

Besteksvoorwaarden Hoge Resolutie Luchtopnamen

Openbare Europese Aanbesteding Beeldmateriaal 6



14 juni 2024, v1.0

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
1.1	Eindtermen	1
1.2	BM6 in relatie tot eerdere BM-projecten	1
1.3	Indeling van dit bestek	2
2	BESCHIKBARE MATERIALEN	3
3	Vliegplan	4
3.1	Specificaties vliegplan	4
3.2	Te leveren producten	5
4	PASPUNTEN	6
4.1	Specificaties paspunten	6
4.2	Specificaties meten van paspunten	7
4.3	Te leveren producten	8
4.4	Kwaliteitscontrole	8
5	FOTOVLUCHT	9
5.1	Specificaties fotovlucht	9
5.2	Te leveren producten	10
5.3	Kwaliteitscontrole	11
6	LUCHTFOTO'S	12
6.1	Specificaties luchtfotos	12
6.2	Te leveren producten	13
6.3	Kwaliteitscontrole	13
7	STEREOMODELLEN	15
7.1	Specificaties stereomodellen	15
7.2	Te leveren producten	15
7.3	Kwaliteitscontrole	19
8	ORTHOFOTOMOZAÏEKEN	20
8.1	Quick-orthofotomozaïeken	20
8.1.1	Specificaties quick-orthofotomozaïeken	20
8.1.2	Te leveren producten	21
8.1.3	Kwaliteitscontrole	22
8.2	Orthofotomozaïeken	22
8.2.1	Specificaties orthofotomozaïeken	22
8.2.2	Te leveren producten	25
8.2.3	Kwaliteitscontrole	26

BIJLAGE A	DEFINITIE VAN ORIËTERINGSHOEKEN	28
A.1	Inleiding	28
A.2	Definitie van de oriënteringshoeken	28
A.2.1	Drie oriënteringshoeken	28
A.2.2	Het vakgebied kent geen standaard in de hoekdefinitie	29
A.2.3	Standaard bij de beeldmateriaalprojecten	29

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 zesde editie van het programma beeldmateriaal, ook wel BM6 genoemd. Het doel van dit project is het verkrijgen van een set luchtfoto's, stereomodellen en orthofotomozaïeken van het grondgebied van Nederland¹.

De uitvoering van het BM6-project is opgesplitst in een aantal apart aan te besteden percelen. De grondpixelresolutie van de in te winnen luchtfoto's en de daarmee te vervaardigen orthofotomozaïeken kan per perceel verschillen. Deze resolutie-eisen kunt u lezen in de aanbestedingsleidraad die onderdeel is van de ten behoeve van de aanbesteding opgestelde set aanbestedingsdocumenten.

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

1.1 Eindtermen

De doelstelling van dit project is het inwinnen van luchtfoto's en het hieruit vervaardigen en leveren van orthofotomozaïeken en stereomodellen die voldoen aan de volgende eindtermen:

- a. De orthofotomozaïeken zijn naadloos op elkaar aangesloten.
- b. De pixels in een orthofotomozaïek zijn uitgedrukt in het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting, ook wel het RD-stelsel genoemd. De pixelpositioneringsprecisie is 25 centimeter of beter.
- c. De stereomodellen zijn parallaxvrij.
- d. De stereomodellen zijn voor wat betreft de planimetrie gepositioneerd in het RD-stelsel en voor wat betreft de hoogte in het NAP-stelsel. Metingen in een stereomodel zijn mogelijk met een planimetrische nauwkeurigheid van 20 centimeter of beter en een hoogtenauwkeurigheid van 30 centimeter of beter.

1.2 BM6 in relatie tot eerdere BM-projecten

In de eerder uitgevoerde BM-projecten (BM1 tot en met BM5) is het herhaaldelijk voorgekomen dat de voor de stereomodelvorming benodigde gegevens, i.c. de luchtfoto's en de absolute oriënteringselementen, niet voldeden aan de hierboven vermelde specificaties. De levering werd dan afgekeurd waarna één of meerdere herleveringen en hercontroles nodig waren alvorens een levering kon worden geaccepteerd. Een dergelijke situatie is voor zowel de opdrachtnemer als de opdrachtgever heel vervelend. In veel gevallen worden de positieafwijkingen en/of de parallaxafwijkingen veroorzaakt door aanwezige geometrische restfouten in de luchtfoto's waardoor de geometrie onvoldoende in overeenstemming is met de voor de stereomodelvorming benodigde centraal projectieve afbeelding. Deze restfouten kunnen optreden bij verkeerd geconstrueerde camera's en/of geometrisch instabiele camera's en/of onbetrouwbare camerakalibraties.

¹ Exclusief Caribisch Nederland.

Het gevolg van dit alles is dat ongemodelleerde geometrische restfouten in de opnamen zich bij het uitvoeren van een aerotriangulatie en blokvereffening cumulatief voortplanten in het fotogrammetrische blok. Pas bij de aansluiting van het blok op voldoende paspunten wordt dan duidelijk dat niet aan de gestelde specificaties wordt voldaan.

De ervaring heeft geleerd dat het risico op het optreden van dit probleem aanmerkelijk kan worden verkleind wanneer men de volgende mitigerende maatregelen neemt:

1. Definieer binnen het perceel kleine te verwerken fotogrammetrische blokken. Hoe kleiner een blok, hoe geringer de cumulatieve foutenvoortplanting is van geometrische restfouten in de foto's.
2. Gebruik altijd voldoende regelmatig over een blok verspreid liggende paspunten voor het aansluiten van het blok op de (RD, NAP)-geometrie.
3. Voer een blokvereffening uit zonder gebruikmaking van zogenoemde additionele parameters. Beoordeel vervolgens of er voldaan is aan de in [paragraaf 1.1](#) bij [punt c](#) en [punt d](#) gestelde specificaties.
4. Indien, ondanks de bij punt 1 en punt 2 vermelde suggesties, nog steeds niet aan de gestelde specificaties kan worden voldaan, is het mogelijk om additionele parameters te schatten in de blokvereffening. Gebruik dan de kleinst mogelijke set additionele parameters waarbij de set bij voorkeur alleen significante, dat wil zeggen fysisch te interpreteren, parameters bevat.

1.3 Indeling van dit bestek

Het voor u liggende bestek is ingedeeld in een aantal hoofdstukken. Elk hoofdstuk heeft betrekking op een als apart deelproces te identificeren deel van het totale proces dat leidt tot de levering van de gevraagde producten. De opzet van de hoofdstukken is telkens gelijk, te weten:

- Een paragraaf met een overzicht van de technische specificaties waar de te leveren producten aan moeten voldoen.
- Een paragraaf met een overzicht van de te leveren producten. Tevens wordt aangegeven op welke wijze deze producten worden geleverd.
- Indien relevant, een paragraaf met informatie hoe gecontroleerd wordt of de aangeleverde producten voldoen aan de in dit bestek gestelde kwaliteitseisen.

2 Beschikbare materialen

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

- a. Een geopackage-bestand met het projectgebied, verdeeld in één of meerdere percelen. De bestandsnaam is **YYYY_perceelsindeling_hrl.gpkg** waarbij YYYY het inwinningsjaar betreft².
- b. De coördinaten van paspunten, die gebruikt zijn in eerdere BM-projecten. De opdrachtgever geeft geen garantie dat deze paspunten nog bruikbaar zijn. De coördinaten worden geleverd in de vorm van een geopackage-bestand met de naam **YYYY_BM_Paspunten.gpkg**.
- c. De AHN4- of AHN5-bestanden³ 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.

² Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters YYYY voorkomen, wordt hiermee telkens het jaar van inwinning van de luchtfoto's bedoeld.

³ De meer actuele AHN5-bestanden voor die gebieden, waar deze reeds beschikbaar zijn.

3 Vliegplan

3.1 Specificaties vliegplan

De opdrachtnemer ontwerpt voor elk perceel een vliegplan.

Op het vliegplan hoeft geen blokindeling weergegeven te worden. Dit maakt het mogelijk om de blokindeling beter af te stemmen op tijdens de projectuitvoering optredende situaties als bijvoorbeeld de weersomstandigheden en plotselinge vliegrestricties ten gevolge van militaire oefeningen of militaire transporten.

Bij het opstellen van het vliegplan wordt rekening gehouden met de volgende eisen:

- a. Het vliegplan houdt rekening met eventuele in het perceel geldende vooraf bekende restricties op het gebruik van het luchtruim. Voorbeelden van dergelijke restricties zijn:
 - De TMA/CTR-zones rondom luchthaven Schiphol en vliegbasis Eindhoven.
 - Tijdelijke militaire beperkingen zoals tijdens de oefening "Frysian Flag" in het noorden van Nederland, oefeningen in het Waddengebied (Vliehors Range) en oefeningen rondom vliegbasis Eindhoven.
 - Verlofaanvragen teledetectie in België.
 - Restrictiegebieden, waaronder koninklijke paleizen en regeringsgebouwen, zoals genoemd in de *Regeling beperking of verbod uitoefening burgerluchtverkeer in bepaalde gebieden 2018*⁴.
- b. Er is een voorkeur voor het in oost-west richting vliegen van de vliegstroken.
- c. De langsoverlap tussen opeenvolgende luchtfoto's in een vliegstrook bedraagt 80%.
- d. De dwarsoverlap tussen opeenvolgende vliegstroken bedraagt minimaal 20%.
- e. Het perceel wordt volledig bedekt met stereobeelden.
- f. De eerste en de laatste foto van iedere vliegstrook moeten altijd geheel buiten de perceelsgrens gelegen zijn.
- g. Indien een perceel grenst aan andere percelen wordt minimaal 20% van de breedte van de vliegstrook over de perceelsgrens heen gepland.
- h. Indien de aannemer een inwin- en verwerkingsmethode kiest waarbij paspunten niet nodig zijn, worden er geen paspunten afgebeeld op het vliegplan.
- i. Indien de aannemer een inwin- en verwerkingsmethode kiest waarbij paspunten nodig zijn, wordt de ligging van de benodigde paspunten afgebeeld op het vliegplan. Voor de eisen aan de paspunten wordt verwezen naar [hoofdstuk 4](#).

⁴ zie www.wetten.overheid.nl/BWBR0040730.

3.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een geopackage-bestand met de geplande vlieglijnen per perceel.
De bestandsnaam is **YYYY_vliegplan_vlieglijnen_PP_hrl.gpkg** waarbij met PP⁵ het perceelsnummer wordt bedoeld.
- b. Een geopackage-bestand met per perceel de geplande footprints van de in te winnen luchtfoto's.
De bestandsnaam is **YYYY_vliegplan_fotobegrenzings_PP_hrl.gpkg**.

⁵ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters PP voorkomen, wordt hiermee telkens het perceelnummer bedoeld.

4 Paspunten

Indien de opdrachtnemer in het kader van de uitvoering van het project paspunten in het terrein nodig heeft, gelden hiervoor de in dit hoofdstuk voorgeschreven specificaties en richtlijnen.

Er mogen twee typen paspunten gebruikt worden, te weten:

- Natuurlijke paspunten.
- Gemarkerde paspunten.

Natuurlijke paspunten zijn paspunten die niet in het terrein zijn gemarkeerd. Dit betekent dat natuurlijke paspunten na een fotovlucht kunnen worden gedefinieerd door in de luchtfoto's te zoeken naar éénduidig te identificeren terreindetails, waarvan vervolgens in het terrein de (RD, NAP)-positie wordt gemeten.

Gemarkerde paspunten zijn paspunten die in het terrein zijn gemarkeerd met bijvoorbeeld wegmarkeringsverf. Deze punten zijn in het terrein gemarkeerd vóórdat de fotovlucht heeft plaatsgevonden.

Het gebruik van natuurlijke paspunten geeft meer flexibiliteit bij het optimaal afstemmen van het aantal en de ligging van paspunten in een fotogrammetrisch blok.

4.1 Specificaties paspunten

Bij het definiëren van paspunten moet rekening gehouden worden met het volgende:

- a. Een paspunt is in alle luchtfoto's, waarin het gebied rondom het paspunt is afgebeeld, goed zichtbaar, éénduidig identificeerbaar en goed aanmeetbaar.
- b. In de luchtfoto's moet een paspunt aangemeten kunnen worden met een standaardafwijking van 1/3 pixel of beter⁶.
- c. In het terrein moet zowel een natuurlijk paspunt als een gemarkeerd paspunt een idealisatieprecisie bezitten van één centimeter of beter. Dit betekent dat een landmeter bij een tweede bezoek aan een paspunt het paspunt binnen één centimeter moet kunnen terugvinden.
- d. Het midden van een in luchtfoto's aangemeten paspunt moet identiek zijn aan de positie van het corresponderende in het terrein aangemeten punt.
- e. Een paspunt is altijd op vlak terrein gelegen.
- f. Een gemarkeerd paspunt is met zodanige middelen (bijv. wegmarkeringsverf) in het terrein gevisualiseerd dat het gedurende het lopende inwinningseizoen bestand is tegen alle in Nederland voorkomende weersomstandigheden.
- g. In het exacte midden van een gemarkeerd paspunt is een herkenbare meetspijker aangebracht zodat 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.

⁶ Indien de camera werkt volgens het pansharping-principe betreft het de pixelgrootte van het grijswaardenbeeld.

4.2 Specificaties meten van paspunten

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

- a. De coördinaten van een paspunt dienen bepaald te worden met de GNSS-technologie.
- b. Indien er sprake is van een gemarkeerd paspunt dient de landmeter zich er expliciet van te vergewissen dat hij de GNSS-ontvanger correct heeft gecentreerd boven de meetspijker van het gemarkeerde paspunt.
- c. De landmeter dient zich er expliciet van te vergewissen dat hij bij het meten van paspunten altijd de antennehoogte registreert.
- d. 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.
- e. De meetopzet moet gecontroleerd worden uitgevoerd zodat meetfouten of fouten in de meetopzet ontdekt kunnen worden. Dit bereikt men door:
 - de duur van een meetsessie te beperken tot maximaal één dag;
 - gedurende een 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 d](#) vermelde standaardafwijking moet de dubbelmeting minimaal één uur later herhaald worden.
- f. Bij de conversie naar (RD, NAP)-coördinaten moet de op één januari van het vliegjaar geldende officiële transformatie⁷ gebruikt worden.
- g. 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 mogelijkheden:
 - Een door het Kadaster gecertificeerde GNSS-dienstverlener.
 - DGPS-metingen met GNSS-kernnetpunt(en) waarbij de actualiteit van de kernnetpunten niet ouder mag zijn dan vijf jaar.
- h. Indien tijdens een 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.

⁷ Zie voor de geldende transformatie:
www.nsgi.nl/geodetische-infrastructuur/coordinatentransformatie.

4.3 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor elk in het terrein gemeten paspunt een overzichtsfoto in JPEG-formaat waarop de ligging van het gemeten paspunt en de paspuntnaam zichtbaar zijn.
De bestandsnaam is **YYYY_paspunt_PP_zzzzzz_OV_hrl.jpg** waarbij met zzzzzz het paspuntnummer wordt bedoeld.
- b. Voor elk in het terrein gemeten paspunt een detailfoto in JPEG-formaat van het paspunt. Op de foto is alleen het paspunt, de meetspijker en de paspuntnaam afgebeeld.
De bestandsnaam is **YYYY_paspunt_PP_zzzzzz_DT_hrl.jpg**.
- c. Per meetsessie een csv-bestand met de gemeten coördinaten van de gemarkeerde en gemeten paspunten, de coördinaatverschillen en de tijdstippen waarop is gemeten. Dit geldt zowel voor de paspunten als voor de metingen naar bekende punten.
De bestandsnaam is **YYYY_paspuntmetingen_PP_NN_hrl.csv** waarbij NN⁸ het nummer van de meetsessie is.
- d. Per perceel een ascii-bestand met de definitieve coördinaten van de paspunten.
De bestandsnaam is **YYYY_paspuntcoordinaten_PP_hrl.txt**.

4.4 Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties. Deze controle vindt plaats nadat de luchtfoto's geleverd zijn aan de opdrachtgever. Bij de controle wordt beoordeeld of de producten voldoen aan de gestelde technische eisen en de voorgeschreven leveringseisen. Er wordt onder andere (maar niet uitsluitend) op de volgende aspecten gecontroleerd:

- Zijn de paspunten correct in het terrein gemeten?
- Zijn de paspunten éénduidig identificeerbaar in de luchtfoto's en met de voorgeschreven meetprecisie aanmeetbaar?

⁸ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters NN voorkomen, wordt hiermee telkens een volgnummer bedoeld.

5 Fotovlucht

5.1 Specificaties fotovlucht

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

- a. De fotovlucht wordt uitgevoerd conform het eerder in het kader van dit project opgestelde vliegplan. Incidenteel mag een langsoverlap of een dwarsoverlap maximaal 5% afwijken van de voorgeschreven overlapperpercentages.
- b. De in te zetten camera moet geschikt zijn voor het behalen van alle in dit bestek gestelde eindtermen. De geometrische eigenschappen van de camera zijn weergegeven in een camerakalibratierapport.
- c. De gebruikers moeten elkaar overlappende luchtfoto's kunnen inzetten voor het vormen van parallaxvrije correct in het (RD, NAP)-stelsel gepositioneerde stereomodellen zonder dat hiervoor cameraspecifieke softwareplugins of beeldcorrectiegrids nodig zijn.
- d. 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.
- e. 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.
- f. Tijdens het uitvoeren van de vluchten dient de transponder van het vliegtuig aan te staan, zodat via internet⁹ gevolgd kan worden waar het vliegtuig actief is.
- g. Indien een deel van het gebied opnieuw gefotografeerd moet worden, wordt bij de hervlucht dezelfde camera met hetzelfde objectief gebruikt. Het hervlogen gebied moet goed aansluiten op de reeds gevlogen vliegstroken. Dit wordt bereikt door in de hervlogen stroken een overlap aan te houden van minimaal drie luchtfoto's met de eerder gevlogen vliegstroken.
- h. Tijdens een fotovlucht wordt altijd een aaneengesloten deel van een perceel gefotografeerd¹⁰.
- i. De absolute hoektolerantie van een luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende luchtfoto's in een vliegstrook mogen voor wat betreft de roll- en de pitch-hoek niet groter zijn dan vier graden. Voor de yaw-hoek geldt een relatieve tolerantie van maximaal vijf graden.
- j. Het schaalverschil tussen opeenvolgende luchtfoto's mag maximaal 3% bedragen.
- k. Gedurende de fotovlucht mag het te fotograferen gebied 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.
- l. Indien zich binnen een te fotograferen gebied uiterwaarden bevinden, mag de fotovlucht niet plaatsvinden wanneer de uiterwaarden onder water staan.

⁹ Bijvoorbeeld via www.flightradar24.com.

¹⁰ Op een dag gevlogen aaneengesloten delen van een perceel hoeven onderling niet aaneengesloten te zijn.

5.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Eén of meerdere documenten in pdf-formaat met de resultaten van de camerakalibratie.
- b. Per uitgevoerde fotovlucht een vluchtrapport in pdf-formaat. Het rapport bevat in ieder geval de volgende informatie:
 - De vliegdatum.
 - De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldhoogte.
 - Het totale aantal gemaakte luchtfoto's.
 - Het aantal gemaakte luchtfoto's per vliegstrook.
 - Het ingezette vliegtuig inclusief het registratienummer.
 - Opmerkingen over de weersgesteldheid ten tijde van het inwinnen van de luchtfoto's.
 - Overige van belang zijnde opmerkingen.

De bestandsnaam is **YYYY_MM_DD_vluchtrapport_PP_CC_hrl.pdf** waarbij met MM¹¹ de opnamemaand wordt bedoeld, met DD¹² de opnamedag en met CC¹³ een bij de letter A beginnende reeks, die een op een dag gevlogen aaneengesloten gebied in het perceel uniek identificeert.

- c. Per uitgevoerde fotovlucht een geopackage-bestand met de beeldmiddens van de gemaakte luchtfoto's. De bestandsnaam is **YYYY_MM_DD_beeldmiddenoverzicht_PP_CC_hrl.gpkg**. Het bestand bevat 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
Bestandsnaam	Zonder extensie	Text
Fotonaam	Uniek nummer inclusief perceel-, blok- en lijnnummer	Double
Opnamedatum	UTC-datum van de opname	Date
Opnametijdstip	UTC-tijd van de opname	Text
Cameranummer	Serienummer van de camera	Text
Diafragma	Bijvoorbeeld 5,6, 8, 11, 16	Float
Sluiter tijd	Sluiter tijd in 1/n seconden bijv. 125, 250, 350	Double
Opdrachtnemer	Naam van de opdrachtnemer	Text
Grondpixelresolutie (GSD)	Op maaiveldhoogte in centimeters	Float
Coördinaten projectiecentra en vluchtoriënteringshoeken	Uitgedrukt in resp. het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in meters en (roll, pitch, yaw) in graden	Float

Tabel 5.1: Attribuut informatie in beeldmiddenoverzicht geopackage-bestand

¹¹ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters MM voorkomen, wordt hiermee telkens de opnamemaand bedoeld.

¹² Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters DD voorkomen, wordt hiermee telkens de opnamedag bedoeld.

¹³ Wanneer er op een dag twee aangesloten gebieden zijn gefotografeerd wordt het tweede aangesloten gebied geïdentificeerd met de letter B. Bij meer op deze dag gevlogen gebieden worden de letters C, D, enz. gebruikt. Bij een nieuwe vliegtag wordt voor CC weer begonnen met de letter A.

- d. Per uitgevoerde fotovlucht 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 footprints-overzicht genoemd. De bestandsnaam is YYYY_MM_DD_footprints_PP_CC_hrl.gpkg.

5.3 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 en leveringseisen. Bij deze controle wordt onder andere (maar niet uitsluitend) op de volgende aspecten gecontroleerd:

- Zijn alle in [paragraaf 5.2](#) 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?
- Geven de geleverde luchtfoto's een volledige stereoscopische bedekking van het perceel?
- Voldoen de hoekverdraaiingen van en tussen opeenvolgende foto's aan de daaraan gestelde eisen?

6 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.

6.1 Specificaties luchtfotos

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

- a. De geometrische resolutie van elke individuele pixel moet op maaiveldhoogte kleiner of gelijk zijn aan de door de opdrachtgever per perceel opgegeven waarde. 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 hebben.
- c. Kleurzwemen in specifieke delen van het elektromagnetische spectrum mogen niet aanwezig zijn.
- d. Alle luchtfoto's zijn vrij van wolken.
- e. De luchtfoto's mogen bij een vergroting van 200% op een beeldscherm geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- f. 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 beslaat.
- g. 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:
 - 98% van alle trottoirbanden.
 - 98% van verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
 - 98% van alle uitbouwen aan woningen.
 - 90% van alle straatkolken en rioolputten.
- h. 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 grijswaardenniveaus voor het rode en het groene kanaal en vijf grijswaardenniveaus voor het blauwe kanaal. Een afwijking van 2% is toegestaan.
- i. 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.
- j. Indien er bij het maken van een volle resolutie kleurenbeeld gebruik gemaakt wordt van een pan-sharpening techniek dient de coreregistratie van de kleurenbeelden met het grijswaardenbeeld zodanig goed te zijn dat de maximale positieafwijking van de kleurenbeelden met het grijswaardenbeeld nergens meer bedraagt dan een halve pixel van het grijswaardenbeeld.

- k. Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de te leveren beelden aanwezig zijn.
- l. Alle luchtfoto's moeten een unieke naam hebben.

6.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Alle gemaakte kleurenfoto's in de vorm van ongecomprimeerde 32-bits RGBI tiff-beelden. De bestandsnaam is YYYY_MM_DD_PP_CC_ppppppppp_hrl.tif waarbij pppppppppp een uniek fotonummer is.¹⁴ Elk bestand moet minimaal de in onderstaande tabel vermelde gegevens in de tiff-header bevatten:

Tag	Waarde
BitPerSample	(8,8,8,8)
Compression	None of Deflate
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	RGBIRGBIRGBIRGBI.... (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: 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 6.1: Inhoud tiff-header in RGBI-luchtfoto

- b. Voor elke luchtfoto een xml-bestand met metadata-informatie die voldoet aan het courante Nederlands metadata-profiel ISO 19115. Het op 1 januari van het jaar van inwinning van de luchtfoto's geldende profiel wordt gebruikt. Voor meer informatie, zie www.geonovum.nl.

6.3 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 wordt onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd:

- Zijn alle luchtfoto's geleverd?
- Bezitten alle luchtfoto's een unieke naam, die voldoet aan het voorgeschreven formaat?

¹⁴ Voorbeeld van de bestandsbenaming: Er worden op 26 maart 2025 twee gebieden gevlogen in perceel 1. De bestandsnamen zijn respectievelijk 2025_03_26_01_A_ppppppppp_hrl.tif en 2025_03_26_01_B_ppppppppp_hrl.tif. Vervolgens wordt er op 28 maart weer een gebied in dit perceel gevlogen. De bestandsnamen zijn 2025_03_28_01_A_ppppppppp_hrl.tif.

- Zijn de luchtfoto's in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de voorgeschreven gegevens in de tiff-header?
- Zijn de benamingen van de luchtfotobestanden identiek in alle andere bestanden waar deze namen worden gebruikt?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde luchtfoto's voldoen aan de gestelde technische eisen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle wordt onder andere (maar niet uitsluitend) op de volgende aspecten gecontroleerd:

- Voldoen alle luchtfoto's aan de gestelde eisen ten aanzien van de kleurdiepte per kleurkanaal?
- Zijn bij alle luchtfoto's de kleurkanalen in de juiste volgorde (RGBI) opgenomen in het bestand?
- 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 de luchtfoto's vrij van kleurzwemen?
- Zijn in de donkere en lichte delen van een luchtfoto nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Voldoet de coregistratie aan de gestelde eisen?

7 Stereomodellen

7.1 Specificaties stereomodellen

De opdrachtnemer levert aan de opdrachtgever zogenoemde absolute oriënteringsparameters voor alle conform het vliegplan ingewonnen luchtfoto's. De kwaliteit van deze parameters moet dermate hoog zijn dat de opdrachtnemer garandeert dat de met deze parameters te construeren stereomodellen voldoen aan de volgende specificaties:

- a. De stereomodellen zijn parallaxvrij. Onder parallaxvrij wordt verstaan dat in het gehele stereomodel lichtstralen, afkomstig van een in beide beelden zichtbaar identiek terreinpunt, elkaar in het desbetreffende terreinpunt snijden waarbij de nauwkeurigheid van deze snijding beter is dan twee pixels.
- b. De stereomodellen zijn voor wat betreft de planimetrie gepositioneerd in het RD-stelsel en voor wat betreft de hoogte in het NAP-stelsel. Metingen in een stereomodel zijn mogelijk met een planimetrische nauwkeurigheid van 20 centimeter of beter en een hoogtenauwkeurigheid van 30 centimeter of beter.

Binnen een perceel is de opdrachtnemer nagenoeg geheel vrij in het kiezen van de grootte van een te verwerken fotogrammetrisch blok. Dit biedt een maximale flexibiliteit om het inwinnen van de luchtfoto's en het gebruiken van deze foto's voor het maken van de in dit bestek gevraagde producten zo efficiënt als mogelijk uit te voeren. De volgende eisen ten aanzien van de blok grootte en de blokvorm worden gesteld:

- Een blok mag nooit minder dan 300 luchtfoto's bevatten.
- De lengte van een blok mag niet meer dan driemaal de breedte van een blok bedragen.
- Er wordt een voorkeur gegeven aan het in oost-west richting vliegen van de vliegstroken.

7.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor elk blok een ascii-bestand met de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's. De bestandsnaam is **YYYY_projectiecentra_PP_BB_hrl.txt** waarbij met BB¹⁵ het bloknummer wordt bedoeld. Iedere regel in het tekstbestand bevat de oriënteringsgegevens van één luchtfoto waarbij de volgorde van de gegevens is:
 - Fotonaam: de naam van de foto.
 - De x-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel.
 - De y-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel.
 - De z-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel.

¹⁵ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters BB voorkomen, wordt hiermee telkens het bloknummer binnen een perceel bedoeld, d.w.z. de groep foto's die gebruikt is voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van de luchtfoto's.

- De omega-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de x-as van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in [bijlage A](#) van deze besteksvoorwaarden vermelde standaard.
 - De phi-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de y-as van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in [bijlage A](#) van deze besteksvoorwaarden vermelde standaard.
 - De kappa-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in [bijlage A](#) van deze besteksvoorwaarden vermelde standaard.
- b. Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's worden de volgende bestanden geleverd:
- Voor elk blok een ascii-bestand met de resultaten van de uitgevoerde blokvereffening. De bestandsnaam is `YYYY_blokresultaten_aansluiting_PP_BB_hrl.txt`. 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.
 - Voor elk blok een ascii-bestand met de namen en de coördinaten van de bij de vereffening gebruikte paspunten. De bestandsnaam is `YYYY_paspunten_PP_BB_hrl.txt`. [Tabel 7.1](#) toont de formattering van dit tekstbestand.

Record	Veld
Record 1	Paspuntnaam
	X-coördinaat
	Y-coördinaat
	Z-coördinaat
-----	-----
Record n	Paspuntnaam
	X-coördinaat
	Y-coördinaat
	Z-coördinaat

Tabel 7.1: Formaatbeschrijving tekstbestand met paspunten

- Voor elk blok een ascii-bestand met de namen en de coördinaten van de bij de vereffening berekende verbindingpunten. De bestandsnaam is **YYYY_verbindingspunten_PP_BB_hrl.txt**. [Tabel 7.2](#) toont de formattering van dit tekstbestand.

Record	Veld
Record 1	Naam van het verbindingspunt
	X-coördinaat
	Y-coördinaat
	Z-coördinaat
-----	-----
Record n	Naam van het verbindingspunt
	X-coördinaat
	Y-coördinaat
	Z-coördinaat

Tabel 7.2: Formaatbeschrijving tekstbestand met verbindingpunten

- Voor elk blok een ascii-bestand met de namen en coördinaten van de fotogrammetrische waarnemingen. De waarnemingen zijn opgeschoond voor eventuele meetfouten en hebben betrekking op het blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten. De bestandsnaam is **YYYY_waarnemingen_PP_BB_hrl.txt**. Het bestand bevat alle opgeschoonde waarnemingen voor alle in het blok aanwezige foto's. [Tabel 7.3](#) toont de formattering van dit tekstbestand voor wat betreft één foto met n gemeten verbindingpunten. Andere foto's met gelijke of andere aantallen verbindingpunten zijn op dezelfde wijze opgenomen in het bestand.

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 t/m Record 2+(n-1)	x-coördinaat	Twee mogelijkheden, te weten: * In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen * In microns met maximaal drie decimalen
	y-coördinaat	Zie de beschrijving bij record 2 "x-coördinaat"
Record 2+n	-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 7.3: Formaatbeschrijving tekstbestand met waarnemingen v.w.b. één foto

- c. Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's en er zijn additionele parameters geschat, worden de volgende bestanden geleverd:
- Een rapport waarin de noodzaak van het gebruik van additionele parameters en de daarbij gevolgde werkwijze helder wordt toegelicht inclusief een uiteenzetting waarom juist deze specifieke set additionele parameters is geschat.
 - Een waarnemingsbestand met voor elke luchtfoto de ongecorrigeerde aerotriangulatiewaarnemingen.
 - Een waarnemingsbestand met voor elke luchtfoto de met behulp van de berekende additionele parameters gecorrigeerde aerotriangulatiewaarnemingen.
 - Een bestand met voor elke luchtfoto het verschil tussen de ongecorrigeerde waarneming en de corresponderende gecorrigeerde waarnemingen. Het verschil tussen beide waarden mag nergens in de luchtfoto groter zijn dan de helft van de pixelgrootte op de beeldchip(s) in de opnamecamera¹⁶.

¹⁶ Indien de camera werkt volgens het pansharping-principe, betreft het de pixelgrootte van het grijswaardenbeeld.

7.3 Kwaliteitscontrole

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

- Zijn alle met behulp van de geleverde absolute oriënteringselementen te vormen stereomodellen parallaxvrij?
- Voldoet de positionering van de stereomodellen in het (RD, NAP)-stelsel overal in het perceel en op de perceelsgrens aan de voorgeschreven specificaties?

Ten aanzien van het laatste punt zal de opdrachtgever in het terrein steekproefsgewijs controlemetingen uitvoeren. Hierbij zal extra aandacht besteed worden aan de positionering van stereomodellen in gebieden waar fotogrammetrische blokken elkaar overlappen en op de grenzen van de verschillende aanbestede percelen. Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen kan de opdrachtgever deze bestanden inzetten voor het uitvoeren van controleberekeningen.

8 Orthofotomozaïeken

Orthofotomozaïeken zijn geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtfoto's waarbij elke pixel is uitgedrukt in het RD-stelsel.

Er worden twee typen orthofotomozaïeken geleverd, te weten:

- Quick-orthofotomozaïeken. Dit zijn beelden, die aan alle in [paragraaf 8.1](#) van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.
- Orthofotomozaïeken. Dit zijn beelden, die aan alle in [paragraaf 8.2](#) van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.

8.1 Quick-orthofotomozaïeken

8.1.1 Specificaties quick-orthofotomozaïeken

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

De quick-orthofotomozaïeken moeten voldoen aan de volgende eisen:

- a. De grondpixelresolutie van de quick-orthofotomozaïeken moet op maaiveldhoogte 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-stelsel.
- c. De quick-orthofotomozaïeken hebben geen thumbnails in het dataformaat en zijn direct leesbaar in alle gangbare GIS-omgevingen.
- d. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van een quick-orthofotomozaïek 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:
 - 98% van alle trottoirbanden.
 - 98% van verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
 - 98% van alle uitbouwen aan woningen.
 - 90% van alle straatkolken en rioolputten.
- e. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel is voor alle pixels op maaiveldhoogte beter dan één meter.
- f. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook moet de opdrachtnemer voldoen aan de bij [punt e](#) voorgeschreven precisie-eis.

8.1.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- Voor het gehele projectgebied alle RGB quick-orthofotomozaïeken in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een gecomprimeerd JPEG-beeld op kwaliteitsniveau 95% met het kleurschema YCbCr.

De bestandsnaam is **YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_Quick_hrl.tif** waarbij xxxxxx¹⁷ de in het RD-stelsel in kilometers uitgedrukte x-coördinaat van de linkeronderhoek van een orthofotomozaïek is en yyyyyy¹⁸ de in het RD-stelsel in kilometers uitgedrukte y-coördinaat van de linkeronderhoek. Elk bestand moet minimaal de in [tabel 8.1](#) vermelde geotiff-headergegevens bevatten.

Geotiff-headerstructuur
Geotiff_information
Version 1
Key_Revison: 1.0
Tagged_Information
ModelTiepointTag
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): RasterPixellsArea
ProjectedCSTypeGeoKey (Short,1): PCS_RD_Netherlands_New
ProjLinearUnitsGeoKey (Short,1): Linear_Meter
End_Of_Keys
End_Of_Geotiff

Tabel 8.1: Inhoud geotiff-header in een orthofotomozaïek

In [tabel 8.1](#) 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 "RasterPixellsArea" en niet ten opzichte van "RasterPixellsPoint". In dezelfde tabel wordt voor dx_RD en dy_RD de toegepaste

¹⁷ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters xxxxxx voorkomen, wordt hiermee telkens de in het RD-stelsel uitgedrukte x-coördinaat van de linkeronderhoek van een orthofotomozaïek bedoeld.

¹⁸ Wanneer in het vervolg van dit bestek in bestandsnamen de letters yyyyyy voorkomen, wordt hiermee telkens de in het RD-stelsel uitgedrukte y-coördinaat van de linkeronderhoek van een orthofotomozaïek bedoeld.

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)).

- Voor het gehele projectgebied alle CIR (kleureninfrarood) quick-orthofotomozaïeken in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een gecomprimeerd JPEG-beeld op kwaliteitsniveau 95% met het kleurschema YCbCr. De bestandsnaam is YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_Quick_hrl.tif. De volgorde van de kleurkanalen in de beelden is IRG (infrarood, rood, groen). Elk bestand moet minimaal de [tabel 8.1](#) vermelde geotiff-headergegevens bevatten.

8.1.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde quick-orthofotomozaïeken worden gecontroleerd op de volgende aspecten:

- Voldoen alle quick-orthofotomozaïeken aan de gestelde data-eisen en zijn de beelden inleesbaar in programma's als Photoshop, PhotoLine en gangbare GIS-sytemen?
- Is het perceel volledig bedekt met quick-orthofotomozaïeken?
- Is de geometrische positioneringsprecisie-eis van één meter of beter in alle quick-orthofotomozaïeken gehaald?

8.2 Orthofotomozaïeken

8.2.1 Specificaties orthofotomozaïeken

De te leveren orthofotomozaïeken moeten aan de volgende eisen voldoen:

- a. De grondpixelresolutie van de orthofotomozaïeken moet de door de opdrachtgever per perceel opgegeven waarde bezitten.
- b. Nergens in een orthofotomozaïek mag de omvalling meer bedragen dan 45 centimeter per meter hoogte van een object.
- 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-stelsel.
- d. De orthofotomozaïeken bevatten geen thumbnails en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare 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% langsoverlap en een 60% dwarsoverlap alleen de beelden met 60% langsoverlap of 20% langsoverlap te gebruiken bij het vervaardigingsproces.
- f. De orthofotomozaïeken moeten een natuurgetrouwe kleurweergave hebben.
- g. Kleurzwemen in specifieke delen van het elektromagnetische spectrum mogen niet aanwezig zijn.
- h. De niet gecomprimeerde orthofotomozaïeken tonen bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten op het beeldscherm.

- i. 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 hier vermelde voorwaarden gelden alleen voor luchtfoto's, waarbij de histogrambreedte niet beperkt wordt door de beeldinhoud.
- j. 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 de foto's minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
 - 98% van alle trottoirbanden.
 - 98% van verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
 - 98% van alle uitbouwen aan woningen.
 - 90% van alle straatkolken en rioolputten.
- k. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel voor alle pixels op maaiveldhoogte dient gelijk aan of beter te zijn dan 25 centimeter. Deze positioneringseis dient opgevat te worden als de afwijking waarbinnen 68% van alle pixels zich moet bevinden. Voorts geldt dat 95% van de pixels een positioneringsprecisie van 50 centimeter of beter moet bezitten en 99% van alle pixels een precisie van 75 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/AHN5-model.
- l. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook moet de opdrachtnemer aan de bij [punt k](#) vermelde precisie-eisen voldoen. De opdrachtnemer dient zich te realiseren dat de beschikbare hoogtemodellen niet in alle gevallen direct bruikbaar zullen zijn bij het orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Enkele voorbeelden wanneer dit het geval is, zijn:
 - Wanneer de laserdata niet samen met de luchtfoto's simultaan zijn ingewonnen, zal de actualiteit van de hoogtemodellen niet overeenkomen met de actualiteit van de ingewonnen foto's. Het gevolg is dat de hoogtemodellen niet overal de actuele maaiveldhoogte weergeven. Waar dit het geval is, zal het hoogtemodel verbeterd moeten worden opdat de voorgeschreven geometrische positioneringsprecisie wordt gehaald en objecten in het orthofotobeeld niet worden vervormd.
 - In de hoogtedata kan altijd een beperkte hoeveelheid filterfouten aanwezig zijn 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.
 - Zogenaemde "no-data" gebieden (uitgefilterde gebieden) kunnen in de data aanwezig zijn. Afhankelijk van de wijze van interpoleren, kunnen deze gebieden zorgen voor vervormingen.
 - Het inwinnen van aanvullende hoogtegegevens of het bewerken van AHN3-/AHN4-/AHN5-data is voor eigen rekening van de opdrachtnemer.

- m. 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 l](#) hiervoor). Minimaal 98% van de in een perceel gelegen kunstwerken moet onvervormd zichtbaar zijn in de orthofotomozaïeken.
- n. 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, moeten deze 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 is zodanig gekozen dat de terreineigenschappen aan weerszijden van een polygoon ervoor zorgen dat de exacte knijplijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
- o. 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 tenzij het grote wateroppervlakken betreft. Daar mag de feathering groter zijn dan drie pixels aan beide zijden van de knippolygoon. Het feathering-gebied mag niet door bebouwing gaan.
- p. De kleurverschillen in een orthofotomozaïek ten gevolge van het feit dat het orthofotomozaïek is samengesteld uit verschillende digitale luchtfoto’s zijn binnen een blok geminimaliseerd.
- q. De kleurverschillen tussen blokken binnen één perceel zijn zo veel als mogelijk geminimaliseerd.

8.2.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor het gehele projectgebied alle RGB-orthofotomozaïeken in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits ongecomprimeerd tiff-beeld. De bestandsnaam is **YYYY_XXXXX_yyyyyy_RGB_hrl.tif**. Elk bestand moet minimaal de in [tabel 8.1](#) en in [tabel 8.2](#) vermelde geotiff- en tiff-headergegevens bevatten.

Tag	Waarde
BitPerSample	(8,8,8)
Compression	None of Deflate
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	RGBRGBRGBRGB..... (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: 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 8.2: Inhoud tiff-header in een RGB-orthofotomozaïek

- b. Voor het gehele projectgebied alle CIR-orthofotomozaïeken (kleureninfrarood) in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits ongecomprimeerd tiff-beeld. De bestandsnaam is **YYYY_XXXXX_yyyyyy_CIR_hrl.tif**. Elk bestand moet minimaal de in [tabel 8.1](#) en in [tabel 8.3](#) vermelde geotiff- en tiff-headergegevens bevatten.

Tag	Waarde
BitPerSample	(8,8,8)
Compression	None of Deflate
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	IRGIRGIRGIRG..... (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: 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 8.3: Inhoud tiff-header in een CIR-orthofotomozaïek

- c. Voor het gehele projectgebied alle RGB-orthofotomozaïeken in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een gecompriëerd JPEG-beeld volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95%. De bestandsnaam is **YYYY_XXXXX_yyyyyy_RGB_JPEG.hrl.tif**. Elk bestand moet minimaal de in [tabel 8.1](#) vermelde geotiff-headergegevens bevatten.

- d. Voor het gehele projectgebied alle CIR-orthofotomozaïeken in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een gecomprimeerd JPEG-beeld op kwaliteitsniveau 95% met het kleurschema YCbCr.
De bestandsnaam is `YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_JPEG_hrl.tif`. De volgorde van de kleurkanalen in de beelden is IRG (infrarood, rood, groen). Elk bestand moet minimaal de [tabel 8.1](#) vermelde geotiff-headergegevens bevatten.
- e. Voor het gehele projectgebied alle RGB-orthofotomozaïeken in ecw-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits gecomprimeerd tiff-beeld. De compressiefactor mag nooit hoger zijn dan 10.
De bestandsnaam is `YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_hrl.ecw`.
- f. Voor het gehele projectgebied alle CIR-orthofotomozaïeken in ecw-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits gecomprimeerd tiff-beeld. De compressiefactor mag nooit hoger zijn dan 10.
De bestandsnaam is `YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_hrl.ecw`.
- g. Voor het gehele projectgebied alle georeferentie-bestanden waarmee de georeferentie van een ecw-orthofotomozaïek is vastgelegd.
De bestandsnaam is respectievelijk `YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_hrl.eww` voor de RGB-orthofotomozaïeken en `YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_hrl.eww` voor de CIR-orthofotomozaïeken.
- h. Voor elk orthofotomozaïek een xml-bestand met metadatainformatie die voldoet aan het courante Nederlands metadataprofiel ISO 19115. Het op 1 januari van het jaar van inwinning van de luchtfoto's geldende profiel wordt gebruikt. Voor meer informatie, zie www.geonovum.nl.
- i. Een geopackage-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.
De bestandsnaam is `YYYY_knippolygonen_PP_BB_hrl.gpkg`.

8.2.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde orthofotomozaïeken 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 perceel?

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

- Is de kleurdiepte van de geleverde orthofotomozaïeken voldoende?
- Voldoet de volgorde van de kleurkanalen aan de gestelde specificaties?
- Is de geometrische positioneringsprecisie-eis op maaiveldhoogte van 25 centimeter of beter in alle orthofotomozaïeken gehaald?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op maaiveldhoogte?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Voldoen de histogrammen aan de gestelde eisen en zijn de kleuren natuurgetrouw?
- Zijn de luchtfoto's vrij van kleurzwemen?
- 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 binnen de mozaïeken de kniplijnen tussen de individuele foto's 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 A Definitie van oriënteringshoeken

A.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 zijn onderverdeeld 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 (ω), phi (ϕ) en kappa (κ).

Deze bijlage legt vast hoe de te leveren drie rotatiehoeken gedefinieerd zijn.

A.2 Definitie van de oriënteringshoeken

A.2.1 Drie oriënteringshoeken

- Een omega-hoek (ω).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de x-coördinaten-as van het cameracoördinatenstelsel, waarbij de richting van de positieve x-as in de vliegrichting is georiënteerd.
- Een phi-hoek (ϕ).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de y-coördinaten-as van het cameracoördinatenstelsel, waarbij de y-as loodrecht op de x-as staat.
- Een kappa-hoek (κ).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel.

A.2.2 Het vakgebied kent geen standaard in de hoekdefinitie

Het fotogrammetrische vakgebied kent geen standaard ten aanzien van de definitie van de oriënteringshoeken. 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 geldt dit voor een linksdraaiende hoek?
- het coördinatenstelsel, waarnaar gedraaid wordt. Wordt de rotatie beschreven van het cameracoördinatenstelsel 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 (ω, ϕ, κ) -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.

A.2.3 Standaard bij de beeldmateriaalprojecten

Bij de start van de landsdekkende hoge resolutie fotovluchten is een standaard opgesteld, die vastlegt waarop de door aannemers aan te leveren (ω, ϕ, κ) -draaiingshoeken zijn gebaseerd.

Tabel A.1 toont de definitie van het terreincoördinatenstelsel.

Beschrijving	Definitie
Onderlinge loodrechtheid van de coördinaat assen	Rechtshandig assenstelsel
Richting van de x-coördinaatas	Positief naar het oosten
Richting van de y-coördinaatas	Positief naar het noorden
Richting van de z-coördinaatas	Positief bij oplopende NAP-hoogten
Eenheid	Millimeters

Tabel A.1: Definitie van het terreincoördinatenstelsel

Tabel A.2 toont de definitie van het cameracoördinatenstelsel.

Beschrijving	Definitie
Onderlinge loodrechtigheid van de coördinaat assen	Rechtshandig assenstelsel
Richting van de x-coördinaat	Gericht langs de korte zijde van het luchtfotobeeld waarbij de richting van de positieve as benaderd gelijk is aan de vliegrichting
Richting van de y-coördinaat	Gericht langs de lange zijde van het luchtfotobeeld waarbij de richting van de positieve as zich aan de linkerzijde (bakboordzijde) van het vliegtuig bevindt
Richting van de z-coördinaat	Positief bij oplopende NAP-hoogten
Eenheid	Millimeters

Tabel A.2: Definitie van het cameracoördinatenstelsel

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

Beschrijving	Definitie
Rotatiebeschrijving	Rotatie van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel
Rotatierichting	Vanaf een coördinaat assen kijkend naar de oorsprong van het coördinatenstelsel positief bij een draaiing, gelijk aan de draaiing van de wijzers van de klok
Rotatievolgorde	zie vergelijking A.1
Eenheid van rotatie	360-graden stelsel

Tabel A.3: Definitie van de rotaties

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

$$\begin{pmatrix} X_i - X_0 \\ Y_i - Y_0 \\ Z_i - Z_0 \end{pmatrix} = \lambda_i R_\omega R_\phi R_\kappa \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ -c \end{pmatrix} \quad (\text{A.1})$$

waarin:

- (X_i, Y_i, Z_i) : De positie van een punt i in het terrein.
- (X_0, Y_0, Z_0) : De coördinaten van het projectiecentrum van een foto
- λ_i : De schaalfactor
- R_ω : De rotatie om de x-as van het cameracoördinatenstelsel
- R_ϕ : De rotatie om de y-as van het cameracoördinatenstelsel
- R_κ : De rotatie om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel
- (x_i, y_i) : De fotocoördinaten van het op de foto afgebeelde terreinpunt i
- c : De brandpuntsafstand van het objectief

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de x-cameracoördinatenas zijn gedefinieerd in vergelijking A.2.

$$R_{\omega} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \quad (\text{A.2})$$

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de y-cameracoördinatenas zijn gedefinieerd in [vergelijking A.3](#).

$$R_{\phi} = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \quad (\text{A.3})$$

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de optische hoofdas zijn gedefinieerd in [vergelijking A.4](#).

$$R_{\kappa} = \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.4})$$

Het rotatiedeel in [vergelijking A.1](#), uitgeschreven als rotatiematrix met behulp van de in [vergelijking A.2](#) tot en met [vergelijking A.4](#) gegeven elementen van de rotatiematrix, geeft de rotatiematrix, die de relatie beschrijft van het cameracoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel. De resulterende rotatiematrix wordt gegeven in [vergelijking A.5](#).

$$R_{\omega, \phi, \kappa} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (\text{A.5})$$

De individuele matrixelementen in [vergelijking A.5](#) hebben de volgende gedaante:

$$r_{11} = \cos \phi \cos \kappa \quad (\text{A.6})$$

$$r_{12} = -\cos \phi \sin \kappa \quad (\text{A.7})$$

$$r_{13} = \sin \phi \quad (\text{A.8})$$

$$r_{21} = \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa \quad (\text{A.9})$$

$$r_{22} = \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa \quad (\text{A.10})$$

$$r_{23} = -\sin \omega \cos \phi \quad (\text{A.11})$$

$$r_{31} = \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa \quad (\text{A.12})$$

$$r_{32} = \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \quad (\text{A.13})$$

$$r_{33} = \cos \omega \cos \phi \quad (\text{A.14})$$

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