

# Besteksvoorwaarden Hoge Resolutie Luchtopnamen van Het Waterschapshuis

Inzake

Openbare Europese aanbesteding  
Beeldmateriaal 5

Versie 1.0

Publicatiedatum: 7-7-2020

Auteur: Robert Kroon, Gerbrand Vestjens, Jeroen Leusink

Ons kenmerk: Z1693

## Colofon

Titel: Besteksvoorwaarden Hoge Resolutie Luchtopnamen Beeldmateriaal 5

Auteur(s): Robert Kroon, Gerbrand Vestjens, Jeroen Leusink

Contactpersoon: André Wolterink

Vervangend contactpersoon: Rick van den Berg

Het Waterschapshuis, 7-7-2020

© 2020 Het Waterschapshuis

Stationsplein 89, 3818 LE Amersfoort

Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort

T: 033 460 31 00, F: 033 460 31 01

[www.hetwaterschapshuis.nl](http://www.hetwaterschapshuis.nl), [inkoop@hetwaterschapshuis.nl](mailto:inkoop@hetwaterschapshuis.nl)

# Inhoudsopgave

|                   |                                                                 |           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b>         | <b>Inleiding .....</b>                                          | <b>3</b>  |
| <b>2.</b>         | <b>Beschikbare materialen .....</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>3.</b>         | <b>Vliegplan en paspuntenplan .....</b>                         | <b>5</b>  |
| 3.1.              | Specificaties vlieg- en paspuntenplan .....                     | 5         |
| 3.2.              | Te leveren producten .....                                      | 6         |
| 3.3.              | Kwaliteitscontrole .....                                        | 6         |
| <b>4.</b>         | <b>Markeren en meten van paspunten .....</b>                    | <b>7</b>  |
| 4.1.              | Specificaties markeren van paspunten .....                      | 7         |
| 4.2.              | Specificaties meten van paspunten .....                         | 7         |
| 4.3.              | Te leveren producten .....                                      | 8         |
| 4.4.              | Kwaliteitscontrole .....                                        | 8         |
| <b>5.</b>         | <b>Opnamecamera .....</b>                                       | <b>9</b>  |
| 5.1.              | Specificaties opnamecamera .....                                | 9         |
| 5.2.              | Te leveren producten .....                                      | 9         |
| <b>6.</b>         | <b>Fotovlucht .....</b>                                         | <b>10</b> |
| 6.1.              | Specificaties fotovlucht .....                                  | 10        |
| 6.2.              | Te leveren producten .....                                      | 11        |
| 6.3.              | Kwaliteitscontrole .....                                        | 11        |
| <b>7.</b>         | <b>Luchtfoto's .....</b>                                        | <b>12</b> |
| 7.1.              | Specificaties luchtfoto's .....                                 | 12        |
| 7.2.              | Te leveren producten .....                                      | 13        |
| 7.3.              | Kwaliteitscontrole .....                                        | 13        |
| <b>8.</b>         | <b>Aerotriangulatie en Blokvereffening .....</b>                | <b>14</b> |
| 8.1.              | Specificaties aerotriangulatie .....                            | 14        |
| 8.2.              | Specificaties blokvereffening .....                             | 15        |
| 8.3.              | Te leveren producten .....                                      | 16        |
| 8.4.              | Kwaliteitscontrole .....                                        | 17        |
| <b>9.</b>         | <b>Orthofotomozaïeken .....</b>                                 | <b>19</b> |
| 9.1.              | Quick-orthofotomozaïeken .....                                  | 19        |
| 9.1.1.            | Specificaties quick-orthofotomozaïeken .....                    | 19        |
| 9.1.2.            | Te leveren producten .....                                      | 19        |
| 9.1.3.            | Kwaliteitscontrole .....                                        | 19        |
| 9.2.              | Orthofotomozaïeken .....                                        | 20        |
| 9.2.1.            | Specificaties orthofotomozaïeken .....                          | 20        |
| 9.2.2.            | Te leveren producten .....                                      | 22        |
| 9.2.3.            | Kwaliteitscontrole .....                                        | 22        |
| <b>Bijlage 1:</b> | <b>Naamgeving en structuur van de bestanden .....</b>           | <b>23</b> |
| 1.                | Inleiding .....                                                 | 23        |
| 2.                | Bestanden bij onderdeel "Beschikbare materialen" .....          | 24        |
| 3.                | Bestanden bij onderdeel "Vliegplan en paspuntenplan" .....      | 25        |
| 4.                | Bestanden bij onderdeel "Markeren en meten van paspunten" ..... | 26        |
| 5.                | Bestanden bij onderdeel "Opnamecamera" .....                    | 27        |
| 6.                | Bestanden bij onderdeel "Fotovlucht" .....                      | 28        |

|                                                                                 |                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.                                                                              | Bestanden bij onderdeel "Luchtfoto's" .....                         | 29        |
| 8.                                                                              | Bestanden bij onderdeel "Aerotriangulatie en Blokvereffening" ..... | 30        |
| 9.                                                                              | Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken" .....                  | 32        |
| 9.1.                                                                            | Bestanden bij onderdeel "Quick-orthofotomozaïeken" .....            | 33        |
| 9.2.                                                                            | Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken" .....                  | 34        |
| <b>Bijlage 2: Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken .....</b> |                                                                     | <b>35</b> |

## 1. Inleiding

Voor u ligt het bestek voor de inwinning, de verwerking en de levering van hoge resolutie luchtfoto's in het kader van de vijfde editie van het programma beeldmateriaal. In het vervolg van dit bestek wordt dit programma het BM5-project genoemd.

De doelstelling van dit project is het aan BM5-gebruikers leveren van parallaxvrije stereomodellen ten behoeve van bijvoorbeeld het uitvoeren van stereofotogrammetrische BAG- en BGT-karteringen. Daarnaast moeten er in het kader van dit project ook orthofotomozaïeken geleverd worden.

Het bestek bevat de technische specificaties, die Het Waterschapshuis stelt aan de te leveren luchtfotoproducten. Tevens zijn voorschriften opgenomen, die opgevolgd moeten worden bij de inwinning, de verwerking en de levering van de gevraagde producten.

## 2. Beschikbare materialen

Bij aanvang van de opdracht levert de opdrachtgever de volgende bescheiden aan de opdrachtnemer:

- a. Het projectgebied met de verdeling in percelen en de per perceel voorgeschreven opnameresolutie, de overlap en de resolutie van de te leveren orthofotomozaïeken.
- b. Verificatietabellen, in te vullen door de opdrachtnemer bij elke levering. Het betreft:
  - een verificatietabel bij het leveren van het vliegplan en het paspuntenplan;
  - een verificatietabel bij het leveren van de coördinaten van de paspunten;
  - een verificatietabel bij het leveren van de luchtfoto's;
  - een verificatietabel bij het leveren van de blokvereffeningsresultaten;
  - een verificatietabel bij het leveren van de orthofotomozaïeken.
- c. De coördinaten van paspunten, die gebruikt zijn in eerdere BM-projecten. De opdrachtgever geeft geen garantie dat deze paspunten nog bruikbaar zijn.
- d. De AHN3/AHN4-laseraltimetriebestanden van geheel Nederland in een regelmatig grid van 0,5 meter en een regelmatig grid van 5 meter. Het dataformaat van deze bestanden is het Geotiff-formaat. Deze data zijn als open data beschikbaar. Meer informatie over deze bestanden is te vinden op de website [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl).

**Bijlage 1** van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde door de opdrachtgever aan de opdrachtnemer te leveren producten. Naast de hierboven vermelde bescheiden stelt de opdrachtgever een aantal softwareprogramma's beschikbaar. Met deze software kan de opdrachtnemer zelf beoordelen of hij voldoet aan een aantal van de in dit bestek vermelde specificaties. Het betreft de volgende software:

- a. Programma "BMOFormatCheck".  
Dit programma verifieert de inhoud van het beeldmiddenoverzicht.
- b. Programma "StereoCheck".  
Dit programma controleert de volledigheid van de levering van de luchtfoto's.
- c. Programma "StereoHeaderControle".  
Dit programma controleert de tiff-headers van de luchtfoto's.
- d. Programma "AtIngangsControle".  
Dit programma controleert of de levering van de aerotriangulatie- en blokvereffeningsproducten volledig is en of de inhoud van de bestanden voldoet aan de vormvereisten.

De opdrachtnemer blijft te allen tijde verantwoordelijk voor de juistheid van de leveringen.

In het kader van deze opdracht levert de opdrachtnemer de gevraagde producten uitsluitend langs elektronische weg. Zodra een levering gaat plaatsvinden, vraagt de opdrachtnemer een upload-link aan bij de opdrachtgever. De opdrachtgever verstrekt vervolgens deze upload-link, waarna de opdrachtnemer de producten upload naar de cloud-omgeving van de opdrachtgever.

### 3. Vliegplan en paspuntenplan

Het is mogelijk dat gedurende het offertetraject bij één of meerdere percelen prijsopties gespecificeerd zijn ten aanzien van de resolutie van de luchtfoto's en de overlap tussen de luchtfoto's. In het geval deze situatie zich heeft voorgedaan, maakt de opdrachtgever vóór 15 november, d.w.z. ruim voorafgaand aan het vliegseizoen, bekend welke opties voor het desbetreffende vliegseizoen gekozen zijn.

#### 3.1. Specificaties vlieg- en paspuntenplan

De opdrachtnemer ontwerpt voor het perceel een blokindeling. Voor elk individueel blok stelt hij vervolgens een vlieg- en paspuntenplan op, waarbij hij rekening houdt met de volgende eisen:

- a. De vliegduur per blok mag, inclusief het vliegen van de bochten, maximaal drie uur bedragen.
- b. De lengte van het blok mag maximaal driemaal groter zijn dan de breedte van het blok.
- c. Ieder blok bevat minimaal twee dwarsstroken, één aan beide uiteinden van het blok.
- d. Bij de eerste en de laatste vliegstrook van het blok moet minimaal 20% van de breedte van de vliegstrook over de blokgrens heen gepland worden.
- e. De eerste en de laatste foto van iedere vliegstrook moeten altijd geheel buiten de blokgrens gelegen zijn.
- f. In de richting van de langsoverlap moet het aantal paspunten voldoen aan de volgende eisen:
  - In het geval er sprake is van een langsoverlap van 80% minimaal één punt per 30 stereomodellen tenzij het de twee buitenste vliegstroken van het blok betreft. In dat geval moet er minimaal één punt per tien stereomodellen geplaatst zijn.
  - In het geval er sprake is van een langsoverlap van 60% minimaal één punt per 15 stereomodellen tenzij het de twee buitenste vliegstroken van het blok betreft. In dat geval moet er minimaal één punt per vijf stereomodellen geplaatst zijn.
- g. In de richting van de dwarsoverlap moet het aantal paspunten voldoen aan minimaal één punt per zeven vliegstroken.
- h. Op alle hoeken van het blok moet minimaal één paspunt aanwezig zijn.
- i. De ligging van de paspunten moet passen bij de geometrie van het in te winnen fotogrammetrische blok. Dit houdt in dat:
  - de paspunten zich altijd bevinden binnen de overlap van vliegstroken met uitzondering van de twee vliegstroken aan de randen van het blok. In deze twee vliegstroken bevinden de paspunten zich buiten de projectgrens tenzij de projectgrens is gesitueerd langs breed oppervlaktewater waardoor niet voldaan kan worden aan deze eis. Indien een dergelijke situatie zich voordoet, worden de paspunten zo dicht mogelijk bij de watergrens gesitueerd;
  - de paspunten zich binnen een vliegstrook altijd bevinden in de drievoudige overlap van opeenvolgende luchtfoto's tenzij het paspunten betreft aan het begin en einde van een vliegstrook. Voor alle paspunten geldt dat zij tevens moeten voldoen aan de bij het vorige punt vermelde strookoverlapeisen;
  - de onder de twee voorgaande punten vermelde eisen ook gelden voor paspunten, die behoren bij een dwarsstrook.
- j. De openingshoek van het op de camera gemonteerde objectief mag niet kleiner zijn dan 45 graden en niet groter dan 60 graden. Het betreft de openingshoek, zoals die gedefinieerd is over de lange zijde van de aan de opdrachtgever te leveren luchtfoto's. Een uitzondering wordt gemaakt voor gebieden waar vlieghoogterestricties gelden. In dergelijke gebieden mag een objectief ingezet worden, waarbij de openingshoek kleiner is dan 45 graden.

Voor de eisen aan de paspunten wordt verwezen naar paragraaf 4.1.

De opdrachtnemer mag meerdere aaneengesloten blokken als één blok inwinnen, verwerken en leveren mits de paspuntenconfiguratie van elk blok voldoet aan de in deze paragraaf voorgeschreven eisen en alle paspunten zijn gebruikt in het triangulatie- en blokvereffeningsproces.

### 3.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. De blokindeling per afzonderlijk perceel. Het document bevat de volgende informatie:
  - Het bloknummer.
- b. Een vlieg- en paspuntenplan per blok. Het document bevat de volgende informatie:
  - De ligging van de aan te brengen en in te meten paspunten.
  - De ligging van de vliegstroken en de begrenzingen van de in te winnen luchtfoto's met als ondergrond een topografische kaart van het projectgebied.
  - De registraties van de te gebruiken vliegtuigen.
  - De in te zetten camera.
  - De in te zetten GNSS/IMU-systemen.
  - De vlieghoogte.
  - De geplande vliegtijd.
- c. Bestanden waarmee het vlieg- en paspuntenplan bekeken kan worden in een GIS-systeem.
- d. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel vliegplan en paspuntenplan.

[Bijlage 1](#) van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

### 3.3. Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties. Bij deze controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Bevat het vlieg- en paspuntenplan de gevraagde informatie?
- Geeft het vliegplan het gehele in te winnen gebied weer?
- Geeft het vliegplan voldoende zekerheid dat luchtfoto's ingewonnen worden met de voorgeschreven grondpixelresolutie, ook in situaties waarbij tijdens het inwinnen van de luchtfoto's sprake zou zijn van een uitzonderlijke luchtdruk?
- Kunnen met het vliegplan de juiste langs- en dwarsoverlap percentages worden behaald?
- Voldoet de geplande ligging van de paspunten aan de gestelde eisen?

Het vlieg- en paspuntenplan wordt besproken met de opdrachtgever. Na acceptatie door de opdrachtgever mag de opdrachtnemer beginnen met het uitvoeren van de verdere werkzaamheden.

## 4. Markeren en meten van paspunten

### 4.1. Specificaties markeren van paspunten

Bij het markeren van paspunten dient rekening gehouden te worden met de volgende punten:

- a. Een paspunt moet in alle luchtfoto's, waarin het gebied rondom het paspunt is afgebeeld, goed zichtbaar en goed aanmeetbaar zijn.
- b. Een paspunt moet zich altijd op vlak en niet hellend terrein bevinden.
- c. Een paspunt moet geplaatst worden op posities waar het zicht naar de lucht niet belemmerd wordt door hoge objecten.
- d. Een paspunt moet met zodanige middelen (bijv. wegmarkeringsverf) in het terrein gevisualiseerd zijn, dat het gedurende het lopende inwinningseizoen bestand is tegen alle in Nederland voorkomende weersomstandigheden.
- e. Een paspunt bestaat uit een centraal wit deel en een zich daaromheen bevindend zwart deel. Bij het markeren van een paspunt moet de overgang tussen het witte deel en het zwarte deel een scherpe lijn zijn. Hiervoor moet een mal gebruikt worden.
- f. In het exacte midden van een paspunt moet een herkenbare meetspijker aangebracht zijn, zodat er geborgd is dat de landmeter het midden van het paspunt meet. Bij een eventuele terrestrische hermeting van een paspunt op een later tijdstip moet deze meetspijker nog steeds aanwezig zijn.
- g. De grootte van een paspunt moet zodanig zijn dat het paspunt in de luchtfoto éénduidig identificeerbaar is en met een standaardafwijking kan worden aangemeten, die beter is dan  $\frac{1}{3}$  pixel.
- h. De ligging van de paspunten voldoet aan het gestelde in hoofdstuk 3, paragraaf 3.1, punt i.

### 4.2. Specificaties meten van paspunten

Bij het meten van paspunten dient rekening gehouden te worden met de volgende punten:

- a. De coördinaten van het paspunt dienen bepaald te worden met de GNSS-technologie.
- b. De landmeter dient zich er expliciet van te vergewissen dat hij de GNSS-ontvanger correct heeft gecentreerd boven de meetspijker van het paspunt en dat hij de juiste antennehoogte heeft geregistreerd.
- c. De standaardafwijking van de paspuntcoördinaten moet voldoen aan de volgende eisen:
  - Drie centimeter of beter voor de X- en Y-coördinaten van paspunten.
  - Zes centimeter of beter voor de Z-coördinaat van paspunten.
- d. De meetopzet moet gecontroleerd worden uitgevoerd zodat meetfouten of fouten in de meetopzet ontdekt kunnen worden. Dit bereikt men door:
  - de duur van één meetsessie te beperken tot maximaal één dag;
  - gedurende één meetsessie minimaal éénmaal op te stellen op een reeds in coördinaten bekend punt. Dit punt mag geen punt zijn, waarvan de coördinaten zijn bepaald tijdens dezelfde meetsessie;
  - elk paspunt minimaal tweemaal aan te meten waarbij het tijdsverschil tussen beide metingen 15 minuten of meer bedraagt en de ontvanger tussen de beide metingen opnieuw geïnitieerd is. Indien de verschillen tussen de beide metingen groter zijn dan tweemaal de onder punt c vermelde standaardafwijking moet de dubbelmeting minimaal één uur later herhaald worden.
- e. Bij de conversie naar (RD, NAP)-coördinaten moet de op één januari van het vliegjaar geldende officiële transformatie<sup>1</sup> gebruikt worden.

---

<sup>1</sup> Zie voor de geldende transformatie: <https://www.kadaster.nl/transformatie-van-coordinaten>.

- f. Voor het inmeten van coördinaten met een GNSS-techniek moet voor de aansluiting aan het Nederlandse driedimensionale coördinatenstelsel gebruik gemaakt worden van één van de volgende referenties:
- AGRS.NL.
  - NETPOS.
  - Een door het Kadaster gecertificeerde GNSS-dienstverlener.
  - GNSS-kernnetpunt(en) met een actualiteit van maximaal vijf jaar.
- g. Indien tijdens het triangulatie- en blokvereffeningsproces blijkt dat één of meerdere van de paspunten statistisch verworpen wordt terwijl de fotogrammetrische aanmeting van de paspunten correct is, moet de opdrachtnemer de coördinaten van deze paspunten voor eigen rekening opnieuw in het terrein bepalen.
- h. Indien tijdens het proces van triangulatie blijkt dat een gemarkeerd en gemeten paspunt niet zichtbaar is, dient in dezelfde omgeving een zogenaamd natuurlijk paspunt terrestrisch te worden aangemeten. Voor een natuurlijk paspunt gelden dezelfde kwaliteits- en betrouwbaarheidseisen als voor een gemarkeerd paspunt.

#### **4.3. Te leveren producten**

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Van elk gemarkeerd paspunt een digitale overzichtsfoto waarin de ligging van het paspunt in zijn omgeving en de paspuntnaam, zoals die in de rest van het project gebruikt wordt, zichtbaar zijn.
- b. Van elk gemarkeerd paspunt een digitale detailfoto waarop alleen het paspunt, de meetspijker en de paspuntnaam, zoals die in de rest van het project gebruikt wordt, zichtbaar zijn.
- c. Per meet sessie een bestand met de gemeten coördinaten en de coördinaatverschillen alsmede de tijdstippen, waarop is gemeten. Dit geldt zowel voor de paspunten als voor de metingen naar bekende punten.
- d. Per blok een bestand met de definitieve coördinaten van de paspunten, zoals die gebruikt gaan worden bij de aerotriangulatie en blokvereffening.
- e. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel paspunten.

**Bijlage 1** van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

#### **4.4. Kwaliteitscontrole**

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties.

Bij de controle wordt gecontroleerd of de producten voldoen aan de gestelde technische eisen, eind-termen en leveringseisen. Bij deze controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn de paspunten op de geplande locaties aangebracht?
- Is de meting van de paspunten correct uitgevoerd?

## 5. Opnamecamera

### 5.1. Specificaties opnamecamera

De in te zetten camera moet aan de volgende specificaties voldoen:

- a. De camera dient geschikt te zijn voor fotogrammetrische toepassingen. Dit houdt onder meer in dat de camera een bekende, verifieerbare inwendige geometrie bezit, d.w.z. op elk moment tijdens de opnamevlucht dient het camera-objectiefsysteem een bekend onderling verband te hebben. Dit verband is vastgelegd in een zogeheten camerakalibratierapport. In het kalibratierapport is aangegeven hoe de kalibratie is uitgevoerd. Verder is vermeld wat de nauwkeurigheid van de inwendige oriëntering is over het gehele beeldvlak. Het gehele beeldvlak dient hierbij geïnterpreteerd te worden als het eindbeeld dat de luchtcamera produceert, ook al is de opname fysiek een combinatie van meerdere in het camerasysteem gemaakte deelbeelden.
- b. Gerekend vanaf de laatste dag, waarop in het kader van het project luchtfoto's met de desbetreffende camera gemaakt zijn, mag het camerakalibratierapport maximaal twee jaar oud zijn.
- c. De camera moet luchtfoto's leveren, die voldoen aan een centraal projectieve afbeelding. Met dergelijke elkaar overlappende luchtfoto's moet het voor de opdrachtgever en de gebruikers van het beeldmateriaal mogelijk zijn om parallaxvrije stereomodellen te vormen en hierin nauwkeurige metingen te verrichten zonder dat cameraspecifieke softwareplugins of beeldcorrectiegrids nodig zijn.
- d. De camera mag per cmos- of ccd-element niet zoveel defecte pixels hebben dat het beeld radiometrisch en/of geometrisch verstoord wordt. Defecte pixels mogen in ieder geval niet geclusterd zijn.
- e. De camera moet een forward motion compensatie (FMC) faciliteit of een time delay integration (TDI) faciliteit bezitten. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien de sluitertijd zodanig kort is dat bewegingsonscherpte ten gevolge van de snelheid van het vliegtuig geen invloed heeft op de scherpte van de luchtfoto. Bovendien mag de beeldgeometrie niet verstoord zijn door eventuele roling shutter effecten.
- f. De registratie-bitdiepte van alle individuele kleurkanalen (rood(R), groen (G), blauw (B) en van een eventueel ingewonnen panchromatisch kanaal (PAN)) bedraagt minimaal 12-bits opdat gegarandeerd kan worden dat de gebruikte camera in staat is om luchtfoto's te leveren die aan de in dit bestek gestelde eisen voldoen.
- g. De eventuele individuele kleurkanalen van de camera dienen onderling zodanig goed gecoregistreerd te zijn dat de maximale positieafwijking tussen de pixels in de aan de opdrachtgever te leveren luchtfoto's nergens meer bedraagt dan een halve pixel.
- h. De in het project te leveren luchtfoto's worden geleverd in "landscape mode". Aangezien de foto's doorgaans in "portrait mode" ingewonnen worden, dient er een afspraak met de opdrachtgever gemaakt te worden hoe een eventuele rotatie plaatsvindt.

### 5.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Eén of meerdere documenten in pdf-formaat waarin de resultaten van de bij de camera behorende camerakalibratie is vermeld.
- b. Een bevestiging van de met de opdrachtgever gemaakte afspraak ten aanzien van de rotatie van de luchtfoto's van "landscape mode" naar "portrait mode".

**Bijlage 1** van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

## 6. Fotovlucht

### 6.1. Specificaties fotovlucht

Bij het voorbereiden en het uitvoeren van de fotovlucht dienen de volgende punten in acht genomen te worden:

- a. De fotovlucht moet uitgevoerd worden conform het eerder in het kader van dit project opgestelde en door de opdrachtgever goedgekeurde vliegplan. Op alle voorgeschreven overlap-percentages geldt een tolerantie van vijf procentpunt.
- b. Voorafgaand aan de fotovlucht moeten de onderlinge stand en positie tussen de GNSS-ontvanger, het IMU-systeem, de camera en eventuele synchronisatiebeïnvloedende factoren in en tussen deze instrumenten voldoende nauwkeurig bekend zijn teneinde zekerheid te hebben dat voldaan wordt aan alle in dit bestek vermelde precisie- en betrouwbaarheidseisen.
- c. De fotovlucht moet afgerond zijn op het moment in het voorjaar dat er gebladerte aanwezig is aan bomen en struiken. Het vliegseizoen kan alleen verlengd worden indien de opdrachtgever daar toestemming voor geeft.
- d. De fotovlucht moet plaatsvinden onder omstandigheden, die garanderen dat scherpe en goed interpreteerbare luchtfoto's worden verkregen die aan alle in dit bestek genoemde specificaties voldoen.
- e. Tijdens het uitvoeren van de vluchten dient de transponder van het vliegtuig aan te staan, zodat via internet<sup>2</sup> gevolgd kan worden waar het vliegtuig actief is.
- f. De fotovlucht dient uitgevoerd te worden met een GNSS-navigatiesysteem voor het bepalen van de coördinaten van het projectiecentrum en met een IMU-traagheidsnavigatiesysteem voor het bepalen van de hoekverdraaiingen rond het projectiecentrum.
- g. Bij het uitvoeren van de fotovluchten mag met maximaal twee blokken per perceel gelijktijdig begonnen zijn.
- h. Indien een deel van een blok opnieuw gefotografeerd moet worden, moet bij de nieuwe fotovlucht dezelfde camera, uitgerust met hetzelfde objectief, gebruikt worden.
- i. Bij voorkeur wordt een blok gefotografeerd in één fotovlucht. Indien noodzakelijk, mogen er maximaal twee fotovluchten gebruikt worden waarbij de vliegdata van de beide fotovluchten zo dicht mogelijk bij elkaar moeten liggen mits voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:
  - In beide fotovluchten moet minstens één van de voorgeschreven dwarsstroken gevlogen zijn.
  - Een deelblok moet altijd bestaan uit volledig gevlogen stroken.
  - In beide fotovluchten wordt gebruik gemaakt van dezelfde camera en hetzelfde objectief.
- j. Indien er hervluchten nodig zijn, moet het opnieuw gevlogen deel van een strook goed aansluiten op de reeds gevlogen vliegstroken. Dit wordt bereikt door een overlap aan te houden van minimaal drie luchtfoto's aan beide zijden van het hervlogen gebied. Bij de hervluchten wordt dezelfde camera en hetzelfde objectief gebruikt als bij de oorspronkelijke vlucht.
- k. Bij het inwinnen van de luchtfoto's mag pas na het einde van elke vliegstrook het vliegtuig „gestuurd” worden naar het begin van de volgende vliegstrook.
- l. De absolute tolerantie van een luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende luchtfoto's in een vliegstrook mogen voor wat betreft de omega- en de phi-hoek niet groter zijn dan vier graden. Voor de kappa-hoek geldt een relatieve tolerantie van maximaal vijf graden.
- m. Het schaalverschil tussen opeenvolgende luchtfoto's mag maximaal 3% bedragen.
- n. Per fotovlucht worden de begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtfoto's en de tijdstippen van eventuele onderbrekingen geregistreerd.
- o. Gedurende de fotovlucht mag het te fotograferen blok niet geheel of gedeeltelijk getroffen zijn door een overstroming of geheel of gedeeltelijk bedekt zijn met neerslag, die objecten op het terrein onzichtbaar maakt in de luchtfoto's.

---

<sup>2</sup> bijvoorbeeld via <https://www.flightradar24.com>

- p. Indien zich binnen een blok uiterwaarden bevinden, mag de fotovlucht niet plaatsvinden wanneer de uiterwaarden onder water staan.

## 6.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Per uitgevoerde fotovlucht een vluchtrapport. Het rapport bevat in ieder geval de volgende informatie:
  - De vliegdatum.
  - De begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtfoto's en het tijdstip of de tijdstippen van eventuele onderbrekingen.
  - De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldhoogte.
  - Het totale aantal gemaakte luchtfoto's.
  - Het aantal gemaakte luchtfoto's per vliegstrook.
  - Het gebruikte camerasysteem met het daarbij behorende objectief, inclusief de serienummers.
  - Het gebruikte IMU-systeem inclusief het bijbehorende serienummer.
  - Het ingezette vliegtuig inclusief het registratienummer.
  - Opmerkingen over de weersgesteldheid ten tijde van het inwinnen van de luchtfoto's.
  - Overige van belang zijnde opmerkingen.
- b. Per uitgevoerde fotovlucht een grafiek waaruit de kwaliteit van de uitgevoerde trajectberekening blijkt inclusief een afschatting van de behaalde kwaliteit van de vluchtoriënteringen per luchtfoto in de vorm van de projectiecentra in X-, Y- en Z-richting en de kijkhoeken roll, pitch en yaw. De opdrachtnemer laat tevens zien hoe hij deze berekening heeft uitgevoerd en welke instellingen zijn gebruikt.
- c. Per blok een bestand met de beeldmiddens van de gemaakte luchtfoto's.
- d. Per blok een bestand met een schematische weergave van het gebied, dat is afgebeeld op de luchtfoto's van het blok. Dit bestand wordt ook wel het footprintsoverzicht genoemd.
- e. Een document waarin is beschreven ten opzichte van welk assenstelsel de vluchtoriënteringen zijn geleverd, in welke eenheden de rotatiehoeken zijn geleverd, hoe de draaiingen van de rotatiehoeken zijn gedefinieerd en hoe de rotatievolgorde is van de individuele rotatiematrices voor het verkrijgen van de rotatiematrix, die de benaderde<sup>3</sup> draaiing van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel beschrijft.

Bijlage 1 van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

## 6.3. Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties.

Bij de controle wordt gecontroleerd of de producten voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle in paragraaf 6.2 vermelde producten daadwerkelijk geleverd?
- Zijn de opnamevluchten uitgevoerd in de daarvoor bestemde periode?
- Zijn naast elkaar gelegen stroken zoveel mogelijk op eenzelfde dag gevlogen?
- Voldoen de terreinomstandigheden ten tijde van het inwinnen van de foto's aan de gestelde eisen?
- Voldoen de hoekverdraaiingen van en tussen opeenvolgende foto's aan de daaraan gestelde eisen?
- Is het camerakalibratierapport maximaal twee jaar oud?

<sup>3</sup> Benaderd aangezien het hier de in het vliegtuig geregistreerde parameters betreft en niet de na het doorlopen van een triangulatie- en blokvereffeningsstap verkregen vereffende absolute oriënteringsparameters.

## 7. Luchtfoto's

De ingewonnen luchtfoto's moeten voldoen aan de in dit hoofdstuk vermelde specificaties. In bepaalde gevallen geldt dat afgeweken mag worden van de specificaties. Er wordt dan een maximale procentuele afwijking gegeven, die niet overschreden mag worden. Verder geldt dat afwijkingen nooit geclusterd mogen voorkomen.

### 7.1. Specificaties luchtfoto's

De ingewonnen luchtfoto's dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- a. De geometrische resolutie van elke individuele pixel moet op maaiveldhoogte minimaal de door de opdrachtgever per perceel opgegeven waarde bezitten. De opgegeven pixelgrootte in de te leveren luchtfoto's mag nooit verkregen worden door het resampelen van met een lagere resolutie ingewonnen luchtfoto's naar de voorgeschreven resolutie.
- b. De luchtfoto's moeten een natuurgetrouwe kleurweergave bezitten.
- c. Alle luchtfoto's moeten vrij zijn van wolken en wolkschaduw. Er is een afwijking van 2% toegestaan voor het aspect wolkschaduw.
- d. De luchtfoto's mogen bij een vergroting van 200% op een beeldscherm geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- e. De luchtfoto's dienen zodanig scherp te zijn dat bij in het beeld aanwezige scherpe terreindetails de overgang van een maximale naar een minimale kleurwaarde in het beeld, of omgekeerd, aldaar maximaal twee pixels mag beslaan. Dat wil zeggen dat de overgang maximaal twee pixels bevat die een pixelwaarde hebben tussen de maximale kleurwaarde en de minimale kleurwaarde.
- f. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van een luchtfoto aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van de foto's minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
  - Trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
  - Straatkolken en rioolputten.
  - Uitbouwen aan woningen.Er is een afwijking van 2% toegestaan bij trottoirbanden, verschillen in verhardingsmateriaal op wegen en uitbouwen aan woningen. Op het aspect straatkolken en rioolputten is een afwijking van 10% toegestaan.
- g. De radiometrische resolutie moet zowel in de donkere delen van het beeld als in de lichte delen van het beeld per 8-bits kleurkanaal beter zijn dan een standaardafwijking van drie grijswaarde-niveaus voor het rode en het groene kanaal en vijf grijswaarde-niveaus voor het blauwe kanaal. Een afwijking van 2% is toegestaan.
- h. Per 8-bits kleurkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. Tevens geldt dat 5% aan de linker- en rechterzijde van het histogram niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram mag bevatten zonder dat er sprake is van pieken bij bepaalde pixelwaarden. De in dit punt vermelde voorwaarden gelden alleen voor luchtfoto's, waarbij de histogrambreedte niet beperkt wordt door de beeldinhoud.
- i. Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de te leveren beelden aanwezig zijn.
- j. Alle luchtfoto's moeten een unieke naam hebben.

## 7.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een rapport waarin gedetailleerd is beschreven hoe het opname- en verwerkingsproces heeft plaatsgevonden.
- b. Alle gemaakte kleurenfoto's.
- c. Metadatat informatie voor elke luchtfoto. Deze metadata moet voldoen aan het courante Nederlandse metadataprofiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd.
- d. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel luchtfoto's.

**Bijlage 1** van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

## 7.3. Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de verwachte inhoud?
- Hebben alle geleverde producten de juiste benaming?
- Geven de geleverde luchtfoto's een volledige stereoscopische bedekking van het projectgebied?
- Bezitten alle luchtfoto's een unieke naam, die voldoet aan het voorgeschreven formaat?
- Komen de benamingen van de luchtfotobestanden, zoals gebruikt in alle daarnaar verwijzende bestanden, overeen met de daadwerkelijke benamingen van deze luchtfotobestanden?
- Kunnen alle controles met de geleverde bescheiden uitgevoerd worden?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Is de kleurdiepte van de geleverde luchtfoto's voldoende?
- Zijn, per luchtfoto, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Zijn alle luchtfoto's vrij van wolken?
- Voldoen alle luchtfoto's aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Zijn er compressieartefacten waarneembaar?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Zijn de kleuren natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van een luchtfoto nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Zijn alle kleurkanalen juist gecoregistreerd in de luchtfoto.

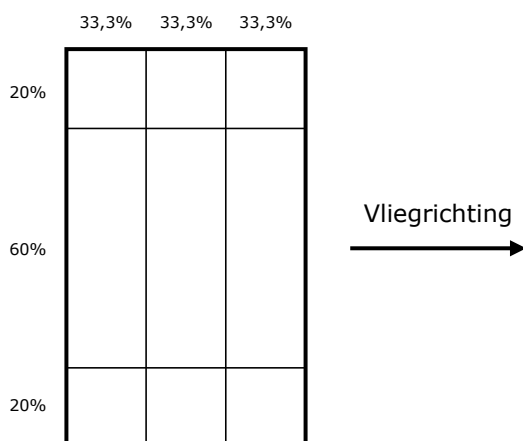
## 8. Aerotriangulatie en Blokvereffening

De opdrachtgever wil digitale luchtfoto's ontvangen met een dermate hoge geometrische en radiometrische kwaliteit dat hiermee in het gehele perceel hoogwaardige stereokarteringen mogelijk zijn met een absolute (RD)-pixelpositioneringsprecisie van 20 centimeter of beter. Dit betekent dat de opdrachtnemer aerotriangulaties en blokvereffeningen voor het gehele perceel moet uitvoeren.

### 8.1. Specificaties aerotriangulatie

De uit te voeren aerotriangulatie en blokvereffening dient aan de volgende specificaties te voldoen:

- a. Verbindingspunten dienen stochastisch onafhankelijk van elkaar te zijn. Daarnaast dient er gelet te worden op de balans tussen de hoeveelheid verbindingspunten en de hoeveelheid aansluitpunten, zijnde de paspunten en de met behulp van het GNSS- en het IMU-systeem bepaalde coördinaten en oriënteringen van de projectiecentra. Aan beide voorwaarden wordt voldaan wanneer men voldoet aan de volgende eisen:
  - De onderlinge afstand tussen de in de luchtfoto's gematchte verbindingspunten is minimaal  $\sqrt{2}$ -maal groter dan de ingestelde patchgrootte in de matchingsprogrammatuur<sup>4</sup>.
  - Per luchtfoto zijn minimaal 18 en maximaal 80 verbindingspunten gebruikt waarbij in elk Von Gruber gebied minimaal twee verbindingspunten aanwezig zijn tenzij dit onmogelijk is vanwege de terreinomstandigheden. In dit verband is een Von Gruber gebied gedefinieerd als een gebied, dat verkregen wordt wanneer men het oppervlak van een luchtfoto verdeelt in negen delen (zie onderstaande figuur met een voorbeeld bij een dwarsoverlap van 20%).



- b. Luchtfoto's, waarbij het niet mogelijk is om in alle negen Von Gruber gebieden verbindingspunten te definiëren, worden vermeld in de aan de opdrachtgever te leveren kwaliteitsrapportage. Bij dergelijke luchtfoto's is het vaak wél mogelijk om in een aantal Von Gruber gebieden verbindingspunten te identificeren. Dergelijke foto's worden wél getrianguleerd en opgenomen in de blokvereffening tenzij het foto's betreft waarbij het aantal verbindingspunten te gering is voor een betrouwbare koppeling van deze foto's aan het fotogrammetrische blok. Voorbeelden zijn luchtfoto's waarop hoofdzakelijk water is afgebeeld of luchtfoto's waarbij de verbindingspunten verdeeld zijn over een smalle band in de foto. Luchtfoto's met vier of minder verbindingspunten mogen nooit onderdeel zijn van een fotogrammetrisch blok.
- c. De kwaliteit van de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen moet zodanig goed zijn dat deze waarnemingen in de blokvereffening een a priori standaardafwijking bezitten, die  $\frac{1}{3}$  deel of beter is dan de pixelgrootte van de opnamecamera.
- d. De verbindingspunten moeten in alle foto's, waarin deze zichtbaar zijn, aangemeten zijn.

<sup>4</sup> Een voorbeeld:

Indien de patchgrootte bij digitale beelden met een pixelgrootte van  $6 \mu\text{m}$   $20 \times 20$  pixels bedraagt en de opnameschaal bedraagt  $1 : 10.000$  moet de afstand tussen de verbindingspunten op terreinschaal minimaal  $(\sqrt{2} \times (20 \times 0,006 \times 0,001 \times 10.000)) = 1,7$  meter bedragen

- e. Verbindingspunten mogen alleen gelegen zijn op topografische objecten waarvan zeker is dat deze objecten tijdens de fotovlucht niet bewegen.
- f. Paspunten moeten handmatig in alle foto's, waarin de paspunten zichtbaar zijn, aangemeten worden.
- g. Bij aanvang van het project zal de opdrachtgever de coördinaten van een aantal zich nabij de perceelsgrens bevindende paspunten leveren aan de opdrachtnemer. De opdrachtnemer dient deze paspunten als extra paspunten in de luchtfoto's aan te meten en op te nemen in de blokvereffening.

## 8.2. Specificaties blokvereffening

Er worden de volgende eisen gesteld aan de uit te voeren blokvereffeningsberekeningen:

- a. De blokvereffening moet uitgevoerd worden volgens de zogenoemde stralenbundelmethode waarbij voor het oplossen van het optimalisatievraagstuk de methode der kleinste kwadraten wordt gebruikt.
- b. Bij de kleinste kwadraten vereffeningsberekeningen mogen geen additionele parameters als op te lossen onbekenden meegeschat worden. Hieronder worden ook offset- en driftparameters van de waarnemingen van het projectiecentrum, de boresightcorrectie, de lever arm correctie en parameters voor aardkromming en refractie verstaan. Alleen indien er een duidelijke aanwijsbare fysische reden is om toch aanvullende parameters te gebruiken, kan de opdrachtgever besluiten dit toe te staan.
- c. Voordat de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen gebruikt worden in de blokvereffening mogen de waarnemingen alleen gecorrigeerd worden voor de in het desbetreffende camera-kalibratierapport vermelde camerakalibratieparameters zodat de waarnemingen beschouwd mogen worden als horende bij een camera, die exact voldoet aan de wiskundige definitie van een centraal projectieve afbeelding.
- d. Alle in het blok zichtbare en aangemeten paspunten maken deel uit van de blokvereffening.
- e. Het volgende kansmodel wordt bij de blokvereffening gebruikt:
  - A priori standaardafwijking voor de fotogrammetrische waarnemingen:
    - $\frac{1}{3}$  deel van de pixelgrootte van de gebruikte opnamecamera of een betere waarde indien de opdrachtnemer van mening is dat dit mogelijk is.
  - A priori standaardafwijking voor de paspunten:
    - Drie centimeter voor de X-coördinaat van een paspunt.
    - Drie centimeter voor de Y-coördinaat van een paspunt.
    - Zes centimeter voor de Z-coördinaat van een paspunt.
  - A priori standaardafwijking voor de projectiecentra:
    - Realistische waarden voor de coördinaten en kijkrichtingen van de projectiecentra, die passen bij de resultaten van de uitgevoerde trajectberekening.
- f. De blokvereffening moet plaatsvinden in de vorm van een aansluitingsberekening waarbij de paspunten geen kleinste kwadratencorrectie mogen krijgen. Dit wordt ook wel een pseudo kleinste kwadratenberekening genoemd.
- g. Bij de onder punt f vermelde blokvereffening moet de a posteriori standaardafwijking voor alle verbindingspunten in de planimetrie 15 centimeter of beter zijn.
- h. De per luchtfoto te leveren stand- en positieparameters dienen een zodanige kwaliteit te bezitten dat deze parameters in combinatie met de desbetreffende luchtfoto's op een fotogrammetrisch workstation direct parallaxvrije stereomodellen vormen, die correct gepositioneerd zijn in de (RD, NAP)-geometrie. Onder parallaxvrij wordt verstaan dat binnen het gehele stereomodel lichtstralen, afkomstig van corresponderende punten, elkaar in het overeenkomstige driedimensionale objectpunt moeten snijden waarbij de nauwkeurigheid van deze snijding beter is dan twee pixels.

- i. Aan weerszijden van een blok- of perceelsgrens mag de planimetrische afwijking van in stereo-modellen aangemeten eenduidig identificeerbare topografische punten niet groter zijn dan 20 centimeter indien men deze punten aanmeet in een stereomodel uit het ene blok en een stereomodel uit het andere blok.
- j. Luchtfoto's, die vanwege het gestelde in paragraaf 8.1, punt b, geen onderdeel zijn van de blokvereffening, worden voorzien van stand- en positieparameters, verkregen uit de GNSS-informatie, de IMU-informatie, de boresightparameters en de lever arm gegevens.
- k. De opdrachtnemer is vrij in het gebruik van kleinste kwadraten vereffeningsprogrammatuur. Het is in dit verband belangrijk om te vermelden dat de door de opdrachtnemer geleverde blokvereffeningsgegevens op kwaliteit gecontroleerd gaan worden volgens de Delftse methode. De door de opdrachtgever uitgevoerde controleberekening moet bevestigen dat het geleverde blokvereffeningsresultaat voldoet aan de volgende kengetallen:
  - De F-toets (globale test) is kleiner gelijk is aan 1.
  - De w-toetsen voldoen aan de volgende verdeling:
    - 60% van de w-toetsen is kleiner zijn dan 1,0.
    - 90% van de w-toetsen is kleiner zijn dan 2,0.
    - 96% van de w-toetsen is kleiner zijn dan 3,0.
    - 98% van de w-toetsen is kleiner zijn dan 3,29.
    - 100% van de w-toetsen is kleiner zijn dan 4,0.

### 8.3. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een rapport waarin gedetailleerd is beschreven hoe het triangulatie- en blokvereffeningsproces heeft plaatsgevonden. Het rapport bevat verder een samenvatting van de ingestelde waarden en de behaalde resultaten. Tevens worden in het rapport eventuele afwijkende instellingen en resultaten genoemd en toegelicht.
- b. Een bestand met de resultaten van de uitgevoerde blokvereffening.
- c. Een bestand met de namen en coördinaten van de bij de vereffening gebruikte paspunten.
- d. Een bestand met de namen en coördinaten van de gebruikte fotogrammetrische waarnemingen. De waarnemingen zijn opgeschoond voor eventuele meetfouten en hebben betrekking op het blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten zonder dat deze paspunten een kleinste kwadratencorrectie hebben gekregen. Daarbij zijn de fotogrammetrische waarnemingen statistisch geaccepteerd gegeven het in dit bestek voorgeschreven kansmodel. Er mogen in het bestand alleen waarnemingen opgenomen zijn, die bijdragen aan de vereffening. Waarnemingen die slechts in één opname voorkomen of waarnemingen waarvoor geen corresponderend vereffend verbindingspunt aanwezig is, moeten derhalve verwijderd zijn.
- e. Een bestand met de namen en coördinaten van de berekende verbindingspunten.
- f. Per blok een bestand met de vluchtoriënteringen per luchtfoto in de vorm van de (XYZ)-coördinaten en de kijkhoeken roll, pitch en yaw voor alle luchtfoto's in het getrianguleerde en vereffende blok.
- g. Per blok een bestand met de vluchtoriënteringen per luchtfoto in de vorm van de (XYZ)-coördinaten van de projectiecentra en de kijkhoeken roll, pitch en yaw voor alle luchtfoto's in het blok<sup>4</sup>, exclusief de bij de dwarsstroken behorende foto's.
- h. Een bestand met de bij de blokvereffening berekende absolute oriënteringselementen voor alle luchtfoto's in het getrianguleerde en vereffende blok.
- i. Een bestand met de absolute oriënteringselementen voor alle ingewonnen luchtfoto's in het blok<sup>5</sup>, exclusief de bij de dwarsstroken behorende foto's.
- j. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel aerotriangulatie en blokvereffening.

---

<sup>5</sup> inclusief de luchtfoto's, die niet getrianguleerd zijn.

Bijlage 1 van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

#### 8.4. Kwaliteitscontrole

De geleverde bescheiden zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de juiste inhoud?
- Komen de benamingen van de luchtfotobestanden, zoals gebruikt in alle geleverde bestanden, overeen met de daadwerkelijke benamingen van deze luchtfoto's?
- Kunnen alle controles met de geleverde producten uitgevoerd worden?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Voldoen de geleverde rotatiehoeken aan de voorgeschreven eisen ten aanzien van hoekdefinitie en rotatievolgorde?
- Zijn de stereomodellen parallaxvrij?
- Voldoet de absolute positioneringsprecisie van elk stereomodel aan de daaraan gestelde eisen?
- Is het voorgeschreven a priori kansmodel gebruikt?
- Zijn de in de vereffening gebruikte a priori standaardafwijkingen in overeenstemming met de resultaten van de uitgevoerde trajectberekeningen?
- Voldoen de a posteriori standaardafwijkingen van de verbindingpunten aan de gestelde eisen?
- Zijn de verbindingpunten in alle mogelijke foto's aangemeten?
- Zijn de paspunten in zoveel mogelijk foto's aangemeten?
- Zijn er voldoende punten gemeten? Zo niet, zijn deze uitzonderingen verklaard en is deze verklaring acceptabel?
- Zijn er niet teveel verbindingpunten en/of zeer dicht bij elkaar gelegen verbindingpunten gemeten?
- Zijn de gemeten verbindingpunten stochastisch ongecorrleerd?
- Zijn de punten goed verdeeld over de Von Gruber gebieden?

In het kader van de kwalitatieve controle zal het Kadaster een controleblokvereffening uitvoeren. Deze controleberekening bestaat uit twee stappen, te weten:

- a. Een zogenoemde vrije netwerk kleinste kwadratenvereffening voor het beoordelen van de kwaliteit van de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen.  
De controleberekening moet uitwijzen of de F-toets (globale test) kleiner of gelijk is aan 1 en de w-toetsen voldoen aan de volgende verdeling:
  - 60% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 1,0.
  - 90% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 2,0.
  - 96% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 3,0.
  - 98% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 3,29.
  - 100% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 4,0.

- b. Een zogenoemde pseudo kleinste kwadraten aansluitingsvereffening voor het beoordelen van de aansluiting van het fotogrammetrische blok op de paspunten, de kwaliteit van de projectiecentra en de kwaliteit van de absolute oriënteringsparameters. De controleberekening moet uitwijzen of de F-toets (globale test) kleiner of gelijk is aan 1 en de w-toetsen van de paspunten, de drie projectiecentracoördinaten (X,Y,Z) en de drie oriënteringsparameters (omega, phi, kappa) voldoen aan dezelfde verdeling als genoemd onder punt [a](#).

## 9. Orthofotomozaïeken

Orthofotomozaïeken zijn geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtfoto's, waarbij elk beeldelement is uitgedrukt in het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting.

Er dienen twee typen orthofotomozaïeken geleverd te worden, te weten:

1. "Quick-orthofotomozaïeken". Dit zijn orthofotomozaïeken, die aan alle in paragraaf 9.1 van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.
2. "Orthofotomozaïeken". Dit zijn orthofotomozaïeken, die aan alle in paragraaf 9.2 van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.

### 9.1. Quick-orthofotomozaïeken

#### 9.1.1. Specificaties quick-orthofotomozaïeken

Quick-orthofotomozaïeken zijn orthofotomozaïeken, die niet aan de hoogste kwaliteitseisen hoeven te voldoen maar daardoor wél snel geleverd kunnen worden. De kwaliteit van de geositionering is minder hoog en er zijn geen eisen gesteld aan de kniplijnen binnen de mozaïeken.

De quick-orthofotomozaïeken dienen te voldoen aan de volgende eisen:

- a. De grondpixelresolutie van de quick-orthofotomozaïeken moet de door de opdrachtgever per perceel opgegeven waarde bezitten.
- b. De quick-orthofotomozaïeken bezitten een tegelgrootte van 1.000 meter in noord-zuid richting en 1.000 meter in oost-west richting met een uitlijning langs de kilometerlijnen van het RD-coördinatenstelsel.
- c. De quick-orthofotomozaïeken mogen geen thumbnails in het dataformaat bezitten en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare CAD-/GIS-omgevingen.
- d. De quick-orthofotomozaïeken mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 100% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- e. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van elk quick-orthofotomozaïek aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van het quick-orthofotomozaïek minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
  - Trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
  - Straatkolken en rioolputten.
  - Uitbouwen aan woningen.
- f. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel dient voor alle pixels op maaiveldhoogte beter te zijn dan één meter.
- g. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook dient de opdrachtnemer aan de bij punt f vermelde precisie-eis te voldoen.

#### 9.1.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor het gehele projectgebied alle 24-bits RGB quick-orthofotomozaïeken.

Bijlage 1 van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

#### 9.1.3. Kwaliteitscontrole

De geleverde quick-orthofotomozaïeken worden gecontroleerd op:

- de volledige bedekking van het gebied;
- de leesbaarheid;
- de geometrische positioneringsprecisie-eis van één meter of beter.

## 9.2. Orthofotomozaïeken

### 9.2.1. Specificaties orthofotomozaïeken

De te leveren orthofotomozaïeken dienen te voldoen aan de volgende eisen:

- a. Nergens in een orthofotomozaïek mag de omvalling meer bedragen dan 45 centimeter per meter hoogte van een object.
- b. De grondpixelresolutie van de orthofotomozaïeken moet de door de opdrachtgever per perceel opgegeven waarde bezitten.
- c. De orthofotomozaïeken bezitten een tegelgrootte van 1.000 meter in noord-zuid richting en 1.000 meter in oost-west richting met een uitlijning langs de kilometerlijnen van het RD-coördinatenstelsel.
- d. De orthofotomozaïeken mogen geen thumbnails bevatten en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare CAD-/GIS-omgevingen.
- e. Alle ingewonnen luchtfoto's moeten gebruikt worden bij het orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Dit betekent dat het niet is toegestaan om alleen de monoscopische bedekking van het projectgebied (dus alleen de beelden met 20% langsoverlap) te gebruiken in dit proces. Idem dito is het niet toegestaan om bij een 80% overlap alleen de beelden met 60% langsoverlap of 20% langsoverlap te gebruiken bij het vervaardigingsproces.
- f. De niet gecompriëerde orthofotomozaïeken mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- g. De gecompriëerde orthofotomozaïeken mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 100% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- h. Per 8-bits kleurkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. Tevens geldt dat 5% aan de linker- en rechterzijde van het histogram niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram mag bevatten zonder dat er sprake is van pieken bij bepaalde pixelwaarden. De in dit punt vermelde voorwaarden gelden alleen voor luchtfoto's, waarbij de histogrambreedte niet beperkt wordt door de beeldinhoud.
- i. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van elk orthofotomozaïek aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van het orthofotomozaïek minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
  - Trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
  - Straatkolken en rioolputten.
  - Uitbouwen aan woningen.
- j. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel voor alle pixels op maaiveldhoogte dient gelijk aan of beter te zijn dan 20 centimeter. Deze positioneringseis dient opgevat te worden als de afwijking waarbinnen 68% van alle pixels zich moeten bevinden. Voorts geldt dat 95% van de pixels een positioneringsprecisie van 40 centimeter of beter moet bezitten en 99% van alle pixels een precisie van 60 centimeter of beter. Geometrische afwijkingen met eenzelfde richting ten opzichte van het RD-stelsel mogen niet geclusterd voorkomen. Voor het behalen van de in dit punt genoemde geometrische precisie-eisen kan de opdrachtnemer een eigen hoogtemodel gebruiken of het Open Data AHN3/AHN4-model.
- k. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook dient de opdrachtnemer aan de bij punt j vermelde precisie-eisen te voldoen. De opdrachtnemer dient zich te realiseren dat de beschikbare hoogtemodellen niet in alle gevallen direct bruikbaar zullen zijn bij het orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Zo dient men zich o.a. te realiseren dat:
  - wanneer de laserdata niet simultaan zijn ingewonnen met de luchtfoto's, de actualiteit van de hoogtemodellen niet overeenkomt met de actualiteit van de ingewonnen foto's waardoor de hoogtemodellen niet overal de actuele maaiveldhoogte weergeven. Waar dit het geval is, zal het hoogtemodel verbeterd moeten worden zodat de voorgeschreven geometrische positioneringsprecisie wordt gehaald en objecten in het orthofotobeeld niet worden vervormd;

- er in de hoogtedata altijd een beperkte hoeveelheid filterfouten aanwezig is waardoor het maaiveldhoogtebestand punten bevat, die niet op maaiveldhoogte gelegen zijn. Dergelijke punten kunnen ertoe leiden dat de voorgeschreven geometrische positioneringsprecisie niet wordt gehaald en dat objecten in het orthofotobeeld vervormd worden weergegeven. Om dit te vermijden dient men dergelijke filterfouten op te sporen en te verwijderen;
  - lokaal zeer afwijkende hoogten, zoals bijvoorbeeld opgehoogde tuinen bij huizen, opgehoogde terreinen en nieuw aangelegde taluds, kunnen zorgen voor interpolatiefouten;
  - er zogenoemde “no-data” gebieden (uitgefilterde gebieden) aanwezig kunnen zijn die, afhankelijk van de wijze van interpolatie, voor vervormingen kunnen zorgen;
  - het inwinnen van aanvullende hoogtegegevens of het bewerken van AHN3/AHN4-data voor eigen rekening van de opdrachtnemer is.
- l. Zich niet op maaiveldhoogteniveau bevindende kunstwerken, zoals bijvoorbeeld bruggen en viaducten, mogen niet als vervormde (kromme) objecten in een orthofotomozaïek zichtbaar zijn. De opdrachtgever accepteert dat bij dergelijke kunstwerken de geometrische pixelpositioneringsprecisie niet voldoet aan de desbetreffende technische specificaties. In plaats van het inwinnen van aanvullende hoogten bij de kunstwerken zou men ook kunnen denken aan het “knippen” van dergelijke objecten uit de desbetreffende ingewonnen luchtfoto en het verantwoord “plakken” van het deelbeeld in het orthofotomozaïek. Onder “verantwoord” wordt hier verstaan dat in het orthofotomozaïek visueel niet zichtbaar is dat een kunstwerk in het beeld is “geplakt”. De opdrachtnemer blijft uiteraard wél verantwoordelijk voor een correct gebruik van het hoogtemodel in zijn orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Dit betekent onder meer dat de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor een correcte hoogte-interpolatie (zie ook punt [k](#) hiervoor). Er is een afwijking van 2% van het aantal kunstwerken toegestaan.
- m. Daar waar er ten behoeve van het verwijderen van de overlap tussen naburige luchtfoto’s binnen een blok en tussen de blokken in een perceel zogenaamde knippolygonen worden gedefinieerd, dienen deze te voldoen aan de volgende eisen:
- Een knippolygoon moet zich altijd in een overlapgebied bevinden;
  - Een knippolygoon mag nooit door bebouwing gaan, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden;
  - Een knippolygoon mag nooit door kunstwerken gaan;
  - Een knippolygoon wordt altijd op maaiveldniveau gelegd;
  - De ligging van een knippolygoon moet zodanig gekozen worden dat de terreineigenschappen aan weerszijden van de polygoon ervoor zorgen dat de exacte kniplijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
- n. In stedelijk gebied wordt langs de knippolygonen geen gebruik gemaakt van de “feathering”-techniek. In de overige gebieden mag feathering toegepast worden met maximaal drie pixels aan beide kanten van de knippolygoon. Het feathering-gebied mag niet door bebouwing gaan.
- o. De kleurverschillen in een orthofotomozaïek ten gevolge van het feit dat het orthofotomozaïek is samengesteld uit verschillende digitale luchtfoto’s dienen binnen een blok geminimaliseerd te zijn.
- p. De kleurverschillen tussen blokken binnen één perceel dienen zo veel mogelijk geminimaliseerd te zijn.

### 9.2.2. Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor het gehele projectgebied alle 24-bits ongecomprimeerde kleurenorthofotomozaïeken.
- b. Voor het gehele projectgebied alle 24-bits gecomprimeerde kleurenorthofotomozaïeken in twee verschillende bestandsformaten.
- c. Georeferentie-bestanden, die behoren bij de onder punt **b** vermelde orthofotomozaïeken.
- d. Eén of meerdere bestanden met de door de opdrachtnemer bij de orthofotomozaïekvervaardiging gebruikte knippolygonen.
- e. Metadatainformatie voor elk orthofotomozaïek. Deze metadata moet voldoen aan het courante Nederlandse metadataprofiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd.
- f. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel orthofotomozaïekvervaardiging.

**Bijlage 1** van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

### 9.2.3. Kwaliteitscontrole

De geleverde bescheiden zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de juiste inhoud?
- Hebben alle geleverde bescheiden de juiste benaming?
- Geven alle orthofotomozaïeken tezamen een volledige bedekking van het projectgebied?
- Kunnen alle controles met de geleverde producten uitgevoerd worden?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Is de kleurdiepte van de geleverde orthofotomozaïeken voldoende?
- Zijn, per orthofotomozaïek, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Voldoen de histogrammen aan de gestelde eisen en zijn de kleuren natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van de orthofotomozaïeken nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten?
- Zijn de orthofotomozaïeken in zichzelf en in combinatie met naburige orthofotomozaïeken vrij van kleurovergangen?
- Zijn de kniplijnen tussen de individuele foto's binnen de mozaïeken correct gekozen?
- Zijn de dakranden en noklijnen van gebouwen afgebeeld als rechte lijnen in de orthofotomozaïeken?
- Zijn bruggen en viaducten visueel correct afgebeeld in de orthofotomozaïeken?

## Bijlage 1: Naamgeving en structuur van de bestanden

### 1. Inleiding

Deze bijlage geeft informatie over de inhoud, de structuur en het formaat van de in het kader van het project aan de opdrachtgever te leveren bestanden.

De naamgeving van de te leveren bestanden is geüniformeerd waarbij telkens een bepaalde lettercombinatie vervangen wordt door hetgeen is vermeld in [tabel 1](#).

| Lettercombinatie | In te vullen door de opdrachtnemer                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| YYYY             | Het jaartal waarop de uitvoering van het project betrekking heeft                                                                                                                                                                                                                |
| MM               | De maand waarin de luchtfoto's zijn gemaakt (01-12)                                                                                                                                                                                                                              |
| DD               | De dag waarop de luchtfoto's zijn gemaakt zijn (01-31)                                                                                                                                                                                                                           |
| ppppppppp        | Een uniek volgnummer dat maar éénmaal mag voorkomen, waarbij de eerste positie gebruikt wordt voor het perceelsnummer, de tweede en derde positie voor het bloknummer, de vierde en vijfde positie voor het strooknummer en de zesde t/m de negende positie voor het fotonummer. |
| PP               | Het perceelsnummer waarop het bestand betrekking heeft                                                                                                                                                                                                                           |
| BB               | Het bloknummer waarop een bestand betrekking heeft                                                                                                                                                                                                                               |
| cccccccccccc     | Het serienummer van een camera zoals vermeld in het camerakalibratierapport                                                                                                                                                                                                      |
| zzzzzz           | Een paspuntnaam                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NN               | Het sessienummer bij het meten van paspunten of een uniek nummer bij het uitvoeren van meerdere fotovluchten op één dag.                                                                                                                                                         |
| xxxxxx           | De x-coördinaat van de linkerbovenhoek van een orthofotomozaïek                                                                                                                                                                                                                  |
| yyyyyy           | De y-coördinaat van de linkerbovenhoek van een orthofotomozaïek                                                                                                                                                                                                                  |

*Tabel 1: Naamgeving in te leveren bestanden*

Een deel van de te leveren bestanden betreft bestanden in het shape-formaat. Wanneer hier sprake van is, dienen de in het bestand aanwezige positiegegevens altijd uitgedrukt te zijn in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel met de instelling "Amersfoort RD New" en EPSG-code 28992.

Een deel van de te leveren bestanden betreft tekstbestanden met de bestandsextensie .txt. Dergelijke bestanden mogen uitsluitend ASCII-tekens bevatten. Verder gelden de volgende specificaties:

- Elk record (regel) in het bestand wordt afgesloten met een "carriage-return, line feed" (CRLF).
- Velden in een record worden van elkaar gescheiden door minimaal één spatie.

Tenzij anders vermeld, worden positiegegevens in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel altijd uitgedrukt in meters met drie decimalen.

Alle oriënteringshoeken zijn vermeld in graden met vier decimalen.

## **2. Bestanden bij onderdeel "Beschikbare materialen"**

De volgende bestanden worden door de opdrachtgever bij aanvang van het project geleverd aan de opdrachtnemer:

### **Bestand "YYYY\_perceelsindeling\_hrl.shp"**

Een bestand in shape-formaat met de verdeling van het BM5-project in percelen, de voorgeschreven overlapperpercentages en de opnameresolutie(s) per perceel.

### **Bestand "YYYY\_BM\_Paspunten.shp"**

Een shape-bestand met paspunten, die gebruikt zijn in eerdere BM-projecten. Er wordt geen garantie gegeven of deze punten nog bruikbaar zijn.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_vliegplan\_paspuntenplan\_PP\_BB\_hrl.xls"**

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van het vlieg- en paspuntenplan aan de opdrachtgever.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_paspunten\_PP\_BB\_hrl.xls"**

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van gemarkeerde en gemeten paspunten aan de opdrachtgever.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_luchtopnamen\_PP\_BB\_hrl.xls"**

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van de luchtfoto's aan de opdrachtgever.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_AT\_PP\_BB\_hrl.xls"**

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van de aerotriangulatie- en blokvereffeningsgegevens aan de opdrachtgever.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_ortho\_PP\_BB\_hrl.xls"**

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van de orthofotomozaïeken aan de opdrachtgever.

De AHN3/AHN4-laseraltimetriebestanden van geheel Nederland in een regelmatig grid van 0,5 meter en een regelmatig grid van 5 meter zijn als open data te downloaden. Meer informatie over deze bestanden is te vinden op de website [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl).

Het dataformaat van deze bestanden is het „GeoTiff Formaat”.

### 3. Bestanden bij onderdeel “Vliegplan en paspuntenplan”

De volgende bestanden worden geleverd:

#### **Bestand “YYYY\_vliegplan\_paspuntenplan\_PP\_BB\_hrl.pdf”**

Een pdf-bestand met de volgende inhoud:

- Een ondergrond van een topografische kaart, waarop de volgende informatie is afgebeeld:
  - de ligging van de te markeren en in te meten paspunten.
  - de grenzen van het perceel.
  - de blokindeling binnen het perceel.
  - de geplande footprints van de in te winnen luchtfoto's.
- Een opgave van het in te zetten vliegtuig inclusief het registratienummer c.q. van de in te zetten vliegtuigen inclusief de registratienummers.
- Een opgave van de in te zetten camera of camera's inclusief de brandpuntsafstand(en) van het objectief.
- Een opgave van het in te zetten GNSS- en IMU-systeem.
- De gekozen vlieghoogte per camera.
- De geplande vliegtijd per blok.

#### **Bestand “YYYY\_vliegplan\_blokindeling\_PP\_hrl.shp”**

Een shape-bestand met de geplande blokindeling binnen een perceel.

#### **Bestand “YYYY\_vliegplan\_vlieglijnen\_PP\_BB\_hrl.shp”**

Een shape-bestand met de geplande vlieglijnen per blok.

#### **Bestand “YYYY\_vliegplan\_fotobegrenzingen\_PP\_BB\_hrl.shp”**

Een shape-bestand met de geplande footprints van de in te winnen luchtfoto's per blok.

#### **Bestand “YYYY\_vliegplan\_paspuntenplan\_PP\_BB\_hrl.shp”**

Een shape-bestand met de ligging van de te markeren en in te meten paspunten per blok.

#### **Bestand “YYYY\_verificatietabel\_vliegplan\_paspuntenplan\_PP\_BB\_hrl.pdf”**

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

#### **4. Bestanden bij onderdeel "Markeren en meten van paspunten"**

De volgende bestanden worden geleverd:

**Bestand "YYYY\_paspunt\_zzzzzz\_OV\_hrl.jpg"**

Een overzichtsfoto in JPEG-formaat waarop de ligging van een gemeten paspunt en de paspuntnaam zichtbaar zijn.

**Bestand "YYYY\_paspunt\_zzzzzz\_DT\_hrl.jpg"**

Een detailfoto in JPEG-formaat van een gemarkeerd paspunt. Op de foto is alleen het paspunt, de meetspijker en de paspuntnaam afgebeeld.

**Bestand "YYYY\_paspuntmetingen\_PP\_NN\_hrl.csv"**

Per meetsessie een csv-bestand met de gemeten coördinaten en de coördinaatverschillen alsmede de tijdstippen, waarop is gemeten. Dit geldt zowel voor de paspunten als voor de metingen naar bekende punten.

**Bestand "YYYY\_paspuntcoordinaten\_PP\_BB\_hrl.txt"**

Per blok een tekstbestand met de definitieve coördinaten van de paspunten, zoals die gebruikt gaan worden bij de aerotriangulatie en blokvereffening.

**Bestand "YYYY\_verificatietabel\_paspunten\_PP\_BB\_hrl.pdf"**

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

## **5. Bestanden bij onderdeel "Opnamecamera"**

De volgende bestanden worden geleverd:

### **Bestand "YYYY\_cameracalibratie\_cccccccccccccc\_hrl.pdf"**

Het camerakalibratierapport van de opnamecamera in pdf-formaat.

### **Bestand "YYYY\_vanlandscape\_naarportrait\_PP\_hrl.pdf"**

Een document in pdf-formaat met de gemaakte afspraak ten aanzien van de rotatie van de luchtfoto's van "landscape mode" naar "portrait mode".

## 6. Bestanden bij onderdeel "Fotovlucht"

De volgende bestanden worden geleverd:

### Bestand "YYYY\_vluchtrapport\_YYYYMMDD\_NN\_hrl.pdf"

Per uitgevoerde fotovlucht een pdf-bestand met minimaal de in paragraaf 6.2, punt a gevraagde inhoud. Handgeschreven en daarna gescande documenten worden niet geaccepteerd.

### Bestand "YYYY\_beeldmiddenoverzicht\_PP\_BB\_hrl.shp"

Een shape-bestand met de in het RD-stelsel uitgedrukte geografische positie van iedere gemaakte luchtfoto. Per luchtfoto moet de in onderstaande tabel vermelde attribuut informatie opgenomen zijn:

| Attribuut                                               | Toelichting                                                                                               | Formaat                     |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Naam van de foto                                        | Zonder extensie                                                                                           | Text (254)                  |
| Fotonaam                                                | Uniek nummer inclusief perceel-, blok- en lijnnummer                                                      | Double (10)                 |
| Opnamedatum                                             | UTC-datum van de opname                                                                                   | Date                        |
| Opnametijdstip                                          | UTC-tijd van de opname                                                                                    | Text (8)                    |
| Cameranummer                                            | Serienummer van de camera                                                                                 | Text (254)                  |
| Diafragma                                               | Bijvoorbeeld 5.6, 6, 11, 16                                                                               | Float (9.1)                 |
| Sluiter tijd                                            | Sluiter tijd in 1/n seconden bijv.: 125, 250, 350                                                         | Double(9)                   |
| Opdrachtnemer                                           | Naam van de opdrachtnemer                                                                                 | Text (254)                  |
| Grondpixelresolutie (GSD)                               | Op maaiveldhoogte in centimeters                                                                          | Float (9.1)                 |
| Coördinaten projectiecentra en vluchtorienteringshoeken | Uitgedrukt in respectievelijk het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in meters en in graden (roll, pitch, yaw)_ | Float (13.3) en Float (9.4) |

Tabel 2: Attribuut informatie in het shape-bestand met het beeldmiddenoverzicht

### Bestand "YYYY\_trajectberekening\_YYYYMMDD\_NN\_hrl.pdf"

Een pdf-bestand met de resultaten van de trajectberekening inclusief de gevraagde grafiek(en).

### Bestand "YYYY\_vluchtorienteringen\_PP\_hrl.pdf"

Een pdf-bestand dat verklaart hoe de roll-, pitch en yaw-hoeken zijn gedefinieerd. Dit betekent dat het document beschrijft ten opzichte van welk assenstelsel de vluchtorienteringen zijn geleverd, in welke eenheden de rotatiehoeken zijn geleverd, hoe de draaiingen van de rotatiehoeken zijn gedefinieerd en hoe de rotatievolgorde is van de individuele rotatiematrices voor het verkrijgen van de rotatiematrix, die de benaderde<sup>6</sup> draaiing van het opnamevlak ten opzichte van het XY-terreinvlak beschrijft.

### Bestand "YYYY\_footprints\_PP\_BB\_hrl.shp"

Een shape-bestand met de footprint van iedere luchtfoto.

<sup>6</sup> Benaderd aangezien het hier de in het vliegtuig geregistreerde en met de Kalman-filtering verkregen parameters betreft en niet de na het doorlopen van een triangulatie- en blokvereffeningsstap verkregen vereffende absolute oriënteringsparameters.

## 7. Bestanden bij onderdeel "Luchtfoto's"

De volgende bestanden worden geleverd:

### Bestand "YYYY\_kwaliteitsrapportage\_luchtopnamen\_YYYYMMDD\_hrl.pdf"

Een pdf-bestand waarin de opdrachtnemer gedetailleerd beschrijft hoe het verwerkingsproces heeft plaatsgevonden.

### Bestand "YYYY\_ppppppppp\_hrl.tif"

Een tiff-bestand dat één ongecomprimeerde 24-bits kleurenluchtfoto bevat. Het bestand moet minimaal de volgende tags in de Tiff-header bevatten met de in [tabel 3](#) opgegeven waarden:

| Tag                                                                                                                                                                                                                    | Waarde                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| BitsPerSample                                                                                                                                                                                                          | (8,8,8)                                |
| Compression                                                                                                                                                                                                            | None                                   |
| PhotometricInterpretation                                                                                                                                                                                              | TrueColor                              |
| PlanarConfiguration                                                                                                                                                                                                    | RGBRGBRGBRGB..... (single image plane) |
| Tile width                                                                                                                                                                                                             | 256                                    |
| Tile height                                                                                                                                                                                                            | 256                                    |
| Opmerking:<br>Er mag nimmer een zogenoemde „orientation" tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen in de header voorkomen zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt. |                                        |

Tabel 3: Inhoud Tiff-header in RGB-luchtfoto

### Bestand "YYYY\_ppppppppp\_hrl.tif.xml"

Een xml-bestand per luchtfoto met metadata-informatie, die voldoet aan het courante Nederlands metadata-profiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de luchtfoto's worden geleverd. Voor meer informatie, zie <https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/metadata/nederlands-metadataprofiel-op-iso-19115-geografie>.

### Bestand "YYYY\_verificatietabel\_luchtopnamen\_PP\_BB\_hrl.pdf"

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

## 8. Bestanden bij onderdeel "Aerotriangulatie en Blokvereffening"

De volgende bestanden worden geleverd:

### Bestand "YYYY\_blokresultaten\_aansluiting\_PP\_BB\_hrl.txt"

Een tekstbestand met de resultaten van de uitgevoerde aansluitingsblokvereffening. Dit LOG-bestand moet onder meer de volgende informatie bevatten:

- De a priori standaardafwijking van de waarnemingen;
- De a priori standaardafwijkingen van de paspunten;
- De a priori standaardafwijkingen van de posities van de projectiecentra;
- De a priori standaardafwijkingen van de stand van de projectiecentra;
- De toegepaste camerakalibratiegegevens;
- De toegepaste boresight- en lever arm parameters;
- De globale toets van de uitgevoerde blokvereffening;
- De resultaten van de statistische toetsing van de waarnemingen in de blokvereffening.
- De kwaliteit van de aansluiting op de paspunten.

### Bestand "YYYY\_kwaliteitsrapportage\_AT\_PP\_BB\_hrl.pdf"

Een pdf-bestand met een beschrijving van het gevolgde werkproces, de behaalde resultaten, een onderbouwing van de gekozen instellingen en eventuele bijzonderheden, die opgetreden zijn bij het uitvoeren van de werkzaamheden.

### Bestand "YYYY\_paspunten\_PP\_BB\_hrl.txt"

Een tekstbestand waarbij elke regel de volgende informatie bevat:

- [paspuntnaam] [X] [Y] [Z]

### Bestand "YYYY\_verbindingspunten\_PP\_BB\_hrl.txt"

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [naam verbindingspunt] [X] [Y] [Z]

### Bestand "YYYY\_waarnemingen\_PP\_BB\_hrl.txt"

Een tekstbestand met de ingewonnen fotogrammetrische waarnemen, dat als volgt is ingedeeld (zie tabel 4).

| Record   | Veld            | Beschrijving                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Record 1 | Fotonaam        | Is gelijk aan de bestandsnaam van de corresponderende luchtfoto zonder de extensie .tif                                                                                                                                                                                                   |
|          | Cameraconstante | De gekalibreerde brandpuntsafstand, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen.                                                                                                                                                                                                         |
| Record 2 | x-coördinaat    | Twee mogelijkheden, te weten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen</li> <li>• In microns met maximaal drie decimalen</li> </ul> |
|          | y-coördinaat    | Twee mogelijkheden, te weten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen</li> <li>• In microns met maximaal drie decimalen</li> </ul> |
| Record 3 | -99             | Een afsluitrecord dat de informatie van de ene opname scheidt van de informatie van de vorige of volgende opname. Tevens het afsluitrecord van het bestand                                                                                                                                |

Tabel 4: Formaatbeschrijving van het bestand met fotogrammetrische waarnemingen.

**Bestand "YYYY\_vluchtorienteringen\_PP\_BB\_AT\_hrl.txt"**

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [fotonaam] [ $X_{vo}$ ] [ $Y_{vo}$ ] [ $Z_{vo}$ ] [roll] [pitch] [yaw]

**Bestand "YYYY\_vluchtorienteringen\_PP\_BB\_hrl.txt"**

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [fotonaam] [ $X_{vo}$ ] [ $Y_{vo}$ ] [ $Z_{vo}$ ] [roll] [pitch] [yaw]

**Bestand "YYYY\_projectiecentra\_PP\_BB\_AT\_hrl.txt"**

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [fotonaam] [ $X_{pc}$ ] [ $Y_{pc}$ ] [ $Z_{pc}$ ] [omega] [phi] [kappa]

De oriënteringshoeken omega, phi en kappa moeten voldoen aan de in bijlage 2 van dit bestek vermelde standaard.

**Bestand "YYYY\_projectiecentra\_PP\_BB\_hrl.txt"**

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [fotonaam] [ $X_{pc}$ ] [ $Y_{pc}$ ] [ $Z_{pc}$ ] [omega] [phi] [kappa]

De oriënteringshoeken omega, phi en kappa moeten voldoen aan de in [bijlage 2](#) van dit bestek vermelde standaard..

**Bestand "YYYY\_verificatietabel\_AT\_PP\_BB\_hrl.pdf"**

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

## 9. Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"

Alle te leveren Geotiff-orthofotomozaïeken dienen een header te bezitten, die de in [tabel 5](#) vermelde Geotiff- en Tiff-structuur heeft:

| Geotiff-headerstructuur                                                                                                                                                                                                |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Geotiff_information                                                                                                                                                                                                    |                                        |
| Version: 1                                                                                                                                                                                                             |                                        |
| Key_Revison: 1.0                                                                                                                                                                                                       |                                        |
| Tagged_Information                                                                                                                                                                                                     |                                        |
| ModelTiepointTag (2,3)                                                                                                                                                                                                 |                                        |
| 0 0 0                                                                                                                                                                                                                  |                                        |
| x_RD y_RD 0                                                                                                                                                                                                            |                                        |
| ModelPixelScaleTag (1,3):                                                                                                                                                                                              |                                        |
| dx_RD dy_RD 0                                                                                                                                                                                                          |                                        |
| End_Of_Tags                                                                                                                                                                                                            |                                        |
| Keyed_Information                                                                                                                                                                                                      |                                        |
| GTModelTypeGeoKey (Short,1): ModelTypeProjected                                                                                                                                                                        |                                        |
| GTRasterTypeGeoKey (Short,1): RasterPixelIsArea                                                                                                                                                                        |                                        |
| ProjectedCSTypeGeoKey (Short,1): PCS_RD_Netherlands_New                                                                                                                                                                |                                        |
| ProjLinearUnitsGeoKey (Short,1): Linear_Meter                                                                                                                                                                          |                                        |
| End_Of_Keys                                                                                                                                                                                                            |                                        |
| End_Of_Geotiff                                                                                                                                                                                                         |                                        |
| Tiff-headerstructuur                                                                                                                                                                                                   |                                        |
| BitsPerSample                                                                                                                                                                                                          | (8,8,8)                                |
| Compression                                                                                                                                                                                                            | None                                   |
| PhotometricInterpretation                                                                                                                                                                                              | TrueColor                              |
| PlanarConfiguration                                                                                                                                                                                                    | RGBRGBRGBRGB..... (single image plane) |
| Tile width                                                                                                                                                                                                             | 256                                    |
| Tile height                                                                                                                                                                                                            | 256                                    |
| Opmerking:<br>Er mag nimmer een zogenoemde „orientation" tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen in de header voorkomen zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt. |                                        |

Tabel 5: Inhoud Geotiff-header en tiff-header in een orthofotomozaïek

In [tabel 5](#) moet voor x\_RD en y\_RD respectievelijk de x-coördinaat en de y-coördinaat in het RD-stelsel in de eenheid meters ingevuld zijn waarbij de positioneringsinformatie in de Geotiff-referentieheader is gerelateerd aan de linkerbovenhoek van het orthofotomozaïek. De maateenheid is meter. In technische zin betekent dit dat deze positioneringsinformatie is uitgedrukt ten opzichte van "RasterPixelIsArea" en niet ten opzichte van "RasterPixelIsPoint". In dezelfde tabel wordt voor dx\_RD en dy\_RD de toegepaste pixelgrootte in de eenheid meters ingevuld (bijvoorbeeld 0.10 voor 10.0 centimeter orthofotomozaïeken). Het gebruikte coördinatenstelsel is EPSG = 28992 (EPSG\_RD\_Netherlands\_New). De gebruikte eenheden zijn meters (Projection Linear Units: 9001/meter (1.000000 m)).

### 9.1. Bestanden bij onderdeel "Quick-orthofotomozaïeken"

De volgende bestanden worden geleverd:

#### Bestand "YYYY\_xxxxxx\_yyyyyy\_RGB\_Quick\_hrl.tif"

Een Geotiff-bestand dat één 24-bits quick-orthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95.

## 9.2. Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"

De volgende bestanden worden geleverd:

### **Bestand "YYYY\_kwaliteitsrapportage\_ortho\_PP\_BB\_hrl.pdf"**

Een pdf-bestand waarin de opdrachtnemer gedetailleerd beschrijft hoe het verwerkingsproces heeft plaatsgevonden en hoe is gegarandeerd dat de geleverde producten voldoen aan alle in dit bestek voorgeschreven eisen.

### **Bestand "YYYY\_XXXXXX\_YYYYYY\_RGB\_hrl.tif"**

Een Geotiff-bestand dat één ongecomprimeerd 24-bits RGB-kleurenorthofotomozaïek bevat.

### **Bestand "YYYY\_XXXXXX\_YYYYYY\_RGB\_hrl.jpg"**

Een Geotiff-bestand dat één 24-bits quick-orthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95.

### **Bestand "YYYY\_XXXXXX\_YYYYYY\_RGB\_hrl.tif.xml"**

Een xml-bestand per orthofotomozaïek met metadata-informatie, die voldoet aan het courante Nederlands metadata-profiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd. Voor meer informatie, zie <https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/metadata/nederlands-metadataaprofiel-op-iso-19115-geografie>.

### **Bestand "YYYY\_XXXXXX\_YYYYYY\_RGB\_hrl.ecw"**

Een ecw-bestand dat één gecomprimeerd 24-bits RGB-kleurenorthofotomozaïek bevat. De compressiefactor mag nooit hoger zijn dan 10.

### **Bestand "YYYY\_XXXXXX\_YYYYYY\_RGB\_hrl.eww"**

Een eww-bestand dat de georeferentie vastlegt voor het desbetreffende orthofotomozaïek in het ecw-formaat.

### **Bestand "YYYY\_knippolygonen\_PP\_BB\_hrl.shp"**

Een shape-bestand met de door de opdrachtnemer bij de orthofotomozaïekvervaardiging gebruikte knippolygonen. Eventuele toegepaste handmatige aanpassingen aan automatisch gegenereerde knippolygonen moeten ook in het bestand aanwezig zijn.

### **Bestand "YYYY\_verificatietabel\_ortho\_PP\_BB\_hrl.pdf"**

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

## **Bijlage 2: Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken**

In het BM5-project worden luchtfoto's gemaakt van het gehele grondgebied van Nederland<sup>7</sup>. De luchtfoto's worden getrianguleerd en blokvereffend zodat aan elke luchtfoto absolute oriënteringsparameters toegekend worden. Ten behoeve van een landsdekkende standaardisatie van deze absolute oriënteringsparameters moeten deze parameters aan specifieke eisen voldoen. Deze bijlage geeft een toelichting op deze eisen.

---

<sup>7</sup> Met uitzondering van de gebiedsdelen in het Caribisch gebied.



# **Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken**

Datum : 18 mei 2020  
Status : Definitief  
Aantal pagina's : 7

Copyright © 2020 Kadaster

Niets uit dit document mag zonder uitdrukkelijke toestemming van de copyright-houder worden gekopieerd of op andere wijze worden verspreid.

# Inhoudsopgave

|           |                                                             |          |
|-----------|-------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1.</b> | <b>Inleiding .....</b>                                      | <b>3</b> |
| <b>2.</b> | <b>Definitie van de rotatiehoeken .....</b>                 | <b>4</b> |
| 2.1.      | Drie rotatiehoeken .....                                    | 4        |
| 2.2.      | Het vakgebied kent geen standaard in de hoekdefinitie ..... | 4        |
| 2.3.      | Standaard bij de beeldmateriaalprojecten .....              | 5        |

# 1. Inleiding

Voor het creëren van stereomodellen ten behoeve van het karteren van topografische objecten moet men over de volgende gegevens beschikken:

- In de vliegrichting elkaar overlappende luchtfoto's met een overlap van minimaal 60%.
- Zes absolute oriënteringsparameters voor elke luchtfoto.

De zes absolute oriënteringsparameters kunnen onderverdeeld worden in drie positieparameters en drie standparameters.

De positieparameters beschrijven de oriëntering van de luchtfoto in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in de vorm van een X-coördinaat, een Y-coördinaat en een Z-coördinaat.

De standparameters beschrijven de stand van de luchtfoto in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in de vorm van drie rotatiehoeken, die luisteren naar de namen omega ( $\omega$ ), phi ( $\phi$ ) en kappa ( $\kappa$ ).

Dit document legt uit hoe de drie rotatiehoeken gedefinieerd zijn bij het onder verantwoordelijkheid van Het Waterschapshuis en het Kadaster uitgevoerde Beeldmateriaal-5 project.

## 2. Definitie van de rotatiehoeken

### 2.1. Drie rotatiehoeken

De stand van een luchtfoto is gegeven in de vorm van drie parameters, te weten:

- Een omega-hoek ( $\omega$ ).  
Deze hoek beschrijft de draaiing om de x-coördinaten-as van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel, waarbij de x-as in de vliegrichting is georiënteerd.
- Een phi-hoek ( $\phi$ ).  
Deze hoek beschrijft de draaiing om de y-coördinaten-as van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel, waarbij de y-as loodrecht op de x-as staat en benaderd evenwijdig is georiënteerd aan het aardoppervlak.
- Een kappa-hoek ( $\kappa$ ).  
Deze hoek beschrijft de draaiing om de optische hoofdas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel.

### 2.2. Het vakgebied kent geen standaard in de hoek-definitie

Het fotogrammetrische vakgebied kent geen standaard ten aanzien van de definitie van de rotatiehoeken. Verschillen zijn er op het gebied van:

- de eenheid waarin een draaiing is weergegeven. Betreft het een hoek in het 90-graden stelsel (graden, degrees) of een hoek in het 100-graden stelsel (gons)?
- de richting van de positieve draaiingshoek. Is een rechtsdraaiende hoek positief of juist een linksdraaiende hoek?
- het coördinatenstelsel, waarnaar gedraaid wordt. Wordt de rotatie beschreven van het fotocoördinatenstelsel naar het (RD, NAP)-coördinatenstelsel of omgekeerd?
- de volgorde van roteren langs de drie individuele rotatie-assen. Wordt er eerst om de omega-as gedraaid, vervolgens om de phi-as en daarna om de kappa-as of is er sprake van een andere rotatievolgorde?

Het gebrek aan standaardisatie heeft ertoe geleid dat de leveranciers van fotogrammetrische softwaresystemen en de in het werkveld actieve fotogrammetrische bedrijven allemaal hun eigen standaard definiëren. Het gevolg is dat het lastig is om te achterhalen hoe geleverde ( $\omega, \phi, \kappa$ )-draaiingshoeken ingezet moeten worden bij het creëren van absoluut georiënteerde parallaxvrije stereomodellen. Wanneer de draaiinghoeken verkeerd worden ingezet, is het mogelijk dat er toch parallaxvrije stereomodellen ontstaan. Maar deze modellen zijn dan in meer of mindere mate fout gepositioneerd in het (RD, NAP)-stelsel met als gevolg dat de plaatsbepaling van gekarteerde topografische objecten verkeerd is.

## 2.3. Standaard bij de beeldmateriaalprojecten

Bij de start van de BM-projecten in 2012 hebben het Kadaster en Het Waterschapshuis een standaard opgesteld, die vastlegt waarop de door aannemers aan te leveren ( $\omega, \phi, \kappa$ )-draaiingshoeken zijn gebaseerd.

Tabel 1 toont de definitie van het terreinstelsel.

|                                                        |                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Onderlinge loodrechtheid van de coördinaatassen</b> | Rechtshandig assenstelsel          |
| <b>Richting van de x-coördinaatas</b>                  | Positief naar het oosten           |
| <b>Richting van de y-coördinaatas</b>                  | Positief naar het noorden          |
| <b>Richting van de z-coördinaatas</b>                  | Positief bij oplopende NAP-hoogten |
| <b>Eenheid</b>                                         | Meters                             |

*Tabel 1: Definitie van het terreincoördinatenstelsel*

Tabel 2 toont de definitie van het fotocoördinatenstelsel.

|                                                        |                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Onderlinge loodrechtheid van de coördinaatassen</b> | Rechtshandig assenstelsel                                                                                                                                              |
| <b>Richting van de x-coördinaatas</b>                  | Gericht langs de korte zijde van het luchtfoto-beeld waarbij de richting van de positieve as benaderd gelijk is aan de vliegrichting                                   |
| <b>Richting van de y-coördinaatas</b>                  | Gericht langs de lange zijde van het luchtfoto-beeld waarbij de richting van de positieve as benaderd gelijk is aan de linkervleugel (bakboordzijde) van het vliegtuig |
| <b>Richting van de z-coördinaatas</b>                  | Positief bij oplopende NAP-hoogten                                                                                                                                     |
| <b>Eenheid</b>                                         | Millimeters                                                                                                                                                            |

*Tabel 2: Definitie van het fotocoördinatenstelsel*

Tabel 3 toont de definitie van de rotaties tussen de beide coördinatenstelsels.

|                            |                                                                                                                                                          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rotatiebeschrijving</b> | Rotatie van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel                                                                                |
| <b>Rotatierichting</b>     | Vanaf een coördinaatas kijkend naar de oorsprong van het coördinatenstelsel positief bij een draaiing, gelijk aan de draaiing van de wijzers van de klok |
| <b>Rotatievolgorde</b>     | zie vergelijking 1 op de volgende pagina                                                                                                                 |
| <b>Eenheid van rotatie</b> | 360-graden stelsel                                                                                                                                       |

*Tabel 3: Definitie van de rotaties*

Vergelijking 1 geeft de rotatievolgorde om de assen van het fotocoördinatenstelsel.

$$\begin{pmatrix} X_i - X_0 \\ Y_i - Y_0 \\ Z_i - Z_0 \end{pmatrix} = \lambda_i R(\omega) R(\phi) R(\kappa) \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ -c \end{pmatrix} \quad [1]$$

waarin:

$(X_i, Y_i, Z_i)$  : Positie van punt  $i$  in het terrein.

$(X_0, Y_0, Z_0)$  : Coördinaten van het projectiecentrum van een foto.

$\lambda_i$  : Schaalfactor.

$(x_i, y_i)$  : Fotocoördinaten van het op de foto afgebeelde terreinpunt  $i$ .

$C$  : Brandpuntsafstand van het objectief.

De elementen van de rotatiematrix over de x-fotocoördinatenas zijn gedefinieerd in vergelijking 2.

$$R(\omega) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\omega) & -\sin(\omega) \\ 0 & \sin(\omega) & \cos(\omega) \end{pmatrix} \quad [2]$$

De elementen van de rotatiematrix over de y-fotocoördinatenas zijn gedefinieerd in vergelijking 3.

$$R(\phi) = \begin{pmatrix} \cos(\phi) & 0 & \sin(\phi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\phi) & 0 & \cos(\phi) \end{pmatrix} \quad [3]$$

De elementen van de rotatiematrix over de optische hoofdas zijn gedefinieerd in vergelijking 4.

$$R(\kappa) = \begin{pmatrix} \cos(\kappa) & -\sin(\kappa) & 0 \\ \sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad [4]$$

Vergelijking 1, uitgeschreven als rotatiematrix met behulp van de in de vergelijkingen 2 tot en met 4 gegeven elementen van de rotatiematrix, geeft de rotatiematrix, die de relatie beschrijft van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel. De resulterende rotatiematrix wordt gegeven in vergelijking 5.

$$R(\omega) R(\phi) R(\kappa) = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad [5]$$

De individuele matrixelementen in vergelijking 5 hebben de volgende gedaante:

$$r_{11} = \cos(\phi)\cos(\kappa) \quad [6]$$

$$r_{12} = -\cos(\phi)\sin(\kappa) \quad [7]$$

$$r_{13} = \sin(\phi) \quad [8]$$

$$r_{21} = \cos(\omega)\sin(\kappa) + \sin(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) \quad [9]$$

$$r_{22} = \cos(\omega)\cos(\kappa) - \sin(\omega)\sin(\phi)\sin(\kappa) \quad [10]$$

$$r_{23} = -\sin(\omega)\cos(\phi) \quad [11]$$

$$r_{31} = \sin(\omega)\sin(\kappa) - \cos(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) \quad [12]$$

$$r_{32} = \sin(\omega)\cos(\kappa) + \cos(\omega)\sin(\phi)\sin(\kappa) \quad [13]$$

$$r_{33} = \cos(\omega)\cos(\phi) \quad [14]$$

De in deze paragraaf beschreven standaard maakt het mogelijk om binnen fotogrammetrische stereokarteringssystemen het creëren van stereomodellen te laten plaatsvinden volgens één gestandaardiseerd werkproces.