurdiepte van minimaal 8-bits per kleurkanaal registreren.
4. Het camerasysteem moet *Motion Compensation of Time Delay Integration* gebruiken tenzij de sluitertijd ten tijde van de opname zo kort is dat er geen bewegingsonscherpte of *rolling shutter* effecten ontstaan ten gevolge van de snelheid van het vliegtuig.

7.1.1 Specifieke eisen aan de verticale luchtfotocamera

5. De camera moet naast RGB ook Infrarood registreren.
6. De maximaal toegestane omvalling van objecten in een verticale luchtopname bedraagt 450 millimeter per meter hoogte van het object.

7.1.2 Specifieke eisen aan de oblieke luchtfotocamera's

7. De voor het inwinnen van de oblieke luchtopnamen in te zetten camera's en objectieven moeten allemaal van hetzelfde type zijn.

7.2 Eisen aan de inwinning van de luchtfoto's

1. De fotovlucht moet uitgevoerd worden conform het voor dit project opgestelde en goedgekeurde vliegplan.
2. De opdrachtnemer is verantwoordelijk voor alle vergunningen die nodig zijn om de opnamevluchten te kunnen uitvoeren.
3. De luchtfoto's moeten worden opgenomen onder omstandigheden die garanderen dat beelden worden verkregen die voldoen aan alle in dit document vermelde specificaties.
4. De fotovlucht moet uitgevoerd worden onder bladloze omstandigheden. Er mogen geen bladeren aan de vegetatie zichtbaar zijn in de luchtfoto's. De inwinning moet in ieder geval plaatsvinden in de periode tussen 15 februari en 15 april.
5. Er dient rekening mee gehouden te worden dat in de voorgenoemde periode het TEFAF evenement in Maastricht wordt gehouden, waarbij het vliegruim niet altijd beschikbaar is voor luchtfotografie.
6. De fotovlucht moet uitgevoerd worden bij een zonnestand van minimaal 20 graden boven de horizon.
7. Een groep van aaneengesloten naast elkaar liggende stroken moet zoveel mogelijk op één dag gefotografeerd te worden.

8. De luchtfoto's moeten op een moment gevlogen worden dat de beelden vrij zijn van redelijkerwijs te voorkomen hinderlijke afwijkingen. Hinderlijke afwijkingen zijn onder andere:
 - a. Wolken en wolkenschaduwen.
 - b. Sneeuw, hagel, ijs.
 - c. Overstromingen inclusief ondergelopen uiterwaarden.
 - d. Kleurzeem.
9. Het vliegp pad met daarin de cameraposities wordt vastgelegd met een GNSS-/IMU- systeem.
10. De vliegp adcoördinaten moeten na eventuele post-processing een aantoonbare positionele kwaliteit hebben zoals aangegeven in Tabel 6

Standaardafwijking	Eis
Standaardafwijking X-coördinaat (Sigma X)	100 millimeter
Standaardafwijking Y-coördinaat (Sigma Y)	100 millimeter
Standaardafwijking Z-coördinaat (Sigma Z)	100 millimeter

Tabel 6: Eisen standaardafwijkingen vliegp adcoördinaten fotovlucht.

11. De onderlinge positie en stand van de relevante punten in de GNSS-antenne, de IMU, en de luchtfotocamera's moeten voorafgaand aan de fotovlucht bekend zijn. Zij moeten dusdanig nauwkeurig gemeten zijn dat aan de precisie- en betrouwbaarheidseisen van dit Programma van Eisen kan worden voldaan.
 12. Van iedere luchtfoto wordt de datum en het tijdstip van de opname geregistreerd.
- 7.2.1 Specifieke eisen aan de inwinning van de verticale luchtfoto's
13. Indien ten gevolge van onvoldoende bedekking een deel van een gebied opnieuw gefotografeerd moet worden, moet het gat binnen de strook met een overlap van minimaal drie luchtfoto's aan weerszijden van dit gat gefotografeerd te worden.
 14. Het gehele projectgebied moet ingewonnen worden met één en dezelfde camera. In uitzonderlijke gevallen kan, na goedkeuring door de opdrachtgever, hiervan worden afgeweken en kan een tweede camera ingezet worden. Als het projectgebied met twee camera's gevlogen wordt, moet per camera één aaneensluitend deelgebied ingewonnen worden.
 15. Het schaalverschil tussen opeenvolgende verticale luchtfoto's mag maximaal 3% bedragen.
 16. De absolute hoektoleranties van een verticale luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende verticale luchtfoto's in een vliegstrook mogen de in Tabel 7 vermelde tolerantiewaarden niet overschrijden.

Hoek	Absolute tolerantie ten opzichte van het (RD en NAP)-stelsel	Relatieve tolerantie tussen twee opeenvolgende opnamen
ω (omega-hoek)	$ \omega < 4$ graden	$\Delta\omega < 4$ graden
ϕ (phi-hoek)	$ \phi < 4$ graden	$\Delta\phi < 4$ graden
κ (kappa-hoek)	n.v.t.	$\Delta\kappa < 5$ graden

Tabel 7: Absolute en relatieve eisen aan oriëntatie van verticale luchtfoto's.

7.3 Op te leveren producten

Voor wat betreft de inwinning van de luchtfoto's moeten de volgende producten geleverd worden:

1. Binnen een werkdag na de afronding van de opname, een e-mail met een bevestiging van de afronding van de opname.
2. Een vliegrapport met de bestandsnaam:

"YYYYMMDD_vliegrapport.pdf"

In het vliegrapport moeten voor elke vliegday ten minste de volgende zaken gepresenteerd worden:

- a. De vliegdatum.
 - b. De begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtfoto's inclusief de tijdzone.
 - c. De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldniveau.
 - d. Een overzicht van de gevlogen vliegstroken.
 - e. Een lijst met de gebruikte camera's en de daarbij behorende objectieven.
 - f. Details over het gebruikte GNSS-/IMU-systeem en de verwerkingssoftware waarmee een vliegpadd is bepaald.
 - g. Een beschrijving van de gemeten positie en stand van de relevante punten in de GNSS-antenne, de IMU, en de luchtfotocamera's.
3. Bestanden die de gerapporteerde standaardafwijkingen van het vliegpadd onderbouwen.
 4. Een beeldmiddenoverzicht met de bestandsnaam:

"YYYYMMDD_beeldmiddenoverzicht.shp"

Per luchtfoto wordt de volgende attribuut informatie opgenomen:

- a. De luchtfotonaam van de luchtfoto behorend bij het beeldmidden.
 - b. De dag en het tijdstip waarop de luchtfoto gemaakt is.
 - c. Het cameranummer.
5. Een footprintoverzicht waarop de individuele footprints van de luchtfoto's zijn weergegeven met de bestandsnaam:

"YYYYMMDD_footprints.shp"

Per footprint wordt de volgende attribuut informatie opgenomen:

- a. De naam van de luchtfoto behorend bij de footprint.
- b. De dag en het tijdstip waarop de luchtfoto gemaakt is.
- c. Het cameranummer.

6. Een lijst met vluchtoriënteringen met de bestandsnaam:

"YYYYMMDD_vluchtorienteringen.txt"

Dit bestand bevat voor elke luchtfoto de gegevens zoals beschreven in Tabel 8. Het betreft de fotoposities en -oriënteringen die bepaald zijn met de GNSS-/IMU-gegevens na berekening van het vliegpadd en vóór de vereffening.

Veld	Beschrijving
Luchtfotonaam	
X-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Y-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Z-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Omega	In graden met vier decimalen
Phi	In graden met vier decimalen
Kappa	In graden met vier decimalen

Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma

Tabel 8: Formaat bestand met vluchtoriënteringen luchtfoto's

7. Kalibratiedocumenten in *.pdf-formaat waarin voor alle ingezette camera's ten minste de volgende zaken gepresenteerd worden:
 - a. De kalibratiedatum.
 - b. De kwaliteit van de opgeloste kalibratieparameters.
 - c. De nauwkeurigheid van de inwendige oriëntering over het gehele beeldvlak.

8 Luchtfoto's

8.1 Eisen aan de luchtfoto's

1. Alle luchtfoto's moeten een unieke naam hebben.
2. De luchtfoto's moeten een grondresolutie hebben zoals gespecificeerd in Tabel 2.
3. *Upsampling* van de luchtfoto's naar de voorgeschreven pixelgrootte in het geval de originele ingewonnen luchtfoto's niet voldoen aan de in Tabel 2 gegeven resolutie is niet toegestaan.
4. De luchtfoto's moeten een kleurendiepte hebben van 8-bits per kanaal.
5. De luchtfoto's moeten scherp en contrastrijk zijn en natuurgetrouwe kleuren hebben.
6. De in de donkere delen (schaduwen) en in de lichte delen van een luchtopname aanwezige contrasten dienen voldoende goed zichtbaar te zijn om er een kartering mee uit te kunnen voeren.
7. Het kleurenhistogram van de stereobeelden moet per kleur ten minste voor 70% aaneengesloten gevuld zijn tenzij terreinomstandigheden de reden zijn voor een lager percentage.
8. De luchtfoto's moet vrij zijn van alle redelijkerwijs te voorkomen hinderlijke afwijkingen inclusief de afwijkingen zoals benoemd in paragraaf 7.2 item 8.
9. De luchtfoto's moeten gecorrigeerd zijn voor lensvertekening.

8.1.1 Specifieke eisen aan de verticale luchtfoto's

10. De luchtfoto's moeten gecorrigeerd zijn voor de hoofdpuntsverschuiving.
11. De luchtfoto's moeten een kwaliteit hebben waardoor alle BGT objecten goed aanmeetbaar zijn.

8.1.2 Specifieke eisen aan de oblieke luchtfoto's

12. Alle tijdens de fotovlucht gemaakte oblieke luchtfoto's moeten geleverd worden, ook als met slechts een deel ervan al aan de eisen van dit bestek wordt voldaan.

8.2 Op te leveren producten

Voor wat betreft de luchtfoto's moeten de volgende producten geleverd worden:

1. RGB Luchtfoto's in *.tif-formaat met ieder bestand een unieke logische bestandsnaam gesorteerd per deelnemende gemeente.
2. RGBI Luchtfoto's in *.tif-formaat met ieder bestand een unieke logische bestandsnaam gesorteerd per deelnemende gemeente.

9 Vereffening verticale luchtfoto's

9.1 Eisen aan de aerotriangulatie van de verticale beelden

1. De opdrachtnemer moet er zorg voor dragen dat de aerotriangulatiemetingen leiden tot een fotogrammetrische blok met een homogene betrouwbaarheid in het gehele blok.
2. Paspunten moeten in alle luchtfoto's waarin de paspunten zichtbaar zijn aangemeten worden. Slechts in incidentele en geïsoleerde gevallen mag het voorkomen dat paspunten niet zijn aangemeten in alle mogelijke beelden.
3. De verbindingspunten moeten in zo veel mogelijk opnamen gemeten worden. Slechts in incidentele en geïsoleerde gevallen mag het voorkomen dat de verbindingspunten niet zijn aangemeten in alle mogelijke beelden.
4. Verbindingspunten moeten liggen op topografische objecten waarvan zeker is dat ze niet bewegen gedurende de uitvoering van de fotovlucht.
5. Verbindingspunten moeten stochastisch onafhankelijk van elkaar zijn.
6. In elke luchtfoto moeten minimaal 18 modelverbindingspunten aanwezig zijn tenzij terreinomstandigheden dit onmogelijk maken.
7. De modelverbindingspunten moeten homogeen over de luchtfoto verdeeld zijn tenzij terreinomstandigheden dit onmogelijk maken.
8. Indien grote wateroppervlakken in de triangulatie niet overbrugd kunnen worden, moeten aparte blokken gevormd worden. Deze blokken worden apart vereffend en als apart blok geleverd aan de opdrachtgever.

9.2 Eisen aan de vereffening van de verticale luchtfoto's

1. De vereffening moet uitgevoerd worden volgens de stralenbundelmethode waarbij de kleinstekwadratenvereffening wordt gebruikt.
2. Bij de vereffeningberekeningen mogen geen additionele parameters als op te lossen onbekenden meegeschat worden tenzij er een specifieke beargumenteerde reden is om dit wel te doen.
3. De a-priori standaardafwijking van een aerotriangulatiemeting moet een realistische waarde krijgen, kleiner of gelijk aan de helft van de pixelgrootte van de gebruikte opnamecamera.
4. De in te voeren a-priori standaardafwijking van de paspunten moet voldoen aan de waarden gegeven in Tabel 4.
5. De vereffening moet absolute oriënteringsparameters opleveren waarmee parallaxvrije stereomodellen gecreëerd kunnen worden.
6. Luchtfoto's waarop alleen water is afgebeeld maken geen deel uit van de vereffening en worden niet geleverd.
7. De standaardafwijking van de vereffende coördinaten van de verbindingspunten in de verticale luchtfoto's moet 20 centimeter of beter zijn.

De opdrachtgever zal een toetsing van de vereffening (laten) uitvoeren waarbij de volgende eisen worden gesteld aan de toetsingsresultaten:

8. Bij de toetsing van de vereffening moet de F-toets een waarde hebben kleiner dan 1,0.
9. Bij de toetsing van de vereffening moet 98% van de w-toetsen van de fotogrammetrische waarnemingen naar de verbindingspunten kleiner zijn dan 3,29.
10. Bij de toetsing van de vereffening moet 100% van de w-toetsen van de fotogrammetrische waarnemingen naar de paspunten kleiner zijn dan 3,29.

9.3 Op te leveren producten

De resultaten van de vereffening moeten geleverd worden in één of meer van de volgende formaten:

1. PAT-B.
2. BINGO.
3. BM5.

Details over het BM5-formaat zijn gegeven in Appendix A: BM5-Leveringsformaat. De opdrachtgever moet ten minste één volledige set PAT-B, BINGO of BM5 bestanden leveren. Een levering omvat minimaal:

1. Een lijst van de in de vereffening gebruikte paspunten.
 - a. De lijst mag uitsluitend bestaan uit daadwerkelijk gebruikte paspunten zonder dubbelingen.
2. Een lijst met de coördinaten van de in de vereffening gebruikte verbindingspunten.
 - a. De lijst mag uitsluitend bestaan uit daadwerkelijk gebruikte verbindingspunten zonder dubbelingen.
3. Een lijst van de tijdens de triangulatie ingewonnen fotocoördinaten van pas- en verbindingspunten.
 - a. De waarnemingen zijn opgeschoond voor eventuele meetfouten.
 - b. Het bestand bevat geen dubbelingen.
 - c. Waarnemingen naar opnamen die geen onderdeel vormen van het getrianguleerde blok, zijn niet in het bestand opgenomen.
 - d. De waarnemingen behoren bij de resultaten van de geleverde vereffening.
4. Een lijst met voor elke getrianguleerde opname de vereffende positie- en standparameters.
 - a. De vereffende positie- en standparameters behoren bij de resultaten van de geleverde vereffening.
5. Eén of meerdere log-bestanden of rapportages van de vereffening waarin ten minste de volgende zaken gepresenteerd worden:
 - a. Een beschrijving van de uitgevoerde triangulatie en vereffening.
 - b. De a-priori standaardafwijkingen van de fotowaarnemingen.
 - c. De a-priori standaardafwijkingen van de paspunten.
 - d. De a-priori standaardafwijkingen van de posities van de projectiecentra.
 - e. De a-priori standaardafwijkingen van de stand van de projectiecentra.
 - f. De onderlinge positie en stand van de relevante punten in de GNSS-antenne, de IMU, en de luchtfotocamera's.
 - g. De toegepaste kalibratieparameters.
 - h. Hoe de hoofdpuntverschuiving is toegepast.
 - i. Resultaten van de toetsing van de uitgevoerde vereffening.
 - j. De kwaliteit van de aansluiting op de paspunten.

10 Positionering oblieke luchtfoto's

10.1 Eisen aan de positionering van de oblieke luchtfoto's

1. Iedere oblieke luchtfoto dient voorzien te zijn van positie- en standparameters.
2. De positie- en standparameters moeten van een dusdanige kwaliteit zijn, dat een in de foto geprojecteerd maaiveldpunt een maximale afwijking kent van tien meter, teruggerekend in terreinschaal.
3. De camera's die voor de oblieke luchtfoto's worden ingezet, hebben een onveranderlijke positie en stand ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de verticale camera. In het vliegrapport moet zijn beschreven hoe de positie en stand van de camera's zijn gerealiseerd in het opnameplatform.
4. De positie- en standparameters van de oblieke camera's worden afgeleid uit de positie- en standparameters van de verticale camera waarop gekalibreerde verschuivingen en draaiingen toegepast zijn.

10.2 Op te leveren producten

Voor wat betreft de positionering van de oblieke luchtfotobeelden moeten de volgende producten geleverd worden:

1. De positie- en standparameters worden geleverd in één of meer van de bestandsformaten zoals beschreven in paragraaf 9.3. Voor de oblieke luchtfoto's hoeft alleen het bestand met de positie- en standparameters te worden opgeleverd.

11 Orthofotomozaïeken

11.1 Eisen aan het orthofotomozaïek

1. Er moeten drie variaties orthofotomozaïek geleverd worden:
 - a. Traditioneel RGB orthofotomozaïek met kniplijnen.
 - b. True RGB orthofotomozaïek.
 - c. CIR orthofotomozaïek.
2. Het orthofotomozaïek heeft een grondpixelresolutie op maaiveldniveau van 50 millimeter.
3. Alle beelden moeten een kleurendiepte hebben van 8-bits per kanaal.
4. Het verschil tussen de in de orthofoto gemeten planimetrische coördinaten van de paspunten en de in het terrein gemeten coördinaten van deze paspunten mag niet groter zijn dan 200 millimeter.
5. De orthofotomozaïeken mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
6. Het orthofotomozaïek mag geen storende kniplijnen vertonen:
 - a. Een kniplijn mag niet door een BAG object gaan, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden.
 - b. Een kniplijn wordt altijd op maaiveldniveau gelegd.
 - c. De ligging van een kniplijn moet dusdanig gekozen worden dat de terreineigenschappen aan weerszijden van de polygoon ervoor zorgen dat de exacte kniplijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
7. De dakranden en noklijnen in het orthofotomozaïek moeten als rechte lijnen zijn afgebeeld.
8. De bruggen en viaducten in het orthofotomozaïek moeten natuurgetrouw zijn afgebeeld.
9. De eisen die aan de verticale luchtfoto's worden gesteld betreffende scherpte, contrast en kleur, zijn ook van toepassing op de orthofotomozaïeken.

11.2 Op te leveren producten

Voor wat betreft de orthofotomozaïeken moeten de volgende producten geleverd worden:

1. Een RGB orthofotomozaïek dat het gehele gebied bedekt in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
2. Een gedownsampled RGB orthofotomozaïek met 500 millimeter pixelresolutie dat het gehele gebied bedekt in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
3. Een RGB orthofotomozaïek per gemeente in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
4. Een True RGB orthofotomozaïek dat het gehele gebied bedekt in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
5. Een True RGB orthofotomozaïek per gemeente in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
6. Een CIR orthofotomozaïek dat het gehele gebied bedekt in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.
7. Een CIR orthofotomozaïek per gemeente in *.ecw-formaat met transparante achtergrond.

8. Het bij alle orthofotomozaïeken behorende *.eww-bestand nodig voor de georeferentie.
9. Daar waar kniplijnen zijn gebruikt, één of meerdere kniplijnenbestanden. De volgende voorwaarden gelden voor de kniplijnenbestanden:
 - a. De kniplijnenbestanden bevatten alle gebruikte kniplijnen.
 - b. De kniplijnenbestanden bevatten geen dubbelingen.
10. Voor ieder mozaïek een document met meta-informatie opgesteld volgens de geldende Nederlandse metadatastandaard voor geografie 1.2 (ISO Kernset NL).

De bestanden moeten een logische benaming krijgen.

12 Webviewer

12.1 Eisen aan de viewer van de luchtfoto's

Ter visualisatie van de luchtfoto's levert de opdrachtnemer een webviewer. Deze webviewer bezit minimaal de volgende functionaliteiten:

1. De webviewer moet ten minste in de volgende webbrowsers te gebruiken zijn: Microsoft Edge, Google Chrome en Mozilla FireFox.
2. De webviewer moet ook op mobiele smartphones en tablets gebruikt kunnen worden.
3. Het openen van de best passende verticale of oblieke luchtfoto op basis van een adres of een coördinaat in het RD-stelsel.
4. De mogelijkheid om een punt met één muisklik vanuit vier verschillende richtingen te bekijken, door de best passende oblieke luchtfoto uit de betreffende richting te openen.
5. Het kunnen in- en uitzoomen op de luchtfoto, almede het kunnen *pannen* door het beeld van de luchtfoto.
6. Het kunnen openen van een luchtfoto door een RD-coördinaat of adres op te nemen in de URL waarmee de viewer wordt aangeroepen.
7. Een garantie dat de viewer 99,7% van de tijd beschikbaar is. Deze zogenoemde uptime wordt per kalenderjaar geëvalueerd.
8. Opdrachtnemer zal in geval van storingen/gebreken aan de software of hardware van derden opdrachtgever niet doorverwijzen naar een derde, maar is zelf verantwoordelijk voor het (laten) verhelpen van de storing/ het gebrek.
9. Een dusdanig rechtenbeheer dat minimaal 100 gebruikers simultaan toegang kunnen hebben tot de viewer en de data binnen deze viewer.
10. Een performance waarbij een luchtfoto bij het openen binnen 1 seconde zichtbaar is op de monitor van de gebruiker, uitgaande van:
 - a. Een internetverbinding met een snelheid van 100Mbit/s.
 - b. Een CPU met een minimale kloksnelheid van 2.4 Ghz.
 - c. Minimaal 16 GB geheugen.
11. De mogelijkheid om beelden uit voorgaande jaren ook raadpleegbaar te maken in de webviewer, ongeacht de leverancier van deze beelden. De eigenlijke ontsluiting van oude beelden is niet onderdeel van dit Programma van Eisen. Deze eis betreft uitsluitend de mogelijkheid om dit in voorkomende gevallen te kunnen doen.

12.2 Op te leveren producten

Voor wat betreft de viewer moeten de volgende producten geleverd worden:

1. Een webviewer ter visualisatie van de luchtfoto's.

Appendix A: BM5-Leveringsformaat

Paspunten

De lijst van de in de vereffening gebruikte paspunten moet bestaan uit een ASCII *.txt-bestand dat voldoet het formaat zoals beschreven in Tabel 9 met de bestandsnaam:

“YYYYMMDD_Aansluitingspaspunten.txt”

Veld	Beschrijving
Paspuntnaam	
X-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Y-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Z-coördinaat van het paspunt	In meters met drie decimalen
Meetdatum	YYYYMMDD
<i>Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma</i>	

Tabel 9: Formaat paspuntenoverzicht

Verbindingspunten

De lijst van de in de vereffening gebruikte verbindingspunten met de coördinaten van de vereffende fotogrammetrische verbindingspunten moet bestaan uit een ASCII *.txt-bestand dat voldoet het formaat zoals beschreven in Tabel 10 met de bestandsnaam:

“YYYYMMDD_verbindingspunten.txt”

Veld	Beschrijving
Verbindingspuntnaam	
X-coördinaat	In meters met drie decimalen
Y-coördinaat	In meters met drie decimalen
Z-coördinaat	In meters met drie decimalen
<i>Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma</i>	

Tabel 10: Formaat verbindingspuntenoverzicht

Fotocoördinaten van pas- en verbindingspunten

De lijst van de tijdens de triangulatie ingewonnen fotocoördinaten van pas- en verbindingspunten moet bestaan uit een ASCII *.txt-bestand dat voldoet het formaat zoals beschreven in Tabel 11 met de bestandsnaam:

“YYYYMMDD_waarnemingen.txt”

Record	Veld	Beschrijving
1	Luchtfotonaam	
	Cameraconstante	In millimeters met drie decimalen of microns.
2	Pas- of verbindingspuntnaam	Punt waar de waarneming betrekking op heeft.
	X-coördinaat	In meters met drie decimalen.
	Y-coördinaat	In meters met drie decimalen.
3	-99	Afsluitrecord ter afsluiting van informatie over een opname of en tevens laatste record van het bestand.
<i>Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma</i>		

Tabel 11: Formaat waarnemingenoverzicht

Vereffende positie- en standparameters

De lijst met voor elke getrianguleerde opname de vereffende positie- en standparameters moet bestaan uit een ASCII *.txt-bestand dat voldoet het formaat zoals beschreven in Tabel 12 met de bestandsnaam:

“YYYYMMDD_uitwendig.txt”

Veld	Beschrijving
Luchtfotonaam	
X-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Y-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Z-coördinaat van het projectiecentrum	In meters met drie decimalen
Omega	In graden met vier decimalen
Phi	In graden met vier decimalen
Kappa	In graden met vier decimalen
<i>Velden zijn gescheiden door ten minste één spatie, een tab of een komma</i>	

Tabel 12: Formaat positie- en standoverzicht

Logbestanden en/of rapportages

De logbestanden en/of rapportages moeten bestaan uit één of meerdere log-bestanden of rapportages van de vereffening in *.txt-formaat.