



Besteksvoorwaarden inwinning landsdekkende dataset AHN6 (2025-2027)

18-6-2024
Versie 1.0
DEFINITIEF

Versie

Nr.	Omschrijving	Auteur
1.0	Definitieve versie	Ingrid Alkemade, Jeroen Leusink, Gerbrand Vestjens, Adriaan van Natijne

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Wijzigingen	6
1.2	Eindtermen	6
1.3	Beoordelings- en acceptatieprocedure	7
1.4	Indeling van dit bestek	7
2	Beschikbare materialen	9
3	Vliegplan	10
3.1	Specificaties vliegplan	10
3.2	Te leveren producten	10
3.2.1	Vliegplan en grondstations	10
3.3	Kwaliteitscontrole	11
4	Referentiegebieden	12
4.1	Specificaties van referentiegebieden	12
4.2	Te leveren producten	12
4.3	Kwaliteitscontrole	13
5	Inwinvlucht	14
5.1	Specificaties inwinvlucht	14
5.2	Te leveren producten	14
5.2.1	Voortgangsrapportage(s) inwinvluchten	14
5.2.2	Vluchtrapportage	15
5.3	Kwaliteitscontrole	16
6	Geometrische correcte dataset	17
6.1	Specificaties geometrisch correcte dataset	17
6.2	Te leveren producten	18
6.2.1	Eigenschappen GeoTIFF	20
6.3	Kwaliteitscontrole	21
7	Geclassificeerde dataset	22
7.1	Specificaties geclassificeerde dataset	22
7.1.1	Classificatie	22
7.1.2	Herbemonstering	23
7.2	Te leveren producten	24
7.3	Kwaliteitscontrole	27
A.	Definities	28
A.1	Definitie maaiveld	28
A.2	Definitie bebouwing	29
A.3	Definitie kunstwerken	30

A.4	Definitie water	30
A.5	Definitie hoogspanning	31
A.6	Definitie extreem	31
A.7	Definitie overig	32
A.8	Projectspecifieke definities	32
A.9	Herbemonsteringsmethodieken	32
A.9.1	Maximale waarde voor aanmaken 0.5 meter DSM	32
A.9.2	Ongewogen gemiddelde voor aanmaken 0.5 meter DTM	33
A.9.3	Ongewogen gemiddelde voor resampling van 0.5 meter naar 5 meter raster 33	
B.	Structuur leveringen	34
B.1	Inhoudsopgave kwaliteitsrapportage	34
B.2	Directory structuur op te leveren documenten	35
C.	Suggesties kwaliteitsrapportage	37
C.1	Absolute hoogte en absolute planimetrie	37
C.2	Planimetrie en de hoogte	38
C.3	Hoogteverschillen tussen stroken	39
C.4	Punt dichtheid.....	40
C.5	Hoogteverschil AHN6 – AHN5.....	41
C.6	Classificatie	41
C.7	Herbemonsterde data	42
D.	Documentatie zadeldakmethode	43
D.1	Aanleiding	43
D.2	Bepalen noklijnen in laserdata	44
D.3	Bepaling verschuiving tussen de stroken	45
D.4	Rapportage	46

1 Inleiding

1.1 Wijzigingen

- a. Structuur volledige bestek is herzien en volgt dezelfde methodiek als de besteksvaarden van Beeldmateriaal 6;
- b. Er worden eisen aan dwarsstroken gesteld;
- c. De data wordt in twee leveringen gevraagd: een levering van de geometrische data en een levering van de geclassificeerde data;
- d. Bij de geometrische levering wordt een Quick DSM geleverd;
- e. De NoData waarde voor de GeoTIFF's is gewijzigd;
- f. Bij de puntenwolk per kaartblad wordt RGB toegevoegd;
- g. Het Point data record is voor de geclassificeerde dataset veranderd naar zeven in verband met de RGB toevoeging;
- h. Eerder verplichte zelfcontroles en/of controlemethodieken zijn niet meer allemaal voorgeschreven;
- i. De definitie van gebouw is gewijzigd in het hele gebouw (vergelijkbaar met de AHN4-definitie);
- j. De klasse Hoogspanning (masten en lijnen) is geen onderdeel meer van het DSM;
- k. Kaartbladen zijn niet meer TOP10-kaartbladen maar kilometerbladen (in analogie met het programma Beeldmateriaal).

1.2 Eindtermen

De landsdekkende dataset AHN6 voldoet aan de eindtermen zoals hieronder opgesomd:

- a. Het bestand bezit een hoogtenauwkeurigheid van drie centimeter standaardafwijking of beter en een systematische afwijking van vijf centimeter of beter;
- b. Het bestand bezit een planimetrische nauwkeurigheid van vijf centimeter standaardafwijking of beter en een systematische afwijking van acht centimeter of beter;
- c. Het bestand bezit een punt dichtheid van minimaal 10 pt/m² (of meer, zoals overeengekomen) in 99% van de 1x1 meter rastercellen;
- d. In gebied begroeid met loofbos moet minimaal 25% van de pulsen het maaiveld raken;
- e. Het bestand is geclassificeerd in de volgende klassen:
 - e.a. maaiveld ("ground");
 - e.b. bebouwing ("buildings");
 - e.c. water ("water");
 - e.d. kunstwerken ("civil structures");
 - e.e. hoogspanning ("high voltage");
 - e.f. overig ("unclassified").

- f. Daarnaast is de puntenwolk herbemonsterd naar een raster dat het maaiveld beschrijft (DTM) en een raster dat het oppervlak (met uitzondering van waterpartijen en hoogspanning) beschrijft (DSM). Beide rasters worden in een 50 centimeter en een 5 meter variant geleverd.

1.3 Beoordelings- en acceptatieprocedure

Iedere levering zal door een door Opdrachtgever geselecteerde marktpartij worden gecontroleerd in relatie tot de in deze besteksvoorwaarden opgenomen eindtermen en normen. De Opdrachtgever registreert het proces van inwinning en controle en is zelf niet uitvoerend.

Elke levering wordt namens de Opdrachtgever conform de onderstaande procedure gecontroleerd:

a. Stap 1: 'Ingangscontrole'

Hierin wordt de levering op compleetheid en technische vorm gecontroleerd. Zolang niet wordt voldaan aan de voorwaarden in stap 1 wordt de levering niet geaccepteerd. De Opdrachtnemer Inwinning wordt hiervan op de hoogte gesteld en wordt verzocht een herlevering te verzorgen. In dit geval is er mogelijk sprake van een te late levering.

b. Stap 2: 'Kwaliteitscontrole'

Vanaf het moment dat aan alle voorwaarden van stap 1 is voldaan, start de kwalitatieve controle conform paragraaf 6.3 (levering geometrisch correcte dataset) respectievelijk paragraaf 7.3 (levering geclassificeerde dataset).

Indien als gevolg van stap 2 de data niet geaccepteerd wordt, wordt de Opdrachtnemer Inwinning hiervan op de hoogte gesteld en wordt hem verzocht een herlevering te doen. Een herlevering omvat **altijd** de complete dataset. De Opdrachtnemer Controle geeft aan wat de consequenties zijn van de bevindingen voor de eindtermen én adviseert de Opdrachtgever over de te nemen maatregelen door de Opdrachtnemer Inwinning.

Voorafgaand aan de controle door de Opdrachtnemer Controle dient de Opdrachtnemer Inwinning aan te tonen dat de data voldoet aan de in deze besteksvoorwaarden opgenomen eindtermen en normen.

- c. Uit alle in paragraaf 6.2 beschreven zelfcontroles moet blijken dat de controleonderdelen voldoen aan de kwaliteitseisen waarbij de eindtermen worden gegarandeerd;
- d. Voor de overige hoofdstukken van de kwaliteitsrapportage, zoals beschreven in paragraaf B.1, is de controlemethodiek vrij. Hoofdstuk C van dit document bevat een aantal suggesties voor de uit te voeren controles.

Voor overschrijdingen geldt dat deze slechts verspreid over het projectgebied voor mogen komen en niet geclusterd.

1.4 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:

- a. Een paragraaf met een overzicht van de technische specificaties waar de te leveren producten aan moeten voldoen.
- b. Een paragraaf met een overzicht van de te leveren producten. Tevens wordt aangegeven op welke wijze deze producten worden geleverd.
- c. 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 Opdrachtgever de volgende bescheiden aan de Opdrachtnemer Inwinning:

- a. Een digitaal kaartbeeld van het projectgebied in GeoPackage-format. Op dit kaartbeeld staat de begrenzing van het te leveren gebied;
- b. Kaartbladindex;
- c. Als open data zijn o.a. de volgende materialen beschikbaar:
 - c.a. Digitaal Topografisch Bestand (DTB, Rijkswaterstaat);
 - c.b. AHN4, AHN5;
 - c.c. BGT;
 - c.d. BAG;
 - c.e. NIS Beheerkaart nat van Rijkswaterstaat.

3 Vliegplan

3.1 Specificaties vliegplan

- a. Het gehele projectgebied wordt met behulp van LiDAR (laseraltimetrie) ingemeten waarbij de overlap tussen twee naastgelegen stroken voldoende moet zijn om de onderlinge ligging van de stroken te kunnen controleren;
- b. Er dienen dwarsstroken ingewonnen te worden. Hierbij geldt dat elke strook in tenminste één dwarsstrook voorkomt. Stroken die meer dan tienmaal langer dan breed zijn dienen in minimaal twee dwarsstroken voor te komen;
- c. De wens is om vliegstroken, voor zover realistisch in relatie tot vliegrestricties en efficiëntie, een significant andere vliegrichting te geven in vergelijking tot het AHN4, het AHN5 of het Beeldmateriaal 5 project om zodoende schaduwgebieden als gevolg van occlusie in een gecombineerde dataset te minimaliseren.
- d. Het vliegplan houdt rekening met vooraf bekende restricties op het gebruik van het luchtruim, bijvoorbeeld:
 - d.a. De TMA/CTR Schiphol en Eindhoven;
 - d.b. Tijdelijke militaire beperkingen, zoals tijdens de oefening 'Frysian Flag' in het noorden van Nederland, in het Waddengebied (Vliehors Range) of rondom Vliegbasis Eindhoven;
 - d.c. Verlofaanvragen teledetectie in België;
 - d.d. Restrictiegebieden, waaronder Koninklijke paleizen en regeringsgebouwen, zoals genoemd in de "Regeling beperking of verbod uitoefening burgerluchtverkeer in bepaalde gebieden 2018"¹.

3.2 Te leveren producten

3.2.1 Vliegplan en grondstations

Voordat met de daadwerkelijke vluchtuitvoering mag worden begonnen, worden de volgende producten opgeleverd:

- a. Een vliegplan in PDF-format volgens de indeling van paragraaf B.1 (hoofdstuk 1) met een overzicht van:
 - a.a. de begrenzing van het projectgebied;
 - a.b. de ligging van de vliegstroken;
 - a.c. de te gebruiken GNSS-stations;
 - a.d. de planning van de uit te voeren inwinvluchten.
- b. Een vliegplan in GeoPackage-format met een overzicht van:
 - b.a. de ligging van de vliegstroken;
 - b.b. de nummering van de vliegstroken (deze wordt afgestemd met de opdrachtgever om een unieke nummering voor het hele AHN6 te verkrijgen);

¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040730>

b.c. de te gebruiken GNSS-stations.

3.3 Kwaliteitscontrole

Opdrachtgever controleert de vliegplannen niet, maar gebruikt deze gedurende het project om de voortgang te bewaken. Opdrachtnemer is zelf verantwoordelijk dat het vliegplan zal leiden tot een succesvolle inwinning die aan alle in dit bestek genoemde voorwaarden voldoet.

4 Referentiegebieden

4.1 Specificaties van referentiegebieden

Voor referentiegebieden gelden de volgende eisen:

a. Aansluitvelden voor de hoogte:

- a.a. Deze worden in de vereffening van de data gebruikt om de LiDAR-data op aan te sluiten.
- a.b. Minimaal 1 veld per 250 km² en minimaal 1 veld per 5 vlieglijnen (het hoogste aantal telt).
- a.c. Minimaal 1 veld per 30 strekkende kilometer op de perceelsgrens met aangrenzende percelen (of andere jaargangen binnen hetzelfde perceel). Deze velden worden door beide percelen gebruikt in de aansluitvereffening om zodoende hoogteverschillen tussen de percelen te minimaliseren. Derhalve worden deze velden zo goed mogelijk op de perceelsgrens gelegd zodat ze in beide vliegplannen meegenomen worden. In het verificatiegesprek vindt hierover afstemming plaats.
- a.d. De aansluitvelden moeten goed verspreid over het projectgebied gepland worden, rekening houdend met het vliegplan, in een zodanige configuratie dat de inpassing van het hele ingewonnen gebied op het NAP-stelsel optimaal is. De eis van 1 veld per 5 vlieglijnen is een eis voor het totale aantal referentievelden. Ze hoeven niet noodzakelijkerwijs op iedere 5^e vlieglijn geplaatst te worden.
- a.e. Enkele van de aansluitvelden kiest u op locaties waar de LiDAR-data een relatief sterke geometrie kent vanwege een daar aanwezige meervoudige overlap van stroken.

b. Controlevelden voor de hoogte:

- b.a. Deze worden niet gebruikt in de vereffening maar worden in de (zelf)controle van de data gebruikt om aan te tonen dat de data aan de gestelde eisen voldoet.
- b.b. Minimaal 1 veld per 750 km².

c. Aansluitvelden planimetrie:

- c.a. Indien van toepassing geeft de opdrachtnemer inwinning zelf aan op welke wijze, met welke objecten en met welke omvang van objecten de planimetrische aansluitingsvereffening van de LiDAR-data plaatsvindt.

d. Controlevelden planimetrie:

- d.a. Deze worden niet gebruikt in de vereffening maar worden in de (zelf)controle van de data gebruikt om aan te tonen dat de data aan de gestelde eisen voldoet.
- d.b. Opdrachtnemer inwinning geeft zelf aan op welke wijze, met welke objecten en met welke omvang van objecten deze controle wordt uitgevoerd.

4.2 Te leveren producten

a. Een overzicht in PDF-format volgens de indeling van paragraaf B.1 (hoofdstuk 1) met een overzicht van:

- a.a. de geplande opzet van referentiegebieden in samenhang met het vliegplan.

b. Een GeoPackage met een overzicht van:

b.a. de geplande opzet van de referentiegebieden.

4.3 Kwaliteitscontrole

Opdrachtgever controleert of de opzet van de referentiegebieden voldoet aan de gestelde eisen. Opdrachtnemer is er zelf voor verantwoordelijk dat de opzet van zijn referentiegebieden zal leiden tot een succesvolle inwinning die aan alle in dit bestek genoemde voorwaarden voldoet, óók als daar meer dan het aantal voorgeschreven referentievelden voor nodig zijn. Opdrachtnemer toont met de controlevelden aan dat aan de eindtermen voor hoogte en planimetrie wordt voldaan.

5 Inwinvlucht

5.1 Specificaties inwinvlucht

Bij de voorbereiding en uitvoering van de inwinvluchten worden de volgende punten in aanmerking genomen:

- a. De inwinvlucht wordt uitgevoerd in het bladloze seizoen en is afgerond voor de in het contract genoemde datum van het jaar waarop uitvoering van het project betrekking heeft of zoveel eerder als nodig om te kunnen garanderen dat er geen hinder wordt ondervonden van gebladerte aan bomen en struiken. Het vliegseizoen kan enkel verlengd worden als er op de in het contract genoemde uiterste inwindatum naar inzicht van Opdrachtgever het in te winnen gebied nog voldoende bladloos is. De duur van de verlenging wordt vastgesteld door Opdrachtgever.
- b. De vluchten worden uitgevoerd bij omstandigheden die garanderen dat de ingemeten data voldoet aan de eindtermen.
- c. Gedurende de inwinvlucht mag het op te meten gebied niet geheel of gedeeltelijk getroffen zijn door een overstroming. Hieronder wordt ook verstaan het veelvuldig en/ of omvangrijk aanwezig zijn van natte plekken als gevolg van regenval.
- d. Gedurende de inwinvlucht mag het op te meten gebied niet geheel of gedeeltelijk bedekt zijn met sneeuw, ijs of hagel.
- e. Gedurende het inmeten van de gebieden waarin zich uiterwaarden bevinden, moeten de uiterwaarden droog zijn. Dit betekent dat dergelijke gebieden niet ingemeten mogen worden als de uiterwaarden onder water staan.
- f. De instellingen van de scanner worden zodanig gekozen dat donkere oppervlakken als daken en wegen met donker asfalt ook voldoende reflecties opleveren. Dit type oppervlakken mag niet systematisch ontbreken in de data.
- g. Er zijn voldoende dwarsstroken (paragraaf 3.1, lid b).
- h. Voor het uitvoeren van vluchten voor AHN en Beeldmateriaal is een hogere prioritering geregeld ten opzichte van vluchten binnen dezelfde luchtvaartklasse. Bij de uitvoering houdt u zich aan de regels, restricties en voorwaarden die aan de inwinvluchten gesteld worden door bijvoorbeeld, maar niet uitsluitend, de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) en relevante instanties in buurlanden.

5.2 Te leveren producten

5.2.1 Voortgangsrapportage(s) inwinvluchten

Tijdens de uitvoering van de inwinvluchten, worden de volgende producten opgeleverd:

- a. Dagelijks, indien er een inwinvlucht heeft plaatsgevonden door middel van bijhouding van de vluchtvoortgang via de website van het AHN.
- b. Wekelijks door middel van:
 - b.a. Een grafisch overzicht met de ingewonnen gebieden.
 - b.b. Een percentage van het ingewonnen gebied.
 - b.c. Het percentage gecontroleerde ingewonnen data (waarvoor geen hervlucht nodig is):

- b.c.i Planning en toelichting op wijzigingen en hervluchten;
- b.c.ii Voorziene kritieke momenten.
- b.d. Indien inwinmomenten zijn gemist, wanneer en waarom deze momenten zijn gemist.

5.2.2 Vluchtrapportage

Binnen twee weken na afronding van de inwinvluchten, worden de volgende producten opgeleverd:

- a. Een vluchtrapportage in PDF-format volgens de indeling van paragraaf B.1 (hoofdstuk 2). De vluchtrapportage bevat een samenvattend verslag van de gebeurtenissen gedurende de vliegperiode, waarbij minimaal wordt opgenomen:
 - a.a. Een chronologisch overzicht van alle dagen waarop al dan niet is gevlogen, inclusief de motivatie indien niet gevlogen is.
 - a.b. Een overzicht van vluchtgegevens.
 - a.c. Een overzicht van de gebruikte terrestrische grondslag, inclusief alle gebruikte referenties (GNSS, RD, NAP).
 - a.d. Informatie over de (eventueel) uitgevoerde grondslagberekeningen, inclusief de kwaliteitsparameters.
 - a.e. Kwaliteit van de berekende trajecten (X, Y en Z).
 - a.f. Alle benodigde informatie waaruit blijkt dat de inwinning van de LiDAR-data zodanig is verlopen dat voldaan wordt aan de eindtermen. Tevens moet hieruit blijken dat naar verwachting de levering van de hoogtebestanden volgens de besteksvoorwaarden geleverd kan worden. Zie ook de structuur van hoofdstuk 2 van de kwaliteitsrapportage (paragraaf B.1).
 - a.g. Overige van belang zijnde informatie.
- b. Een vluchtrapportage in GeoPackage-format. Deze vluchtrapportage bevat minimaal de volgende gegevens:
 - b.a. De gevlogen vlieglijnen volgens het vliegplan inclusief de geplande (en gevlogen) hervlucht lijnen en de volgende attributen:
 - b.a.i Lijnnummer (logisch en overeenkomstig met de LAZ bestanden, deze wordt afgestemd met opdrachtgever om een unieke nummering voor het hele AHN6 te verkrijgen);
 - b.a.ii Datum;
 - b.a.iii Uniek vluchtnummer;
 - b.a.iv Vliegtuigregistratie;
 - b.a.v Vliegsnelheid (kts);
 - b.a.vi Vlieghoogte (ft);
 - b.a.vii Scanner type;
 - b.a.viii Scanner ID;

- b.a.ix Pulse Repetition Rate (kHz);
- b.a.x Scan rate (lps);
- b.a.xi Field of View (2 sides);
- b.a.xii Geplande strookoverlap (%);
- b.a.xiii Geplande puntdichtheid (nadir).
- b.b. Een geografisch overzicht waaruit de theoretische ligging (gebaseerd op het vliegtraject, de scanhoeken en het hoogtemodel), de naamgeving en de onderlinge samenhang tussen de geleverde LAZ-bestanden duidelijk wordt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de definitieve posities en hoeken van het vliegtuig ten tijde van de opname (post-processed) die gebruikt worden voor het berekenen van de LiDAR-data.
- b.c. Een overzicht van de gerealiseerde ligging en breedte van elke vliegstrook op basis van de daadwerkelijk ingewonnen LiDAR-data.
- b.d. Een overzicht van de referentiegebieden, ook als deze niet zijn aangepast ten opzichte van het plan zoals ingediend in paragraaf 4.2.
- c. Een netwerkoverzicht van de gebruikte terrestrische grondslag.
- d. Overige van belang zijnde (geografische) informatie.

5.3 Kwaliteitscontrole

Opdrachtgever zal op basis van de geleverde overzichten onder andere controleren of er geen gaten in de bedekking zitten, dat de ingewonnen stroken het gebied volledig bedekken en of de referentiegebieden voldoen aan de gestelde eisen.

6 Geometrische correcte dataset

6.1 Specificaties geometrisch correcte dataset

- a. Alle gemeten en te leveren LiDAR-data zijn uitgedrukt in het NAP-coördinatenstelsel.
- b. De planimetrische component van alle LiDAR-data is uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.
- c. De coördinaattransformatie wordt uitgevoerd met de meest actuele versie van RDNAPTRANS™. In de metadata van zowel de puntenwolken als van de rasters wordt opgenomen welke versie van RDNAPTRANS™ is gebruikt. Op het moment van schrijven is de meest actuele versie RDNAPTRANS™2018, zoals voorgeschreven door het NSGI².
- d. De data is (automatisch) geclassificeerd in minstens de klassen "maaiveld" (2) en "overig" (1). Eventuele overige klassen en codes zijn conform hoofdstuk A. De classificatie dient van voldoende kwaliteit te zijn om de geometrische controles te ondersteunen.
- e. Alle te leveren rasters volgen de kaartbladindeling.

Ten aanzien van een mogelijke afwijking tussen de geleverde LiDAR-data en de werkelijke NAP-hoogte wordt voldaan aan de volgende eisen:

- f. Systematische fouten:

De systematische fout in de hoogte van de LiDAR-data is maximaal vijf centimeter.

- g. Stochastische fouten:

De standaardafwijking van de hoogte van de LiDAR-data (σ_z) is maximaal drie centimeter. Deze waarde is een één sigma (1σ) criterium, waarop de onderstaande kansverdeling van toepassing is:

- 68,2% van alle LiDAR-data voldoet aan $< 1 \sigma_z$;
- 95,4% van alle LiDAR-data voldoet aan $< 2 \sigma_z$;
- 99,7% van alle LiDAR-data voldoet aan $< 3 \sigma_z$.

Met betrekking tot de planimetrische nauwkeurigheid van de LiDAR-data gelden de volgende eisen:

- h. De systematische fout in de planimetrie van de LiDAR-data is maximaal acht centimeter.
- i. De standaardafwijking van de planimetrie van de LiDAR-data (σ_x) is maximaal vijf centimeter. Deze waarde is een één sigma (1σ) criterium.

Met betrekking tot de punt dichtheid gelden de volgende eisen:

- j. De punt dichtheid is minimaal 10 pt/m² (of meer, zoals overeengekomen) in 99% van de 1x1 meter rastercellen.

Uitzonderingen zijn:

- j.a. Waterpartijen of oppervlakken waar van uit mag worden gegaan dat deze in normale omstandigheden niet droog zijn;

² www.nsgi.nl

- j.b. Punten die aan het "zicht" van de scanner onttrokken (occlusie) zijn doordat er bijvoorbeeld een gebouw voor staat.
- k. Daarnaast geldt voor punten onder vegetatie dat 25% van de pulsen moet doordringen tot op maaiveldniveau.

6.2 Te leveren producten

Uiterlijk op de in het contract genoemde leverdatum worden de volgende producten opgeleverd:

- a. Per vliegstrook een bestand in LAZ-format (gebaseerd op LAS 1.4) dat alle ingewonnen data van die vliegstrook bevat, maar vrij is van extremen. Dubbele punten zijn niet toegestaan. Tabel 1 geeft aan welke tags, naast de standaard, aanwezig moeten zijn in de header en welke waarde deze tags moeten bezitten. Tabel 2 geeft aan welke gegevens per punt opgeslagen moeten worden. De benaming van elk LAZ-bestand is "AHN6_<INWINJAAR>_U_<VLIEGSTROOKNUMMER>.LAZ". Alle letters in de benaming moeten hoofdletters zijn. Naast de standaardinformatie wordt ook eventueel beschikbare data die afgeleid kan worden uit full wave form scanners (zoals bijv. amplitude en reflectance) geleverd. Dit zal tijdens het verificatiegesprek afgestemd worden.

Tag	Waarde
File Source ID	Vliegstrooknummer
Project ID – GUID data 1	Projectjaar (decimaal)
Project ID – GUID data 2	Perceelnummer (decimaal)
System Identifier	Scanner type
File Creation Day of Year	Datum van inwinning van de vliegstrook
File Creation Year	Jaar van inwinning van de vliegstrook
Point Data Record Format ID	"6"
X, Y, Z scalefactors	"0.001"

Tabel 1: Inhoud LAZ public header block voor vliegstroken

Tag	Waarde
X	X-waarde van de coördinaat in RD
Y	Y-waarde van de coördinaat in RD
Z	Z-waarde van de coördinaat in NAP
Intensity	Genormaliseerde ³ intensiteitswaarde van het returnsignaal
Return Number	Aaneengesloten nummering van punten binnen een enkele puls, waarbij het eerste punt van een puls 1 is en de waarde voor het laatste punt gelijk is aan het number of returns van

³ Genormaliseerde intensiteitswaarde betekent dat de beschikbare intensiteitswaarden worden genormaliseerd naar het bereik van dit kanaal, zijnde 65.536 voor een veld met 16 bits / 2 bytes .

Tag	Waarde
	die puls. Als het aantal punten per puls groter is dan de maximale waarde van dit veld, stemt opdrachtnemer met opdrachtgever af hoe deze waarde opgeslagen wordt.
Number of Returns	Als het aantal punten per puls groter is dan de maximale waarde van dit veld, stemt opdrachtnemer met opdrachtgever af hoe deze waarde opgeslagen wordt.
Classification Flags	Kan leeg blijven.
Scanner Channel	Voor onderscheid scanners binnen één systeem en/of voor onderscheid gebruikte scanners in één project. De eerste scanner is 0, de tweede 1, etc. Indien met de gekozen opstelling het maximaal aantal waarden (4) wordt overschreden, stemt de Opdrachtnemer af met de Opdrachtgever hoe hiermee om te gaan.
Scan Direction Flag	Richting waarin de scannerspiegel roteert. 1 = van links naar rechts in de vliegrichting, 0 = van rechts naar links.
Edge of Flight Line	1 als het punt op de rand van de vliegstrook ligt, anders 0.
Classification	Resultaten automatische classificatie met daarin minstens de klassen "maaiveld" (2) en "overig" (1). Overige classificaties en codes conform hoofdstuk A.
User Data	
Scan Angle	Dit is de scanhoek t.o.v. nadir waarbij negatieve waarden aan de linkerkant van de vliegrichting liggen. Bij eventuele conische (palmer) scanners stemt de Opdrachtnemer een andere wijze van weergave af met de Opdrachtgever.
Point Source ID	
GPS Time	Adjusted Standard GPS Time

Tabel 2: Inhoud LAZ point records voor vliegstroken

- b. Per vliegstrook de trajectgegevens (Terrascan *.trj formaat⁴ of *.txt formaat met in ieder geval: tijd,X,Y,Z,H,R,P,Qxy,Qz,Qh,Qrp in de beschikbare nauwkeurigheid), waarbij de naamgeving overeenkomt met de naamgeving van de vlieglijnnummering zoals beschikbaar in de LAZ bestanden.
- c. Een tekstbestand met daarin per regel een checksum en daarna, gescheiden door een spatie, de bestandsnaam. De checksum wordt gemaakt met algoritme SHA256 op het originele bestand.
- d. Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format conform paragraaf 6.2.1 met een resolutie van 0,5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf A.9.1 (maximale waarde) op basis van alle punten, exclusief extremen, binnen de projectgrens. De benaming van elk rasterbestand is

⁴ TerraScan trajectory binary files (terrasolid.com)

"AHN6_<INWINJAAR>_Q_<KAARTBLADNAAM>.TIF". Voor de specifieke eigenschappen van de GeoTIFF's, zie paragraaf 6.2.1. Het rasterbestand wordt uit de in onderstaande tabel genoemde bronbestanden gegenereerd met de genoemde methode:

Rasterbestand	Bronbestand	Methode
0,5 meter DSM	LiDAR-data	Maximale waarde, zie paragraaf A.9.1

- e. Een rapportage in PDF-format volgens de indeling van paragraaf B.1 (hoofdstuk 3 t/m 11, indien relevant voor de geometrische levering) waarin de Opdrachtnemer Inwinning minimaal opneemt:
 - e.a. Een beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden, in het bijzonder de wijze van de geometrische verwerking van de data.
 - e.b. Overzichten van de behaalde resultaten over het projectgebied.
 - e.c. Overzichten van lokale uitzonderingen of afwijkingen met een systematisch karakter (bijvoorbeeld in een enkele overlap tussen twee stroken), inclusief een numerieke en grafische onderbouwing hiervan.
 - e.d. Een beschrijving van de verdeling van de geconstateerde afwijkingen op de specificaties, zowel die van systematische als die van stochastische aard.
 - e.e. Een beschrijving waaruit duidelijk blijkt dat de geleverde producten aan de besteksvoorwaarden voldoen en de geometrische eindtermen gehaald worden. Opdrachtgever hecht in het bijzonder aan de controle van de aansluiting op het NAP en de absolute planimetrie door middel van de controlevelden van Opdrachtnemer. Hier toe geeft de Opdrachtnemer Inwinning aan op welke onderdelen is gecontroleerd, wat de resultaten zijn en wat daarvan de slotconclusie is.
 - e.f. Een uitspraak over de gevolgen voor de eindtermen in het geval er eventueel sprake is van een verminderde kwaliteit op specifieke aspecten zoals bijvoorbeeld de punt-dichtheid en de puntverdeling.
 - e.g. Numerieke, grafische en/of geografische overzichten in daarvoor logische en gangbare bestandsformaten ter onderbouwing en ondersteuning van constatering en conclusies in bovengenoemde rapportage.
- f. Een geografisch overzicht in GeoPackage-format, waaruit de daadwerkelijke ligging, de naamgeving en de onderlinge samenhang tussen de geleverde LAZ-bestanden duidelijk wordt.
- g. De definitieve ligging van de referentievelden in GeoPackage-format.
- h. De gemeten referentiedata.

De levering vindt plaats via de Cloud. Iedere levering wordt gedaan in een map met datum en omschrijving in de naam (YYYYMMDD_omschrijving). De originele levermap mag dus niet meer worden gewijzigd.

6.2.1 Eigenschappen GeoTIFF

Voor de GeoTIFF's gelden de volgende voorwaarden:

- a. De georeferentie wordt opgenomen in de header, dus geen los tfw-bestand.
- b. Als projectie wordt EPSG: 7415 ("Amersfoort / RD New + NAP height") gebruikt.

- c. De GeoTIFF's worden middels een lossless TIFF compressie gecomprimeerd.
- d. Daarnaast gelden de volgende instellingen:
 - d.a. Band 1
 - d.b. Block=256*256
 - d.c. Type=Float32
 - d.d. ColorInterp=Gray
 - d.e. NoData Value=-9999
 - d.f. GTRasterTypeGeoKey=1 (RasterPixelIsArea)
- e. Per type geleverd rasterbestand een metadatabestand in XML-format, conform het actuele Nederlands profiel op ISO 19115 voor geografie. In het metadatabestand moeten in ieder geval worden opgenomen:
 - e.a. Het coördinatensysteem waarin de hoogtegegevens zijn weergegeven.
 - e.b. De gebruikte RDNAPTRANS™ versie.
- f. In het verificatiegesprek worden nadere afspraken gemaakt over de exacte invulling van enkele velden in de metadata.

6.3 Kwaliteitscontrole

Opdrachtgever zal de data door Opdrachtnemer Controle laten controleren volgens de procedure zoals beschreven in paragraaf 1.3. Opdrachtnemer Controle zal, bijvoorbeeld op basis van controles zoals beschreven in paragrafen C.1, C.2, C.3, C.4, C.5, en C.7, verifiëren of de geleverde data aan de besteksvoorwaarden voldoet. De aanwezige classificatie dient ter ondersteuning van de geometrische controles door Opdrachtnemer Controle en wordt inhoudelijk niet beoordeeld.

7 Geclassificeerde dataset

7.1 Specificaties geclassificeerde dataset

- a. De puntenwolk van de geclassificeerde dataset is gelijk aan de geometrisch correcte dataset, met daaraan toegevoegd de classificatie per punt. Uitgezonderd zijn punten, zoals punten in gebouwen (zie paragraaf A.6), waarvan vóór classificatie niet duidelijk was dat deze niet aanwezig mogen zijn in de data. Deze punten mogen worden verwijderd.

7.1.1 Classificatie

Het bestand met LiDAR-data wordt geclassificeerd volgens de volgende klasse-indeling:

- Maaiveld ("Ground");
- Bebouwing ("Building");
- Kunstwerken ("Civil structures");
- Water ("Water");
- Hoogspanning ("High voltage");
- Overig ("Unclassified").

Algemene eisen aan de classificatie:

- a. De geclassificeerde bestanden voldoen aan een volledige classificatie volgens de in de hoofdstuk A opgenomen klasse-definitie. Alle LiDAR-punten die niet als maaiveld, bebouwing, kunstwerk, water of hoogspanning kunnen worden geclassificeerd, worden als *overig* geclassificeerd.
- b. Het bestand is vrij van extremen. Er geldt een tolerantie van één (1) extreme waarde per 1000 hectare oppervlak, die nog in het bestand aanwezig mag zijn.
- c. De classificatie is op grenzen van kaartbladen en intern gebruikte blokgrenzen consistent. Sprongen in de classificatie (bijvoorbeeld watergangen die plotseling breder of smaller worden of een klein deel van een gebouw dat niet is geclassificeerd als bebouwing) leiden tot afkeuring van de data.
- d. De onjuist geclassificeerde gebieden mogen geen aaneengesloten gebied groter dan één hectare beslaan.
- e. Voor alle classificatiefouten geldt dat deze niet structureel en/of geclusterd voor mogen komen.

7.1.1.1 Toleranties per klasse:

Toegewezen klasse	Maaiveld	Bebouwing	Water	Hoogspanning	Kunstwerken	Overig
Daadwerkelijke klasse						
Maaiveld		Eis 1	Eis 1	Eis 1	Eis 1	Eis 1
Bebouwing	Eis 2		Eis 3	Eis 3	Eis 3	Eis 4
Water	Eis 5	Eis 5		Eis 5	Eis 5	Eis 5
Hoogspanning	Eis 2	Eis 6	Eis 7		Eis 7	Eis 6

Kunstwerken	Eis 2	Eis 8	Eis 8	Eis 8		Eis 8
Overig	Eis 9	Eis 10	Eis 10	Eis 10	Eis 10	

Waarin:

- a. Eis 1: maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse geclassificeerd zijn.
- b. Eis 2: Maximaal 1 object per 1.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn.
- c. Eis 3: Maximaal 1 object per 1000 gebouw-objecten mag ten onrechte als kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.
- d. Eis 4: Maximaal 1 object per 100 gebouw-objecten mag ten onrechte als overig geclassificeerd zijn.
- e. Eis 5: Maximaal 1 waterloop per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse geclassificeerd zijn.
- f. Eis 6: Maximaal 1 object per 100 hoogspanning-objecten mag ten onrechte als bebouwing of overig geclassificeerd zijn;
- g. Eis 7: Maximaal 1 object per 1000 hoogspanning-objecten mag ten onrechte als kunstwerk of water geclassificeerd zijn;
- h. Eis 8: Maximaal 2 objecten per 100 kunstwerk-objecten mogen ten onrechte als gebouw, overig, hoogspanning of water geclassificeerd zijn;
- i. Eis 9:
 - i.a. Vegetatie (<0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn;
 - i.b. Vegetatie (>0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse dan "overig" geclassificeerd zijn;
 - i.c. Overig: Maximaal 1 overig object per 1.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn;
- j. Eis 10:
 - j.a. Vegetatie (<0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 5.000 hectare mag ten onrechte als gebouw, kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn;
 - j.b. Vegetatie (>0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse dan "overig" geclassificeerd zijn;
 - j.c. Overig: Maximaal 2 objecten per 100 overige-objecten mogen ten onrechte als gebouw, kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.

7.1.2 Herbemonstering

Voor de herbemonstering naar regelmatige rasters geldt het volgende:

- a. Voor alle rasters geldt dat ze het terrein zo goed mogelijk beschrijven.
- b. Voor alle DTM rasters geldt dat deze voldoen aan de maaivelddefinitie.
- c. De rasters worden geleverd volgens de kaartbladindeling.
- d. De rasters bevatten enkel (geclassificeerde) data binnen de projectgrens.

- e. De rasterbestanden worden uit de in onderstaande tabel genoemde bronbestanden gegenereerd met de genoemde methode:

Rasterbestand	Bronbestand	Methode
0,5 meter DTM	LIDAR-data, klasse "maaiveld"	Ongewogen gemiddelde, zie paragraaf A.9.2
0,5 meter DSM	LiDAR-data, alle klassen behalve "water" en "hoogspanning"	Maximale waarde, zie paragraaf A.9.1
5 meter DTM	0,5 meter DTM	Ongewogen gemiddelde, zie paragraaf A.9.3
5 meter DSM	0,5 meter DSM	Ongewogen gemiddelde, zie paragraaf A.9.3

7.2 Te leveren producten

Op de in het contract genoemde leverdatum worden de volgende producten opgeleverd:

- a. Per kaartblad een bestand in LAZ-format (gebaseerd op LAS 1.4). Het kaartblad bevat enkel de punten binnen de projectgrens. Dubbele punten zijn niet toegestaan. Tabel 3 geeft aan welke tags, naast de standaard, aanwezig moeten zijn in de header en welke waarde deze tags moeten bezitten. Tabel 4 geeft aan welke gegevens per punt opgeslagen moeten worden. De benaming van elk LAZ-bestand is "AHN6_<INWINJAAR>_C_<KAARTBLADNAAM>.LAZ". Alle letters in de benaming, ook de letters van de kaartbladen, moeten hoofdletters zijn. Naast de standaardinformatie wordt ook eventueel beschikbare data die afgeleid kan worden uit full wave form scanners (zoals bijv. amplitude en reflectance) geleverd. Deze kan in het veld User Data opgenomen worden. Dit zal tijdens het verificatiegesprek afgestemd worden.

Tag	Waarde
Project ID – GUID data 1	Projectjaar (decimaal)
Project ID – GUID data 2	Perceel nummer (decimaal)
File Creation Day of Year	Eerste datum van inwinning
File Creation Year	Eerste jaar van inwinning
Point Data Record Format ID	"7"
X, Y, Z scalefactors	"0.001"

Tabel 3: Inhoud LAZ public header block voor kaartbladen.

Tag	Waarde
X	X-waarde van de coördinaat in RD
Y	Y-waarde van de coördinaat in RD
Z	Z-waarde van de coördinaat in NAP
Intensity	Genormaliseerde intensiteitswaarde van het returnsignaal

Tag	Waarde
Return Number	Aaneengesloten nummering van punten binnen een enkele puls, waarbij het eerste punt van een puls 1 is en de waarde voor het laatste punt gelijk is aan het number of returns van die puls. Als het aantal punten per puls groter is dan de maximale waarde van dit veld, stemt opdrachtnemer met opdrachtgever af hoe deze waarde opgeslagen wordt.
Number of Returns	Als het aantal punten per puls groter is dan de maximale waarde van dit veld, stemt opdrachtnemer met opdrachtgever af hoe deze waarde opgeslagen wordt.
Classification Flags	Kan leeg blijven.
Scanner Channel	Voor onderscheid scanners binnen één systeem en/of voor onderscheid gebruikte scanners in één project. De eerste scanner is 0, de tweede 1, etc. Indien met de gekozen opstelling het maximaal aantal waarden (4) wordt overschreden, stemt de Opdrachtnemer af met de Opdrachtgever hoe hiermee om te gaan.
Scan Direction Flag	Richting waarin de scannerspiegel roteert. 1 = van links naar rechts in de vliegrichting, 0 = van rechts naar links.
Edge of Flight Line	1 als het punt op de rand van de vliegstrook ligt, anders 0.
Classification	Classificatie code conform hoofdstuk A.
User Data	
Scan Angle	Dit is de scanhoek t.o.v. nadir waarbij negatieve waarden aan de linkerkant van de vliegrichting liggen. Bij eventuele conische (palmer) scanners stemt de Opdrachtnemer een andere wijze van weergave af met de Opdrachtgever
Point Source ID	Verwijzing naar de File Source ID van de vliegstrook waar het betreffende punt uit afkomstig is.
GPS time	Adjusted Standard GPS Time
Red	Kleureninformatie van een gelijktijdig ingewonnen luchtfoto. De luchtfoto mag ontleend worden aan een orthofotomozaïek met 8 bits per kleurenkanaal. Indien géén sprake is van gecombineerde inwinning voorziet opdrachtgever in een orthofotomozaïek. Doel van de kleuring is ondersteuning van identificatie en interpretatie.
Green	
Blue	

Tabel 4: Inhoud LAZ point records voor kaartbladen.

- b. Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format conform paragraaf 6.2.1 met een resolutie van 0,5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf

A.9.1 (maximale waarde) op basis van de klassen "maaiveld", "bebouwing", "kunstwerk", "hoogspanning" en "overig". De benaming van elk rasterbestand is "AHN6_<INWINJAAR>_R_<KAARTBLADNAAM>.TIF".

- c. Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format conform paragraaf 6.2.1 met een resolutie van 0,5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf A.9.2 (ongewogen gemiddelde) op basis van de klasse "maaiveld". De benaming van elk rasterbestand is "AHN6_<INWINJAAR>_M_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- d. Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format conform paragraaf 6.2.1 met een resolutie van 5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf A.9.3 (ongewogen gemiddelde) op basis van het 0,5 meter raster bestand met de benaming "AHN6_<INWINJAAR>_R_<KAARTBLADNAAM>.TIF". De benaming van elk rasterbestand is "AHN6_<INWINJAAR>_R5_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- e. Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format conform paragraaf 6.2.1 met een resolutie van 5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf A.9.3 (ongewogen gemiddelde) op basis van het 0,5 meter raster bestand met de benaming "AHN6_<INWINJAAR>_M_<KAARTBLADNAAM>.TIF". De benaming van elk rasterbestand is "AHN6_<INWINJAAR>_M5_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- f. Een tekstfile met daarin per regel een checksum en daarna, gescheiden door een spatie, de bestandsnaam. De checksum wordt gemaakt met algoritme SHA256 op het originele bestand.
- g. Per type geleverd LAZ- of rasterbestand een metadatabestand in XML-format, conform het actuele Nederlands profiel op ISO 19115 voor geografie. In het metadatabestand moeten in ieder geval worden opgenomen:
 - g.a. Het coördinatensysteem waarin de hoogtegegevens zijn weergegeven;
 - g.b. De gebruikte RDNAPTRANS™ versie.

Alle letters in de benaming, ook de letters van de kaartbladen, moeten hoofdletters zijn.

- h. Een rapportage in PDF-format, volgens de indeling van paragraaf B.1 (hoofdstuk 3 t/m 11, indien relevant voor de geclassificeerde levering) waarin de Opdrachtnemer minimaal opneemt:
 - h.a. Een beschrijving van de uitgevoerde classificatiewerkzaamheden, in het bijzonder de gebruikte methoden.
 - h.b. Overzichten van de behaalde classificatieresultaten over het projectgebied.
 - h.c. Overzichten van lokale uitzonderingen of afwijkingen met een systematisch karakter.
 - h.d. Een beschrijving van de verdeling van de geconstateerde afwijkingen op de specificaties, zowel die van systematische als die van stochastische aard.
 - h.e. Een beschrijving waaruit duidelijk blijkt dat de geleverde producten aan de besteksvoorwaarden voldoen en de eindtermen gehaald worden. Hiertoe geeft de Opdrachtnemer aan op welke onderdelen is gecontroleerd, wat de resultaten zijn en wat daarvan de slotconclusie is.
 - h.f. Numerieke, grafische en/of geografische overzichten in daarvoor logische en gangbare bestandsformaten ter onderbouwing en ondersteuning van constatering en conclusies in bovengenoemde rapportage.

i. De BAG en BGT zoals gebruikt voor de classificatie van de LiDAR-data.

De levering vindt plaats via de Cloud. Iedere levering wordt gedaan in een map met datum en omschrijving in de naam (YYYYMMDD_omschrijving). De originele levermap mag dus niet meer worden gewijzigd.

7.3 Kwaliteitscontrole

Opdrachtgever zal de data door Opdrachtnemer Controle laten controleren volgens de procedure zoals beschreven in paragraaf 1.3. Opdrachtnemer Controle zal, bijvoorbeeld op basis van controles zoals beschreven in paragraaf C.6, controleren of de geleverde data aan de besteksvoorwaarden voldoet.

A. Definities

De hoogtestanden worden geclassificeerd volgens definities zoals in dit hoofdstuk opgenomen. De classificatiewaarden moet voldoen aan de standaard zoals deze voor LAS 1.4 vastgesteld is (ASPRS Standard LIDAR Point Classes).

Classificatiecode <i>Classification Value</i>	Betekenis <i>Meaning</i>	Overeenkomstige definitie
0	Created, never classified	nvt
1	Unclassified	Overig
2	Ground	Maaiveld
6	Building	Bebouwing
9	Water	Water
14	High voltage	Hoogspanning
26	Civil structure	Kunstwerken

A.1 Definitie maaiveld

Maaiveld wordt gedefinieerd als de grens tussen grond en lucht of tussen grond en water. Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- a. Maaiveld heeft een (semi-) permanent karakter
- b. Maaiveld heeft een natuurlijk/landschappelijk karakter
- c. Maaiveld vormt een onderdeel van het stroomgebied van water

Consequentie hiervan is dat de volgende elementen tot het maaiveld worden gerekend:

- d. Terp
- e. Parkeerterreinen op maaiveldniveau
- f. Toegang tot ondergrondse constructies (bv tunnels en garages)
- g. Permanent gronddepot (bv slibdepots)
- h. Taluds
- i. Vuilnisbelt (mits permanent en afgewerkt tot landschapselement)
- j. Kribben en golfbrekers
- k. Landhoofden
- l. Betonconstructies: sluizen en stuwen
- m. Stormvloedkeringen en hoogwaterkeringen. De vaste delen van stormvloedkeringen en hoogwaterkeringen worden als maaiveld geclassificeerd. De bewegende delen als overig.
- n. Crossbanen

- o. Grond in kassen, indien overduidelijk zelfde niveau/ karakter maaiveld in de omgeving
- p. Overgroeide bunkers, die integraal onderdeel zijn van het landschappelijke karakter
- q. Overgroeide duikers, die integraal onderdeel zijn van het landschappelijke karakter
- r. Bodem leeg zwembad en andere lege bassins
- s. Dammen
- t. Dijken
- u. Kuilvoer
- v. Hooibergen/mesthopen
- w. Tijdelijk gronddepot (bv voor een bouwproject)
- x. Steigers / vlonders (indien deze WEL parallel aan een tuin of kade lopen en op gelijk hoogte niveau liggen als het aangrenzende maaiveld), waarbij geldt dat een als "overig" geclassificeerde steiger parallel aan de oever niet tot afkeuring zal leiden.

En dat de volgende elementen niet tot het maaiveld behoren (tijdelijke elementen of elementen die aan snelle veranderingen onderhevig kunnen zijn):

- y. Vegetatie
- z. Bebouwing
- aa. Steigers / vlonders (indien deze NIET parallel aan een tuin of kade lopen of indien de steiger een afwijkend hoogte niveau heeft ten opzichte van het aangrenzende maaiveld)
- bb. Losstaande bunkers
- cc. LiDAR-punten binnen gebouwen (niet zijnde kassen), ongeacht aard en oorzaak.

Daarnaast kunnen de volgende elementen onderscheiden worden die niet tot het maaiveld behoren:

- dd. Alle gebouwen, deze worden als "bebouwing" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van bebouwing (paragraaf A.2);
- ee. Alle kunstwerken, deze worden als "kunstwerk" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van kunstwerken (paragraaf A.3);
- ff. Een buis (duiker) die uitsteekt valt niet onder de definitie kunstwerk of maaiveld en zal als overig geclassificeerd moeten worden;
- gg. Water, dit wordt als "water" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van water (paragraaf A.4);
- hh. Hoogspanningsmasten en leidingen, deze worden als "hoogspanning" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van hoogspanning (paragraaf A.5).

A.2 Definitie bebouwing

Voor de definitie van bebouwing wordt de BAG pandenkaart ten tijde van de vlucht gehanteerd. Woonboten die liggen op een ligplaats zoals aanwezig in de BAG ligplaatsenkaart

worden eveneens als bebouwing beschouwd. Indien een pand nieuw is (en dus ten tijde van de vlucht nog niet in de BAG stond) en als bebouwing is geclassificeerd zal dit niet tot afkeuring leiden.

- a. Alle LiDAR-punten die een gebouw raken, dus ook de zijkanten van een gebouw, dienen te worden geclassificeerd als bebouwing, ook dakkapellen en uitstekende balkons.
- b. Alle LiDAR-punten die een een gebouw raken worden geclassificeerd als bebouwing, ook al ligt een deel van de punten buiten het vlak dat in de BAG als pand of ligplaats wordt aangeduid. Dit geldt ook voor uit-/aanbouwen.
- c. Zonnepanelen die bevestigd zijn aan objecten die aan de gebouwdefinitie voldoen worden als bebouwing geclassificeerd.
- d. Kleine objecten die onderdeel zijn van het dak van een gebouw (zoals schoorstenen) en niet zijn geclassificeerd als bebouwing zullen niet tot afkeuring leiden.
- e. Woonboten worden in zijn geheel als bebouwing geclassificeerd.

Daarnaast kunnen de volgende elementen onderscheiden worden die niet tot bebouwing behoren:

- f. Alle objecten die niet in de BAG pandenkaart of BAG ligplaatsenkaart ten tijde van de opname aanwezig zijn, zoals o.a. tuinhuisjes zonder fundering, straalzendmasten, straatmeubilair: deze worden als "overig" geclassificeerd.
- g. Alle kunstwerken zoals gedefinieerd in de kunstwerkdefinitie, deze worden als "kunstwerk" geclassificeerd.

A.3 Definitie kunstwerken

Voor de definitie van kunstwerken wordt de BGT ten tijde van de vlucht gehanteerd samen met de klasse kunstwerken uit het meest recente AHN.

- a. Het betreft de categorie Overbruggingsdeel uit de BGT;
- b. En uit de categorie Kunstwerkdeel, element:
- c. Steigers
- d. De klasse kunstwerken uit het meest recente AHN geldt als aanvulling op bovenstaande definitie om eventuele elementen die niet in de BGT zijn opgenomen toch als kunstwerk te classificeren. Als een kunstwerk in de BGT en het meest recente AHN inconsistent is geclassificeerd, dan geldt als aanvulling de eerdere AHN classificatie, indien overduidelijk blijkt dat het hier daadwerkelijk om een kunstwerk gaat zoals dat in de BGT definitie is bedoeld.

Alle LiDAR-punten die een kunstwerk raken worden geclassificeerd als kunstwerk, ook al ligt een deel van de punten buiten het vlak uit het meest recente AHN of de BGT.

A.4 Definitie water

Voor de definitie van water wordt de BGT ten tijde van de vlucht gehanteerd samen met de klasse water uit het meest recente AHN.

- a. Het betreft uit de categorie Waterdeel de BGT elementen:
- b. Zee

- c. Waterloop
- d. Watervlakte
- e. Greppel/droge sloot
- f. En uit de categorie Overig bouwwerk
- g. Bezinkbak
- h. Bassin
- i. Alleen LiDAR-punten die water representeren worden als water geclassificeerd. Het kan voorkomen dat er op de aangegeven lokaties (tijdelijk) geen water aanwezig is. In dat geval worden de LiDAR-punten als maaiveld geclassificeerd. Zie ook de definitie Maaiveld.
- j. De meest recente AHN klasse water geldt als aanvulling op bovenstaande definitie om eventuele elementen die niet in de BGT zijn opgenomen toch als water te classificeren.
- k. Alle LiDAR-punten die een waterloop/-oppervlak raken worden geclassificeerd als water, ook al ligt een deel van de punten buiten het vlak uit het meest recente AHN of de BGT.
- l. Ruis in water, door bijvoorbeeld het breken van golven, wordt als water geclassificeerd.

A.5 Definitie hoogspanning

Voor de definitie van hoogspanning wordt de BGT ten tijde van de vlucht gehanteerd. Het betreft uit de categorie Kunstwerkdeel het element:

- a. Hoogspanningsmast;
- b. Hoogspanningsleidingen van en naar deze hoogspanningsmasten worden ook als hoogspanning geclassificeerd.

A.6 Definitie extreem

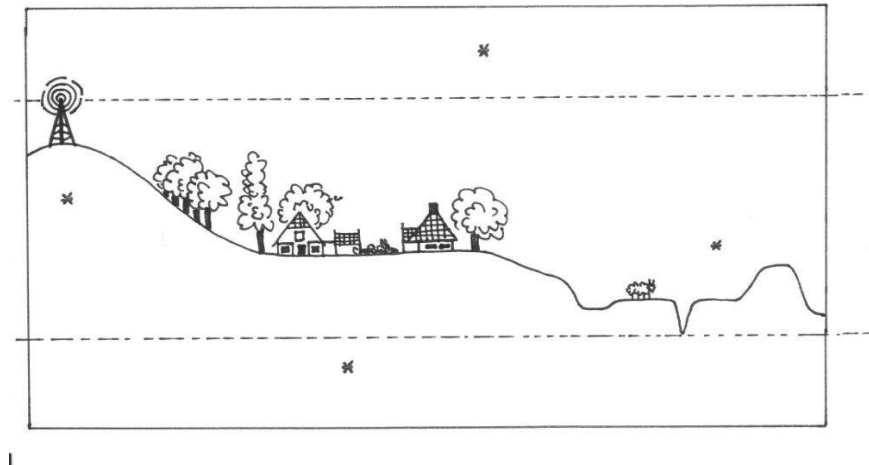
Een extreem is:

- a. een punt ver onder of boven de voor het projectgebied bekende topografiehoogten, inclusief objecten;
- b. een (enkel) punt ver onder of boven de lokaal gemeten hoogte, waarbij dat punt geen topografisch object of maaiveld representeert;
- c. een punt dat zich binnen bebouwing (met uitzondering van LiDAR-punten binnen kassen) bevindt, waarbij geldt:
- d. Punten op maaiveldniveau binnen bebouwing mogen niet voorkomen in het maaiveld bestand. Deze punten zitten bij voorkeur niet in de data maar indien deze punten in de categorie "overig" zitten zal dit niet leiden tot een afkeuring⁵.

⁵ Voor verwijderen van punten op maaiveldniveau binnen bebouwing kunt u eventueel de BGT als hulpmiddel gebruiken, daar deze het grondvlak van gebouwen beschrijft in tegenstelling tot de BAG die het dakvlak beschrijft. Het is niet de bedoeling dat punten op maaiveldniveau buiten een gebouw die binnen de BGT definitie van dat gebouw vallen, door afwijkingen tussen de BGT en de LiDAR-data in grote getalen verwijderd worden. BGT en BAG kennen andere panddefinities. Voor de definitie van bebouwing wordt in deze opdracht de BAG pandenkaart ten tijde van de vlucht gehanteerd.

- e. een punt dat zich niet op maaiveldniveau binnen een gebouw bevindt en is geclassificeerd als "overig" zal niet tot afkeuring leiden.

Deze punten mogen niet in de LiDAR-data voorkomen, zowel in de LAS/LAZ bestanden als in de rasters (DSM en DTM). Zie figuur 1 voor mogelijke extremen.



Figuur 1: Voorbeelden van extremen.

A.7 Definitie overig

Alle LiDAR-punten die geen extreem zijn en niet tot de klasse maaiveld, bebouwing, kunstwerk, water of hoogspanning behoren worden toegekend aan de klasse "overig".

Bijvoorbeeld: vegetatie, straatmeubilair, auto's, GSM-masten, personen, dieren.

A.8 Projectspecifieke definities

DSM	Digital Surface Model, een rasterbestand met als brongegevens alle klassen behalve "water" en "hoogspanning".
DTM	Digital Terrain Model, een rasterbestand met als brongegevens enkel de klasse "ground" (maaiveld).
Opdrachtnemer Inwinning	De partij die zorg draagt voor de inwinning van het AHN.
Opdrachtnemer controle	De partij die de leveringen van Opdrachtnemer Inwinning controleert namens Opdrachtgever.

A.9 Herbemonsteringsmethodieken

A.9.1 Maximale waarde voor aanmaken 0.5 meter DSM

De waarde die aan een 0.5×0.5 meter rastercel in het DSM wordt toegekend is de maximale waarde van alle punten die voor het aanmaken van het DSM gebruikt worden binnen de betreffende rastercel.

A.9.2 Ongewogen gemiddelde voor aanmaken 0.5 meter DTM

De waarde die aan een 0.5×0.5 meter rastercel in het DTM wordt toegekend is een ongewogen gemiddelde van alle als maaiveld geclassificeerde hoogtewaarden binnen de betreffende rastercel.

A.9.3 Ongewogen gemiddelde voor resampling van 0.5 meter naar 5 meter raster

De resampling van de 0.5 meter rasters naar de 5 meter rasters wordt gedaan met een ongewogen gemiddelde. Daarbij wordt een hoogtewaarde van een rastercel in het 5 meter raster berekend op basis van alle hoogtewaarden in het 0.5 meter raster die samenvallen met de betreffende rastercel. Hierbij tellen eventuele no-data waarden niet mee in de middeling. Een rastercel in het 5 meter raster krijgt de waarde no-data als meer dan 60% van de onderliggende rastercellen de waarde no-data heeft.

B. Structuur leveringen

B.1 Inhoudsopgave kwaliteitsrapportage

De inhoudsopgave van de kwaliteitsrapportage van de Opdrachtnemer Inwinning ziet eruit zoals hieronder is weergegeven. Alle rapportages (vliegplan, vluchtrapportage en kwaliteitsrapportages) worden in één document aangevuld zodat uiteindelijk een complete rapportage van het gehele project beschikbaar is.

1. Vliegplan

1.1. Projectgebied

1.2. Vliegstroken

1.3. GNSS-stations

1.4. Referentiegebieden

1.4.1. Hoogte

1.4.2. Planimetrie

1.5. Planning inwinvluchten en landmeetkundige werkzaamheden

2. Vluchtrapportage

2.1. Chronologisch overzicht

2.2. Vluchtgegevens

2.3. Terrestrische grondslag

2.4. Grondslagberekeningen

2.5. Kwaliteit ingewonnen data

2.5.1. Dekking

2.5.2. Punt dichtheid

2.5.3. Conclusie

2.6. Overige informatie

2.7. Conclusies

3. Geometrie: Absolute hoogte

3.1. Uitgevoerde werkzaamheden

3.2. Resultaten

3.3. Uitzonderingen en afwijkingen

3.4. Conclusies

In de volgende hoofdstukken rapporteert u per onderwerp over 1) de uitgevoerde werkzaamheden; 2) de resultaten; 3) de uitzonderingen en afwijkingen en 4) de conclusie. Hoofdstuk 11 van dit document bevat een aantal suggesties voor een zelfcontrole. Deze controles mogen ook anders worden uitgevoerd, op voorwaarde dat zij opdrachtgever verzekeren van een levering conform deze besteksvoorwaarden.

4. Geometrie: Relatieve hoogte

5. Geometrie: Absolute planimetrie

6. Geometrie: Relatieve planimetrie
7. Punt dichtheid
8. Hoogteverschil AHN6 – AHN4/5
9. Classificatie
10. Herbemonstering

U sluit uw rapportage af met een hoofdstuk met eindconclusies over de levering.

11. Conclusie

- 11.1. Hoogtenauwkeurigheid (geometrische levering)
- 11.2. Planimetrische nauwkeurigheid (geometrische levering)
- 11.3. Classificatie (geclassificeerde levering)
- 11.4. Herbemonstering (geclassificeerde levering)
- 11.5. Slotconclusie (geometrische levering, aangevuld in geclassificeerde levering)

B.2 Directory structuur op te leveren documenten

De directory structuur van de levering van de Opdrachtnemer Inwinning ziet eruit zoals hieronder is weergegeven.

- 01_LAZ
 - 01a_LAZ_Strookdata
 - 02b_LAZ_Kaartbladen
- 02a_DTM_50cm
- 02b_DTM_5m
- 03a_DSM_50cm
- 03b_DSM_5m
- 04_Kwaliteitsbeschrijving
 - 00_Vliegplan
 - 01_Projectgebied
 - 02_Vliegstroken
 - 03_GNSS-stations
 - 04_Referentiegebieden
 - 10_Vluchtrapportage
 - 11_Chronologisch Overzicht
 - 12_Trajectberekeningen
 - 13_Strookomhullen

- 14_Referentiedata
- 20_Data
 - 21_Absolute Hoogte
 - 21a_Hoogte referentiedata
 - 22_Relatieve Hoogte (optioneel)
 - 23_Absolute Planimetrie
 - 23a_Planimetrische referentiedata
 - 24_Relatieve Planimetrie (optioneel)
 - 25_Punt dichtheid (optioneel)
 - 26_Hoogteverschil AHN6 – AHN4/5 (optioneel)
 - 27_Classificatie (optioneel)
 - 28_Herbemonstering (optioneel)
- 30_Kaartmateriaal
 - 31_BAG
 - 32_BGT

C. Suggesties kwaliteitsrapportage

Dit hoofdstuk bevat per rapportage onderdeel (paragraaf B.1) suggesties voor de uit te voeren zelfcontrole. Het is niet verplicht deze methodiek te hanteren, mits de door u gebruikte methodiek duidelijk beschreven wordt in de kwaliteitsrapportage.

C.1 Absolute hoogte en absolute planimetrie

Doel controle

Bij dit controleonderdeel toont u aan dat de absolute hoogte en planimetrie van de ingewonnen data voor het gehele gebied voldoet aan de gestelde eisen.

Controletaken

- a. U toont aan dat de door u geleverde LiDAR-data voor het projectgebied aan de eisen voor wat betreft de absolute hoogte voldoet. U toont voldoende betrouwbaar de aansluiting aan het NAP-stelsel aan;
- b. U toont aan dat de door u geleverde LiDAR-data voor het projectgebied aan de eisen voor wat betreft de absolute planimetrie voldoet;
- c. U draagt zelf zorg voor voldoende referentiegegevens om deze controle uit te kunnen voeren (zoals gespecificeerd in hoofdstuk 4);
- d. Voor alle beschikbare hoogte referentiedata geldt dat u het verschil in hoogte van de LiDAR-data berekent ten opzichte van het vlak dat wordt opgespannen door de referentiedata;
- e. De gemiddelde afwijking van de LiDAR-data ten opzichte van dit vlak is een maat voor de systematische afwijking, de standaardafwijking van deze verschillen is een maat voor de stochastische afwijking van de LiDAR-data;
- f. Voor alle beschikbare planimetrische referentiedata geldt dat u het planimetrische verschil berekent tussen de referentiedata en de LiDAR-data;
- g. Door gebruik te maken van een groot aantal punten bij het bepalen van de planimetrische ligging van een object vervalt de stochastische afwijking en toetst u dus op de systematische afwijking van de datasets.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de berekende absolute hoogteafwijking en absolute planimetrische afwijking volgen direct uit de in paragraaf 1.2 genoemde eindtermen en de in paragraaf 6.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- h. de systematische hoogteafwijking per referentie-object is maximaal 5 cm;
- i. De standaardafwijking van de hoogteafwijkingen voldoen aan de volgende eis:
 - i.a. $68,2\% < 1 * \sigma_z = 3 \text{ cm}$
 - i.b. $95,4\% < 2 * \sigma_z = 6 \text{ cm}$
 - i.c. $99,7\% < 3 * \sigma_z = 9 \text{ cm}$
- j. de systematische planimetrische afwijking per referentie-object is maximaal 8 cm;
- k. De standaardafwijking van de planimetrische fouten voldoen aan de volgende eis:
 - k.a. $68,2\% < 1 * \sigma_x = 5 \text{ cm}$

k.b. $95,4\% < 2 * \sigma_x = 10 \text{ cm}$

k.c. $99,7\% < 3 * \sigma_x = 15 \text{ cm}$

Te leveren gegevens

- l. U levert per hoogtereferentie de berekende hoogteverschillen van de LiDAR-punten ten opzichte van het door de referentiemetingen opgespannen referentievlak en per planimetrisch referentie-object de berekende planimetrische verschillen;
- m. Verschillen in hoogte worden geleverd in geografisch overzicht in Geopackage-format.

C.2 Planimetrie en de hoogte

Doel controle

Bij dit onderdeel worden de planimetrische- en hoogtenauwkeurigheid gecontroleerd.

Controletaken

Voor elke strookoverlap bepaalt u een systematische fout en een standaardafwijking in zowel de hoogte als de planimetrie om aan te tonen dat overlappende stroken goed op elkaar aansluiten.

Methode

Voor het uitvoeren van de controletaken wordt de zadeldakmethode, zoals beschreven in hoofdstuk D, als basis gebruikt.

Voor de zadeldakberekeningen geldt het volgende:

- a. De systematische fout en de standaardafwijking per strookoverlap worden bepaald op basis van het minimaliseren van de kwadraatsom van de projectielijnen in de betreffende strookoverlap.
- b. Per 5 km strooklengte voert u minimaal 1 zadeldakberekening uit, met een minimum van 10 zadeldakobjecten per strookoverlap. Deze zadeldaken bevatten een significant verschillende oriëntering en liggen goed verdeeld in de lengterichting van de strookoverlap;
- c. Als de strookoverlap minder dan 10 geschikte objecten bevat, stelt u een alternatieve controlemethode voor hanteert deze. Ook voor de alternatieve methode blijft van toepassing dat u de systematische fout en de standaardafwijking per strookoverlap bepaalt;
- d. De Opdrachtgever behoudt zich het recht voor om vooraf specifieke zadeldaken aan te wijzen waarmee de zadeldakcontrole uitgevoerd wordt.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de berekende planimetrische verschillen en hoogteverschillen volgen direct uit de in paragraaf 1.2 genoemde eindtermen en de in paragraaf 6.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- e. De individuele hoogteafwijkingen voldoen aan de volgende eis:
 - e.a. $70\% < 3,5 \text{ cm}$
 - e.b. $95\% < 7 \text{ cm}$
 - e.c. $99,5\% < 10 \text{ cm}$

- f. De standaardafwijking van de hoogteverschillen per strookoverlap mag maximaal gelijk zijn aan $\sqrt{2} * \sigma_z = 4,2$ cm;
- g. De individuele verschillen in planimetrie van de nokmiddenpunten voldoen aan de volgende eis:
 - g.a. 70% < 5 cm
 - g.b. 95% < 10 cm
 - g.c. 99,5% < 16 cm
- h. De standaardafwijking van de planimetrische verschillen per strookoverlap mag maximaal gelijk zijn aan $\sqrt{2} * \sigma_x = 7,1$ cm.

Te leveren gegevens

U presenteert de uitkomsten van de zadeldakcontrole berekeningen in een overzichtelijk digitaal bestand. Het overzicht bevat in ieder geval de volgende informatie:

- i. Per zadeldak de hoogte- en planimetrische afwijking;
- j. Per strook de berekende systematische fout in de planimetrie en in de hoogte;
- k. Per strook de berekende standaardafwijkingen in de planimetrie en in de hoogte;
- l. Toetsing van de individuele planimetrische verschillen en hoogteverschillen zoals beschreven in paragraaf 6.1;
- m. Toetsing van de systematische fouten en de standaardafwijkingen per strookoverlap zoals beschreven in paragraaf 6.1;
- n. Uitkomsten van de alternatieve controlemethode per strookoverlap waarbij de berekende systematische fout en de berekende standaardafwijkingen in de planimetrie bepaald zijn.

C.3 Hoogteverschillen tussen stroken

Doel controle

U toont door middel van verschilrasters en tabellen met hoogteverschillen per strookoverlap aan dat de stroken goed op elkaar aansluiten.

Controletaken

Bij dit controleonderdeel worden de hoogteverschillen tussen de onderlinge stroken gecontroleerd:

- a. Ter bepaling van hoogteverschillen tussen de onderlinge stroken waaruit het hoogtemodel is opgebouwd maakt u, naast het aanmaken van de controlegegevens voor de zadeldakcontroles, hoogteverschilrasters tussen alle elkaar overlappende stroken. Hierbij wordt in elke overlap tussen de stroken, voor elk van deze stroken, de als maaiveld geclassificeerde LiDAR-data (DTM) tot een regelmatig raster van 1 x 1 meter geïnterpoleerd. Voor deze interpolatie gebruikt u een ongewogen gemiddelde zoals wordt beschreven in paragraaf A.9.2. Voor overlappende gebieden berekent en visualiseert u het hoogteverschil tussen deze regelmatige rasters;
- b. Voor een nauwkeurige analyse worden alleen de rastercellen gebruikt die een vlak oppervlak beschrijven om storende effecten van hoogteverschillen binnen deze cellen te verwijderen. Opdrachtnemer inwinning doet zelf een voorstel over de te hanteren methode voor het verwijderen van deze rastercellen uit de statistieken;

- c. U maakt hoogteverschilrasters van de strookoverlappen voor de visuele controle en tabellen met hoogteverschillen per strookoverlap ten behoeve van de rekenkundige controle.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de berekende hoogteverschillen volgen direct uit de in paragraaf 1.2 genoemde eindtermen en de in paragraaf 6.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- d. De individuele hoogteverschillen voldoen aan de volgende eis:
- d.a. $70\% < 3,5 \text{ cm}$
 - d.b. $95\% < 7 \text{ cm}$
 - d.c. $99,5\% < 10 \text{ cm}$
- e. Bovenstaande randvoorwaarde geldt voor de hoogteverschillen per strookoverlap alsmede voor de hoogteverschillen per kilometer strookoverlap.

Te leveren gegevens

- f. U levert hoogteverschilrasters met hoogteverschillen per strookoverlap. Hierbij worden minimaal X, Y, Z(Strook 1), Z(Strook 2) en DZ opgenomen;
- g. U levert GeoTIFF bestanden per hoogteverschilraster met een rastergrootte van 1 x 1 meter waarin het hoogteverschil tussen de overlappende stroken is weergegeven. De specificaties van de GeoTIFF's zijn zoals gespecificeerd in 6.2.1.

C.4 Punt dichtheid

Doel controle

Bij dit controleonderdeel wordt de werkelijk behaalde punt dichtheid gecontroleerd. U toont zowel grafisch als in tabelvorm aan dat de punt dichtheid behaald is.

Controletaken

Voor de controle van de punt dichtheid, zoals bedoeld in paragraaf 6.1, wordt het projectgebied verdeeld in cellen van 1 x 1 meter waarvoor bepaald wordt hoeveel punten (op basis van laatste en/of enige returns) er binnen deze cel vallen. Deze gegevens worden zowel grafisch als in tabelvorm weergegeven.

Randvoorwaarden

- a. 99% van de rastercellen moet een punt dichtheid hebben van minimaal 10 pt/m² (of meer, zoals overeengekomen), uitzonderingen daarop zijn:
- a.a. Waterpartijen of oppervlakken waar van uit mag worden gegaan dat deze in normale omstandigheden niet droog zijn.
 - a.b. Punten die aan het "zicht" van de scanner onttrokken zijn (occlusie) doordat er bijvoorbeeld een gebouw voor staat;

Op basis van bekend veronderstelde watervlakken en gebouwen kunnen de punt dichtheidsrasters hiervan geschoond worden voor de statistische analyse. (U levert wel de volledige (ongeschoonde) geografische overzichtsbestanden). Voor de rastercellen die niet voldoen aan het minimaal aantal punten per vierkante meter geeft u een duidelijk aanwijsbare reden. De rastercellen die niet voldoen aan het minimaal aantal punten per vierkante meter liggen verspreid over het projectgebied en mogen geen systematiek bevatten.

- b. In gebied begroeid met loofbos (vanaf 10.000 m²) moet minimaal 25% van de pulsen het maaiveld raken. Deze eis wordt aangetoond door middel van een raster van 5 x 5 meter cellen: minimaal 80% van de 5 x 5 meter cellen in gebied begroeid met loofbos voldoet aan deze eis.

Te leveren gegevens

- c. U levert GeoTIFF bestanden per kaartblad met een rastergrootte van 1 x 1 meter waarin de behaalde punt dichtheid is weergegeven. De specificaties van de GeoTIFF's zijn zoals gespecificeerd in 6.2.1;
- d. U levert een tabel met de resultaten van de punt dichtheid per kaartblad waaruit duidelijk de verdeling van de punten blijkt. Verder maakt u een histogram van de punt dichtheid van het totale projectgebied met op de horizontale as een verdeling van 0 tot het maximale aantal punten per cel en op de verticale as een procentuele verdeling van 0% tot 100%.

C.5 Hoogteverschil AHN6 – AHN5

Doel controle

Bij dit controleonderdeel wordt het verschil met AHN5, of waar AHN5 niet beschikbaar is het AHN4, gecontroleerd. U toont zowel grafisch als in tabelvorm aan dat de verschillen voldoen aan de verwachting. Verschillen groter dan verwacht hebben een aanwijsbare (fysieke) reden en zijn niet verwijtbaar aan de geometrische kwaliteit van AHN6.

Controletaken

Voor de controle van de hoogteverschillen AHN6 – AHN4/5, worden de 5 x 5 meter DTM rasters van het AHN5 afgetrokken van de 5 x 5 meter DTM rasters van het AHN6 voor het hele projectgebied. Deze gegevens worden zowel grafisch als in tabelvorm weergegeven.

Randvoorwaarden

- a. Zowel AHN5 als AHN6 mag een maximale systematische fout van 5 cm in de hoogte bevatten. Stochastische fouten worden verwaarloosbaar bij analyse van 5 x 5 meter rasters. Alle verschillen moeten daarom binnen de 10 cm vallen.
- b. Systematische effecten groter dan 10 cm mogen niet verwijtbaar zijn aan het AHN6 en worden verklaard.

Te leveren gegevens

- c. U levert GeoTIFF bestanden per kaartblad met een rastergrootte van 5 x 5 meter waarin de verschilwaarde AHN6 – AHN4/5 is weergegeven. De specificaties van de GeoTIFF's zijn zoals gespecificeerd in 6.2.1;
- d. U levert een statistisch overzicht van de verschillen van AHN6 – AHN4/5.

C.6 Classificatie

Doel controle

Bij dit controleonderdeel toont u aan dat de classificatie van de LiDAR-data voldoet aan de randvoorwaarden, waarbij u onder andere gebruik maakt van hillshades.

Controletaken

U geeft een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte automatische routines en software. U gaat in op welke aspecten uit de classificatie automatisch goed gaan en op welke

aspecten eventueel aanvullende handmatige controles/correcties noodzakelijk zijn gebleken. Tot slot beschrijft u het kwaliteitscontroleproces van de automatische en eventuele handmatige classificatie en de toetsing aan de randvoorwaarden.

Randvoorwaarden

- a. De hillshades, gebaseerd op de maaiveldrasters, hebben een rastergrootte van 50 x 50 centimeter;
- b. U geeft aan welke rekenmethodiek, instellingen en parameters voor het berekenen van de hillshades u gebruikt;
- c. De hillshades worden in grijswaarden aangeleverd.

Te leveren gegevens

U levert GeoTIFF bestanden per kaartblad met een rastergrootte van 50 x 50 centimeter waarin de grijswaarde van uw hillshade is weergegeven. De specificaties van de GeoTIFF's zijn zoals gespecificeerd in 6.2.1.

C.7 Herbemonsterde data

Doel controle

Bij dit controleonderdeel toont u aan dat de herbemonsterde LiDAR-data voldoet aan de randvoorwaarden.

Controletaken

U toont op 20 locaties aan dat de uit de data gegenereerde herbemonsterde rasters van 50 x 50 centimeter (DSM en DTM) op de juiste wijze zijn gemaakt. Tevens toont u aan dat de hieruit afgeleide 5 x 5 meter rasters op de juiste wijze zijn gemaakt. Hiervoor selecteert u gebieden met enig hoogteverschil en gebieden met deels gevulde 5 x 5 meter rasters zoals bijvoorbeeld langs oevers van waterpartijen.

Randvoorwaarden

U voldoet aan de eisen zoals beschreven in paragraaf A.9.

Te leveren gegevens

U levert tabellen waaruit blijkt op welke locaties u de controle heeft uitgevoerd en waaruit blijkt dat u de juiste interpolatiemethode heeft gebruikt voor het aanmaken van de alle typen rasters.

D. Documentatie zadeldakmethode

Dit hoofdstuk is gebaseerd op de presentatie van prof.dr.ir George Vosselman van het ITC voor betrokken partijen bij het produceren en controleren van het AHN2. Voor AHN5 is deze bijlage aangepast op de geldende bestekseisen, welke ook op het AHN6 van toepassing zijn.

D.1 Aanleiding

Eén van de eindtermen voor het AHN5 luidt: Het bestand bezit een stochastische afwijking van minder dan 5cm en een systematische afwijking van minder dan 8 cm in planimetrie.

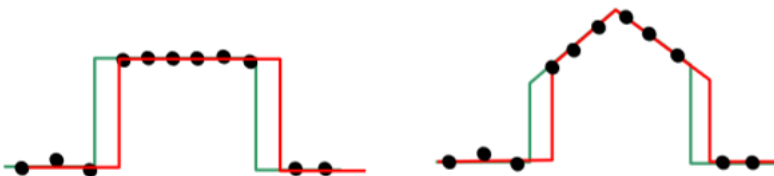
De stochastische planimetrische fout σ_x wordt veroorzaakt door:

- Ruis in de platformpositionering;
- Ruis in de platformrotatiebepaling;
- Ruis in de afstandsmeting; en
- Alle niet-constante afwijkingen, o.a. drift en niet-lineaire lineaire strookdeformaties t.g.v systematische fouten in positionering, rotatiebepalingen en calibraties.

De systematische planimetrische fout wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door:

- Een systematische verschuiving van de gehele strook in de X-, Y-, of Z-richting;
- Drift over vervorming van stroken door systeemfouten.

Zadeldaken zijn ideale objecten om de planimetrie mee te beschrijven omdat de locatie van de noklijn van zadeldaken een van de weinige elementen uit een puntenwolk is die eenduidig kan worden vastgelegd in positie. In figuur 1 is dat geïllustreerd.

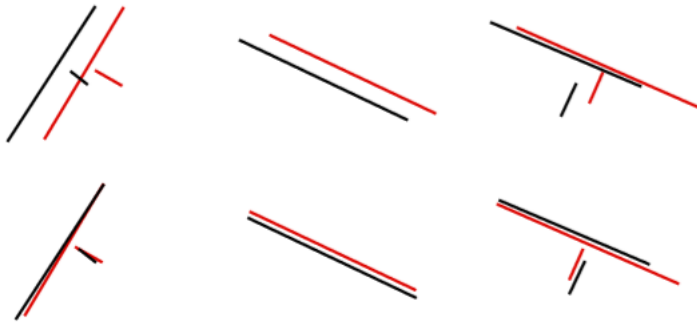


Figuur 1 Als door een set punten een vorm van een huis geschat wordt zijn de muren niet eenduidig vast te leggen qua positie. De noklijn van een zadeldak is dat wel. Daardoor is de noklijn van een zadeldak bij uitstek geschikt om planimetrische kwaliteit van de dataset mee vast te stellen.

Idealiter zou de positie van de noklijnen uit de laserdata gecontroleerd worden aan de hand van bekende referentiedata. Deze is echter niet, of niet in voldoende nauwkeurigheid beschikbaar. De zadeldakmethode is dan ook bij uitstek geschikt voor een relatieve planimetrische controle.

Door het verrichten van landmeetkundige metingen van referentiedaken kan een goede absolute controle worden verricht. Tevens zijn in eerdere versies van het AHN (en beperkt in het DTB) deze noklijnen beschikbaar/afleidbaar. Hierdoor is een absolute planimetrische controle met minder nauwkeurigheid, maar vele malen grotere beschikbaarheid, mogelijk.

Doel van deze analyse is om een verschuiving ($\Delta x_{ij}, \Delta y_{ij}$) van de twee vliegstroken (i en j) ten opzichte van elkaar te bepalen zodat het kwadraat van de residuen geminimaliseerd wordt. De standaardafwijking (stochastische planimetrische fouten: $\sigma_{x_{ij}}$) wordt bepaald uit deze residuen.



Figuur 2 Boven de noklijnen zoals gemeten in twee stroken; Onder de noklijnen na toepassing van de verschuiving $(\Delta x_{ij}, \Delta y_{ij})$. De standaardafwijking $\sigma_{x_{ij}}$ wordt geschat uit de resterende afstanden tussen de noklijnen.

De aanname is dat de fout even groot is in beide vliegstroken. Dit resulteert in:

- a. Stochastische planimetrische fouten: $\sigma_x^2 = \frac{1}{2} \sigma_{x_{ij}}^2$, $\sigma_x = \frac{1}{2} \sqrt{2} \sigma_{x_{ij}}$;
- b. Systematische planimetrische fouten: $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2}$.

D.2 Bepalen noklijnen in laserdata

Noklijnen kunnen op verschillende manieren uit de laserdata bepaald worden:

a. Handmatig aanmeten

Handmatig aanmeten is arbeidsintensief en minder nauwkeurig door de invloed van de nokpannen en de kleinere hoeveelheid gebruikte punten.

b. Automatische meting na handmatige puntselectie

Na handmatige puntselectie, bijvoorbeeld met behulp van polygonen of op basis van gebouwclassificatie worden automatisch twee dakvlakken en de snijlijn daartussen berekend. Aandachtspunt hierbij is alleen punten op het dakvlak te selecteren, dus geen dakkapellen, schoorstenen, muren, antennes of balkons. Als alternatief kunnen deze als onderdeel van een robuuste schatting worden verwijderd.

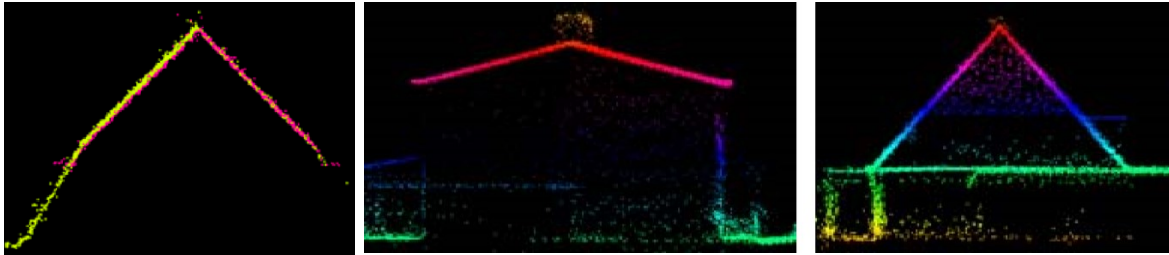
c. Automatische segmentatie en meting

In een aaneengesloten proces wordt de puntenwolk automatisch onderverdeeld in (dak)vlakken waarna een voorselectie van de schuine vlakken plaatsvindt. Naburige dakvlakken worden gekoppeld en de snijlijn bepaald. De aandachtspunten bij deze methode zijn vergelijkbaar met de die bij handmatige puntselectie. Daarnaast kan worden gedacht aan selectie op basis van de minimale afmetingen van een segment, de minimale lengte van een snijlijn en de maximale helling van een snijlijn.

d. Gebruik makend van beschikbare software

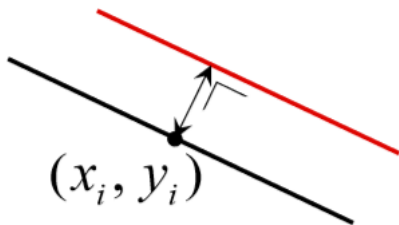
Er is ook veel gebruikte software op de markt voor het verwerken van laserdata die gebruik maakt van deze methode om de data geometrisch goed aan te sluiten. In enkele pakketten bestaat ook de mogelijkheid om deze noklijnen te exporteren en te gebruiken voor deze analyse.

In alle gevallen moet hetzelfde dakvlak worden gebruikt (figuur 3a) en bij voorkeur alleen dakvlakken met een gunstige hoek tussen de 60 en 120 graden (figuur 3b, 3c).



Figuur 3a,b,c Gebruik dezelfde oppervlakte voor het schatten van de dakvlakken anders ontstaan verschillen zoals te zien is in 3a tussen de gele en roze punten. Schatting van dakvlakken is niet nauwkeurig bij vlakke daken zoals in 3b en wel nauwkeurig in steilere daken zoals 3c.

D.3 Bepaling verschuiving tussen de stroken



Figuur 4 Afstand tussen de noklijnen = Afstand tussen middelpunt noklijn in strook i tot noklijn in strook j .

- Middelpunt noklijn strook i : x_i, y_i
- Noklijn in strook j : $x \cos \alpha_j + y \sin \alpha_j - d_j = 0$
- Afstand van punt tot noklijn: $e = x_i \cos \alpha_j + y_i \sin \alpha_j - d_j$
- Afstand van punt tot noklijn na verschuiving: $e = (x_i - \Delta x_{ij}) \cos \alpha_j + (y_i - \Delta y_{ij}) \sin \alpha_j - d_j$
- Kleinste kwadratenschatting van Δx_{ij} en Δy_{ij}
- Waarnemingsvergelijking voor noklijn k :

$$E\{d_j^k - x_i^k \cos \alpha_j^k - y_i^k \sin \alpha_j^k\} = \cos \alpha_j^k \Delta x_{ij} + \sin \alpha_j^k \Delta y_{ij}$$

- Vergelijkingsstelsel voor K noklijnen in een overlap:

$$E\left\{\begin{pmatrix} d_j^1 - x_i^1 \cos \alpha_j^1 - y_i^1 \sin \alpha_j^1 \\ \vdots \\ d_j^K - x_i^K \cos \alpha_j^K - y_i^K \sin \alpha_j^K \end{pmatrix}\right\} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_j^1 & \sin \alpha_j^1 \\ \vdots & \vdots \\ \cos \alpha_j^K & \sin \alpha_j^K \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_{ij} \\ \Delta y_{ij} \end{pmatrix}$$

- Stelsel van lineaire waarnemingsvergelijkingen: $E\{y\} = Ax$
- Kleinste kwadratenoplossing: $\hat{x} = (A^T A)^{-1} A^T y$
- Let op! Waarden van $d_j^k - x_i^k \cos \alpha_j^k - y_i^k \sin \alpha_j^k$ kunnen ook negatief zijn. Dus niet de afstand als waarneming invullen.
- De standaardafwijking $\sigma_{x_{ij}}$ wordt geschat uit de residuen na de kleinste kwadratenschatting:

$$\varepsilon = y - A\hat{x}$$

$$\varepsilon_{ij}^k = d_j^k - x_i^k \cos \alpha_j^k - y_i^k \sin \alpha_j^k - \cos \alpha_j^k \Delta \hat{x}_{ij} - \sin \alpha_j^k \Delta \hat{y}_{ij}$$

I. Met $\Delta \hat{x}_{ij}$ en $\Delta \hat{y}_{ij}$ als de geschatte verschuiving tussen de stroken i en j : $\sigma_{x_{ij}} = \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_{ij}^k)^2}{K-2}}$.

D.4 Rapportage

a. U levert minimaal per strookoverlap de volgende gegevens:

- a.a. Strook i
- a.b. Strook j
- a.c. $\Delta \hat{x}_{ij}$
- a.d. $\Delta \hat{y}_{ij}$
- a.e. $\sqrt{\Delta \hat{x}_{ij}^2 \Delta \hat{y}_{ij}^2}$
- a.f. $\sigma_{x_{ij}}$
- a.g. Toets (puntafstand = 54cm)
- a.h. Toets (gerealiseerde puntafstand)
- a.i. $\Delta \hat{z}_{ij}$
- a.j. $\sigma_{z_{ij}}$
- a.k. aantal noklijnen

b. U levert minimaal per zadeldak de volgende gegevens:

- b.a. Strook i
- b.b. Strook j
- b.c. x_i^{start}
- b.d. y_i^{start}
- b.e. z_i^{start}
- b.f. x_i^{eind}
- b.g. y_i^{eind}
- b.h. z_i^{eind}
- b.i. $azimuth_i$
- b.j. x_i^{midden}
- b.k. y_i^{midden}
- b.l. z_i^{midden}
- b.m. x_j^{start}
- b.n. y_j^{start}
- b.o. z_j^{start}
- b.p. x_j^{eind}

b.q. y_j^{eind}

b.r. z_j^{eind}

b.s. $azimuth_j$

b.t. x_j^{midden}

b.u. y_j^{midden}

b.v. z_j^{midden}

b.w. $x_i^{midden} - x_j^{midden}$

b.x. $y_i^{midden} - y_j^{midden}$

b.y. $\sqrt{(x_i^{midden} - x_j^{midden})^2 + (y_i^{midden} - y_j^{midden})^2}$

b.z. $z_i^{midden} - z_j^{midden}$