



Actueel Hoogtebestand
Nederland

Besteksvoorwaarden inwinning landsdekkende dataset AHN2023-2025

05-07-2022
Versie 1.0
Definitief

Versie

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

Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van AHN4

- De karteereis is vervallen. Er geldt nu een punt dichtheidseis van 10 pt/m² (H1);
- Stochastische afwijking hoogte gewijzigd naar drie centimeter (H1);
- Reflecties op donkere oppervlakken toegevoegd (H3);
- Methodiek herbemonstering zowel voor het DTM als voor het DSM gewijzigd (H4.5);
- De nummering van de vliegstroken moet uniek worden voor heel AHN5 (H5.1);
- De ruwe strookdata moet volledig geleverd worden, met uitzondering van extremen (H5.3);
- Dubbele punten zijn niet toegestaan in de LiDAR-data (H5.3 en 5.4);
- Point data record is veranderd van 1 naar 6 en nader gespecificeerd (H5.3 en 5.4);
- Mergen van kaartbladen tussen verschillende projectgebieden afgestemd op AHN5 (H5.4);
- Meer kwaliteitsdocumenten worden als GeoTIFF uitgevraagd (H6);
- Stochastische en systematische fouten uit elkaar gehaald. Door hoge punt dichtheid is de aanname dat stochastische fouten bij het vergelijken van referentievelden en noklijnen weggemiddeld worden en er alleen een systematisch effect aanwezig blijft (H6.3 t/m 6.5);
- Hoogteverschilrasters per strookoverlap van 50 centimeter naar 1 meter rasters veranderd om te kunnen toetsen op systematische afwijkingen (H6.5);
- Hoogteverschilanalyse AHN5 – AHN4 toegevoegd (H6.7);
- Puntspreidingsanalyse is vervallen;
- Classificatie: Klassen en eisen aangepast om meer aan te sluiten bij BAG en BGT, aangevuld met de AHN4 classificatie (H4.4 en 9);
- Klasse Hoogspanning toegevoegd (H9);

Datum

05-07-2022

TitelBesteksvoorwaarden inwinning landsdekkende
dataset AHN2023-2025**Status**

Definitief, versie 1.0

Pagina

1 van 32

Besteksvoorwaarden "Inwinning landsdekkende dataset AHN2023-2025"

Inhoud

1	Eindtermen AHN2023-2025	4
2	Beschikbare materialen	4
3	Specificaties inwinvlucht	4
4	Specificaties LiDAR-data	5
4.1	Hoogtenauwkeurigheid	5
4.2	Punt dichtheid	6
4.3	Planimetrische nauwkeurigheid	6
4.4	Classificatie	6
4.5	Herbemonstering	8
5	Af te leveren bescheiden	8
5.1	Vliegplan en grondstations	8
5.2	Inwinvluchten en vluchtrapport	9
5.3	Geometrisch correcte dataset	11
5.4	Geclassificeerde dataset	13
6	Controles	15
6.1	Algemene eisen aan de controles	16
6.2	Navigatie	16
6.3	Planimetrie en de hoogte	17
6.4	Absolute hoogte en absolute planimetrie	18
6.5	Hoogteverschillen tussen stroken	19
6.6	Punt dichtheid	20
6.7	Hoogteverschil AHN5 – AHN4	21
6.8	Classificatie	22
6.9	Herbemonsterde data	22
7	Acceptatieprocedure	23
7.1	Beoordelings- en acceptatieprocedure	23
8	Te hanteren methodieken	23
8.1	Zadeldakmethode voor controle planimetrie en hoogte	23
8.2	Ongewogen gemiddelde voor aanmaken 0.5 meter DTM	24
8.3	Maximale waarde voor aanmaken 0.5 meter DSM	24
8.4	Ongewogen gemiddelde voor resampling van 0.5 meter naar 5 meter raster	24
9	Definities	24

9.1	Definitie maaiveld.....	25
9.2	Definitie bebouwing	26
9.3	Definitie kunstwerken	26
9.4	Definitie water	27
9.5	Definitie hoogspanning.....	27
9.6	Definitie extreem.....	27
9.7	Definitie overig.....	28
9.8	Projectspecifieke definities.....	28
10	Structuur leveringen	29
10.1	Inhoudsopgave kwaliteitsrapportage	29
10.2	Directory structuur op te leveren documenten.....	31

1 Eindtermen AHN2023-2025

De landsdekkende dataset AHN2023-2025 voldoet aan de eindtermen zoals hieronder opgesomd:

- Het bestand bezit een hoogtenauwkeurigheid van maximaal drie centimeter standaardafwijking en maximaal vijf centimeter systematische afwijking;
- Het bestand bezit een planimetrische nauwkeurigheid van maximaal vijf centimeter standaardafwijking en maximaal acht centimeter systematische afwijking;
- Het bestand bezit een punt dichtheid van minimaal 10 pt/m² (of optioneel 20 pt/m²) in 99% van de 1x1 meter rastercellen;
- In gebied begroeid met loofbos moet minimaal 25% van de pulsen het maaiveld raken;
- Het bestand is geclassificeerd in de volgende klassen:
 - maaiveld ("ground");
 - bebouwing ("buildings")
 - water ("water");
 - kunstwerken ("Civil structures")
 - hoogspanning ("High tension")
 - overig ("unclassified");
- De puntenwolk is herbemonsterd naar een raster dat het maaiveld beschrijft (DTM) en een raster dat het oppervlak (met uitzondering van waterpartijen) beschrijft (DSM). Beide rasters worden in een 50 centimeter en een 5 meter variant geleverd.

2 Beschikbare materialen

Bij aanvang van de opdracht levert Opdrachtgever de volgende bescheiden aan de Opdrachtnemer Inwinning:

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

3 Specificaties inwinvlucht

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

- Het gehele projectgebied wordt met behulp van LiDAR (laseraltimetrie) ingemeten, waarbij de overlap tussen twee naastgelegen stroken voldoende is om alle voorgeschreven controlewerkzaamheden conform specificaties uit te kunnen voeren;

- De inwinvlucht wordt uitgevoerd in het bladloze seizoen en is afgerond voor 23 maart 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 23 maart naar inzicht van Opdrachtgever het in te winnen gebied nog voldoende bladloos is. De duur van de verlenging wordt vastgesteld door Opdrachtgever;
- 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 of Beeldmateriaal 5 project om zodoende schaduwgebieden als gevolg van occlusie in een gecombineerde dataset te minimaliseren.
- 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;
- Gedurende de inwinvlucht mag het op te meten gebied niet geheel of gedeeltelijk bedekt zijn met sneeuw, ijs of hagel;
- 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;
- De instellingen van de scanner worden zodanig gekozen dat donkere oppervlakken als daken en wegen met donker asfalt ook voldoende reflecties opleveren;
- De vluchten worden uitgevoerd bij omstandigheden die garanderen dat de ingemeten data voldoet aan de eindtermen;
- 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) en Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL).

4 Specificaties LiDAR-data

Alle gemeten en te leveren LiDAR-data is uitgedrukt in het NAP-coördinatenstelsel. De planimetrische component van alle waarnemingen is uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel. Alle te leveren rasters volgen de kaartbladindeling.

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 NSGI¹.

4.1 Hoogtenauwkeurigheid

Voor de beschrijving van een mogelijke afwijking tussen de geleverde LiDAR-data en de werkelijke NAP-hoogte wordt een tweetal foutsoorten geïntroduceerd, te weten:

¹ www.nsgi.nl

- Systematische fouten
De systematische fout in de hoogte van de LiDAR-data is maximaal vijf centimeter.
- 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 $< 3 \sigma_z$.

4.2 Punt dichtheid

De punt dichtheid is minimaal 10 pt/m² in 99% van de 1x1 meter rastercellen.

Uitzonderingen zijn:

- Waterpartijen of oppervlakken waar van uit mag worden gegaan dat deze in normale omstandigheden niet droog zijn;
- Punten die aan het "zicht" van de scanner onttrokken (occlusie) zijn doordat er bijvoorbeeld een gebouw voor staat;

Daarnaast geldt voor punten onder vegetatie dat 25% van de pulsen vegetatie moet doordringen tot op maaiveld niveau;

4.3 Planimetrische nauwkeurigheid

De planimetrische nauwkeurigheid van de LiDAR-data voldoet aan:

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

4.4 Classificatie

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

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

Algemene eisen aan de classificatie:

- De geclassificeerde bestanden voldoen aan een volledige classificatie volgens de in de definitielijst opgenomen klasse-definitie. Alle LiDAR-punten die niet als maaiveld, bebouwing, kunstwerk, water of hoogspanning kunnen worden geclassificeerd, worden als *overig* geclassificeerd.

- 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.
- De classificatie is op grenzen van kaartbladen en intern gebruikte blokgrenzen consistent. Sprongen in de classificatie (zoals 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.
- De onjuist geclassificeerde gebieden mogen geen aaneengesloten gebied groter dan één hectare beslaan.
- Voor alle classificatiefouten geldt dat deze niet structureel en/of geclusterd voor mogen komen.

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	

- Eis 1: maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse geclassificeerd zijn.
- Eis 2: Maximaal 1 object per 1.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn.
- Eis 3: Maximaal 1 object per 1000 gebouw-objecten mag ten onrechte als kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.
- Eis 4: Maximaal 1 object per 100 gebouw-objecten mag ten onrechte als overig geclassificeerd zijn.
- Eis 5: Maximaal 1 waterloop per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse geclassificeerd zijn.
- Eis 6: Maximaal 1 object per 100 hoogspanning-objecten mag ten onrechte als bebouwing of overig geclassificeerd zijn.
- Eis 7: Maximaal 1 object per 1000 hoogspanning-objecten mag ten onrechte als kunstwerk of water geclassificeerd zijn.

- Eis 8: Maximaal 2 objecten per 100 kunstwerk-objecten mogen ten onrechte als gebouw, overig, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.
- Eis 9:
 - Vegetatie (<0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn.
 - Vegetatie (>0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse dan "overig" geclassificeerd zijn.
 - Overig: Maximaal 1 overig object per 1.000 hectare mag ten onrechte als maaiveld geclassificeerd zijn.
- Eis 10:
 - Vegetatie (<0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 5.000 hectare mag ten onrechte als gebouw, kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.
 - Vegetatie (>0,5 meter): Maximaal 1 hectare per 10.000 hectare mag ten onrechte als een andere klasse dan "overig" geclassificeerd zijn.
 - Overig: Maximaal 2 objecten per 100 overige-objecten mogen ten onrechte als gebouw, kunstwerk, hoogspanning of water geclassificeerd zijn.

4.5 Herbemonstering

Voor de herbemonstering naar regelmatige rasters geldt het volgende:

- Voor alle rasters geldt dat ze het terrein zo goed mogelijk beschrijven;
- Voor alle DTM rasters geldt dat voldoen aan de maaivelddefinitie;
- De rasters worden geleverd volgens de TOP10-kaartbladindeling;
- 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 8.2
0,5 meter DSM	LiDAR-data, alle klassen behalve "water"	Maximale waarde, zie paragraaf 8.3
5 meter DTM,	0,5 meter DTM	Ongewogen gemiddelde, zie paragraaf 8.4
5 meter DSM	0,5 meter DSM	Ongewogen gemiddelde, zie paragraaf 8.4

5 Af te leveren bescheiden

5.1 Vliegplan en grondstations

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

- Een vliegplan in PDF-format met een overzicht van:
 - de ligging van de vliegstroken;
 - de te gebruiken GPS-stations;
 - de geplande opzet van referentiegebieden;
 - de begrenzing van het projectgebied;
 - de planning van de uit te voeren inwinvluchten en eventuele landmeetkundige werkzaamheden.

- Een vliegplan in Shape-format met een overzicht van:
 - de ligging van de vliegstroken;
 - de nummering van de vliegstroken (deze wordt afgestemd met opdrachtgever om een unieke nummering voor het hele AHN5 te verkrijgen);
 - de te gebruiken GPS-stations;
 - de geplande opzet van referentiegebieden.

Voor referentiegebieden gelden de volgende eisen:

- Aansluitvelden voor de hoogte
 - Deze worden in de vereffening van de data gebruikt om de LiDAR-data op aan te sluiten;
 - minimaal 1 veld per 250 km² en minimaal 1 veld per 5 vlieglijnen (het hoogste aantal telt);
 - 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;
 - De aansluitvelden moeten goed verspreid over het projectgebied gepland worden, rekening houdend met het vliegplan. De eis 1 veld per 5 vlieglijnen is een eis voor het totaal aantal referentievelden. Ze hoeven niet noodzakelijkerwijs op iedere 5^e vlieglijn geplaatst te worden.
- Controlevelden voor de hoogte
 - Deze worden niet gebruikt in de vereffening maar worden in de controle van de data gebruikt om aan te tonen dat de data aan de gestelde eisen voldoet;
 - Minimaal 1 veld per 750 km².
- Aansluitvelden planimetrie
 - Indien van toepassing geeft de opdrachtnemer inwinning zelf aan op welke wijze, met welke objecten en met welke omvang van objecten de planimetrische aanluitingsvereffening van de LiDAR-data plaatsvindt.
- Controlevelden planimetrie
 - Deze worden niet gebruikt in de vereffening maar worden in de controle van de data gebruikt om aan te tonen dat de data aan de gestelde eisen voldoet;
 - Opdrachtnemer inwinning geeft zelf aan op welke wijze, met welke objecten en met welke omvang van objecten deze controle wordt uitgevoerd.

5.2 Inwinvluchten en vluchtrapport

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

- Dagelijks, indien er een inwinvlucht heeft plaatsgevonden of plaats had kunnen vinden
 - rapportage in PDF-format met actuele voortgang en status;
 - bijhouding van de vluchtvoortgang via de website van AHN.
- Wekelijks
 - een geografisch overzicht in met de ingewonnen gebieden;

- percentage van het ingewonnen gebied;
- percentage gecontroleerde ingewonnen data (waarvoor geen hervlucht nodig is);
- Planning en toelichting op wijzigingen en hervluchten;
- Voorziene kritieke momenten.

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

- Een vluchtrapportage in PDF-format. De vluchtrapportage bevat een samenvattend verslag van de gebeurtenissen gedurende de vliegperiode, waarbij minimaal wordt opgenomen:
 - Een chronologisch overzicht van alle dagen waarop al dan niet is gevlogen, inclusief de motivatie indien niet gevlogen is;
 - Een overzicht van vluchtgegevens;
 - Een overzicht van de gebruikte terrestrische grondslag, inclusief alle gebruikte referenties (GPS, RD, NAP);
 - Informatie over de (eventueel) uitgevoerde grondslagberekeningen, inclusief de kwaliteitsparameters;
 - Kwaliteit van de berekende trajecten (X, Y en Z);
 - 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;
 - Overige van belang zijnde informatie.
- Een vluchtrapportage in Shape-format. Deze vluchtrapportage bevat minimaal de volgende gegevens:
 - De gevlogen vlieglijnen volgens het vliegplan inclusief de geplande (en gevlogen) hervlucht lijnen, met de volgende attributen:
 - Lijnnummer (logisch en overeenkomstig met de LAZ bestanden)
 - Datum
 - Uniek vluchtnummer
 - Vliegtuig registratie
 - Vliegsnelheid (kts)
 - Vlieghoogte (ft)
 - Scanner type
 - Scanner ID
 - Pulse Repetition Rate (kHz)
 - Scan rate (lps)
 - Field of View (2 sides)
 - Geplande strookoverlap (%)
 - Geplande punt dichtheid (nadir)
 - Een geografisch overzicht in Shape-format, waaruit theoretische ligging (gebaseerd op het vliegtraject, de scanhoeken en het hoogtemodel), naamgeving en onderlinge samenhang tussen de geleverde LAZ-bestanden duidelijk wordt.

- Een netwerkoverzicht van de gebruikte terrestrische grondslag;
- De gemeten referentiedata;
- Overige van belang zijnde geografische informatie.

5.3 Geometrisch correcte dataset

Binnen drie maanden na afronding inwinvluchten maar uiterlijk op 23 juni van het jaar waarin de inwinning heeft plaatsgevonden, worden de volgende producten opgeleverd:

- 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 "<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	Perceel nummer (decimaal)
System Identifier	Scanner type
File Creation Day of Year	Datum van inwinning van de vliegstrook
File Creation Year	Datum 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 ² intensiteitswaarde van het returnsignaal
Return Number	
Number of Returns	
Classification Flags	Kan leeg blijven
Scanner Channel	Voor onderscheid scanners binnen één systeem. 1 ^e scanner is 0, 2 ^e 1, etc.

² 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 .

Scan Direction Flag	Richting waarin de scannerspiegel roteert. 1 = van links naar rechts in vliegrichting, 0 = van rechts naar links.
Edge of Flight Line	1 als het punt op de rand van de vliegstrook ligt, anders 0.
Classification	"0" (Never classified)
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

- Per vliegstrook de trajectgegevens (Terrascan *.trj formaat of *.txt formaat met in iedere 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 vlieglijnummering zoals beschikbaar in de LAZ bestanden.
- Een komma-gescheiden ASCII tekstfile met daarin een lijst met:
 - bestandsnaam inclusief pad;
 - per bestand een checksum, gemaakt met algoritme SHA256 op het *originele* bestand.
- Een rapportage in PDF-format waarin de Opdrachtnemer Inwinning minimaal opneemt:
 - een beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden;
 - alle in hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 benoemde te leveren gegevens;
 - overzichten van de behaalde resultaten over het projectgebied;
 - overzichten van lokale uitzonderingen of afwijkingen met een systematisch karakter (bijvoorbeeld in een enkele overlap tussen twee stroken), inclusief numerieke en grafische onderbouwing hiervan;
 - een beschrijving van de verdeling van de geconstateerde afwijkingen op de specificaties, zowel die van systematische als die van stochastische aard, inclusief overzichten waarin deze verdeling numeriek en middels grafieken (histogrammen) wordt aangetoond;
 - een beschrijving waaruit duidelijk blijkt dat de geleverde producten aan de besteksvoorwaarden voldoen en de geometrische eindtermen gehaald worden. Hiertoe geeft de Opdrachtnemer Inwinning aan op welke onderdelen is gecontroleerd, wat de resultaten zijn en wat daarvan de slotconclusie is;
 - een uitspraak over de gevolgen voor de eindtermen in het geval er eventueel sprake is van verminderde kwaliteit op specifieke aspecten (bijv. punt dichtheid, puntverdeling, etc);
- Numerieke, grafische en/of geografische overzichten in daarvoor logische en gangbare bestandsformaten ter onderbouwing en ondersteuning van constatering en conclusies in bovengenoemde rapportage;
- Een geografisch overzicht in Shape-format, waaruit daadwerkelijke ligging, naamgeving en onderlinge samenhang tussen de geleverde LAZ-bestanden duidelijk wordt.

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.

5.4 Geclassificeerde dataset

Binnen drie maanden na afronding inwinvluchten maar uiterlijk op 23 juni van het jaar waarin de inwinning heeft plaatsgevonden, worden de volgende producten opgeleverd:

- Per kaartblad een bestand in LAZ-format (gebaseerd op LAS 1.4). 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 "<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 datum van inwinning
Point Data Record Format ID	"6"
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
Return Number	
Number of Returns	
Classification Flags	Kan leeg blijven
Scanner Channel	Voor onderscheid scanners binnen één systeem. 1 ^e scanner is 0, 2 ^e 1, etc.
Scan Direction Flag	
Edge of Flight Line	1 als het punt op de rand van de vliegstrook ligt, anders 0.
Classification	Classificatie code conform hoofdstuk 9.
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

Tabel 4: Inhoud LAZ point records voor kaartbladen.

- Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format met een resolutie van 0,5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf 8.3 (maximale waarde) op basis van de klassen "maaiveld", "bebouwing", "kunstwerk", "hoogspanning" en "overig". De benaming van elk rasterbestand is "<INWINJAAR>_R_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format met een resolutie van 0,5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf 8.2 (ongewogen gemiddelde) op basis van de klasse "maaiveld". De benaming van elk rasterbestand is "<INWINJAAR>_M_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format met een resolutie van 5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf 8.4 (ongewogen gemiddelde) op basis van het 0,5 meter raster bestand met de benaming "<INWINJAAR>_R_<KAARTBLADNAAM>.TIF". De benaming van elk rasterbestand is "<INWINJAAR>_R5_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- Per kaartblad een rasterbestand in GeoTIFF-format met een resolutie van 5 meter. Per rastercel is de hoogtewaarde bepaald conform paragraaf 8.4 (ongewogen gemiddelde) op basis van het 0,5 meter raster bestand met de benaming "<INWINJAAR>_M_<KAARTBLADNAAM>.TIF". De benaming van elk rasterbestand is "<INWINJAAR>_M5_<KAARTBLADNAAM>.TIF".
- Alle letters in de benaming, ook de letters van de kaartbladen, moeten hoofdletters zijn.

Voor de GeoTIFFs gelden de volgende voorwaarden:

- De georeferentie wordt opgenomen in de header, dus geen los tfw-bestand;
- Als projectie wordt EPSG: 7415 ("Amersfoort / RD New + NAP height") gebruikt;
- De GeoTIFFs worden middels een lossless TIFF compressie gecompriëerd;
- Daarnaast gelden de volgende instellingen:
 - Band 1
 - Block=256*256
 - Type=Float32
 - ColorInterp=Gray
 - NoData Value = 3.4028234663852886e+38
 - GTRasterTypeGeoKey=1 (RasterPixelIsArea)
- Leveranciers dragen in 2024 en 2025 zorg voor het mergen van de data met de al aanwezige AHN5 data uit voorgaande jaren. Daarnaast draagt leverancier van perceel 2, indien van toepassing, zorg voor het mergen van de data met de data van perceel 1 uit hetzelfde jaar. Dit geldt voor alle producten en alle rasterresoluties;

- Per type geleverd LAZ- of rasterbestand een metadatabestand in XML-format, conform het actuele Nederlands profiel op ISO 19115 voor geografie. In het verificatiegesprek worden nadere afspraken gemaakt over de precisie invulling van enkele velden in de metadata;
- Een komma-gescheiden ASCII tekstfile met daarin een lijst met:
 - bestandsnaam inclusief pad;
 - per bestand een checksum, gemaakt met algoritme SHA256 op het *originele* bestand.
- Een rapportage in PDF-format waarin de Opdrachtnemer minimaal opneemt:
 - een beschrijving van de uitgevoerde classificatiewerkzaamheden;
 - alle in hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 benoemde te leveren gegevens;
 - overzichten van de behaalde classificatieresultaten over het projectgebied;
 - overzichten van lokale uitzonderingen of afwijkingen met een systematisch karakter;
 - een beschrijving van de verdeling van de geconstateerde afwijkingen op de specificaties, zowel die van systematische als die van stochastische aard;
 - 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;
- Numerieke, grafische en/of geografische overzichten in daarvoor logische en gangbare bestandsformaten ter onderbouwing en ondersteuning van constatering en conclusies in bovengenoemde rapportage;
- BAG en BGT ten tijde van de vlucht zoals gebruikt voor de classificatie van de LiDAR-data;
- Een gecombineerd tekst of excel bestand waarin per kaartblad minimaal de volgende gegevens zijn opgenomen:
 - project ID GUID data 1-4;
 - generating software;
 - file creation day/year;
 - point data record format;
 - point data record length;
 - aantal point records;
 - aantal punten per gebruikte klasse;
 - minimale en maximale waarde van de aanwezige punten (XYZ).

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 Controles

In elk van de volgende paragrafen wordt beschreven welke controles de Opdrachtnemer Inwinning uit moet voeren en welke gegevens geleverd moeten te worden.

De Opdrachtgever of een namens hem optredende controlerende instantie voert controles en verificaties uit op de aangeleverde data.

6.1 Algemene eisen aan de controles

De Opdrachtnemer Inwinning controleert de data per onderdeel, om op die manier aan te tonen dat de data voldoet aan de in deze besteksvoorwaarden opgenomen eindtermen en normen.

- Uit alle in de paragrafen 6.2 tot en met 6.9 beschreven controles moet blijken dat de controleonderdelen voldoen aan de kwaliteitseisen waarbij de eindtermen worden gegarandeerd;
- De door u aangeleverde controlegegevens komen overeen met controleresultaten die steekproefsgewijs door de Opdrachtgever worden vervaardigd.

Voor alle in deze en de vorige secties genoemde randvoorwaarden geldt dat, indien niet anders gespecificeerd, 98% van alle geleverde data aan de betreffende voorwaarden moet voldoen. Voor de overige 2% geldt dat deze slechts verspreid over het projectgebied voor mag komen en niet geclusterd.

Verder gelden onderstaande bepalingen voor de controles:

- De resultaten van de controles, zoals beschreven in paragraaf 6.2 tot en met 6.9, worden opgenomen in een kwaliteitsrapportage, evenals de toetsing aan de besteksvoorwaarden;
- De controle navigatie zoals beschreven in paragraaf 6.2, wordt als onderdeel van de vluchtrapportage uitgevoerd en gerapporteerd. Ook de bijbehorende databestanden worden gelijktijdig met de vluchtrapportage aangeboden;
- De controles beschreven in de paragrafen 6.3 tot en met 6.7 worden op het Geometrisch correcte hoogtebestand uitgevoerd en gerapporteerd, inclusief de bijbehorende databestanden;
- De controles beschreven in paragraaf 6.8 en 6.9 worden op het Geclassificeerde hoogtebestand uitgevoerd en gerapporteerd, inclusief de bijbehorende databestanden.

6.2 Navigatie

Doel controle

Bij dit controleonderdeel toont u aan dat de data-inwinning voor het gehele projectgebied voldoet aan de gestelde eisen.

Controletaken

Op basis van de vluchtgegevens (traject), de instellingen van de laser (o.a. scanhoek) en het hoogtemodel maakt de Opdrachtnemer een overzicht van de theoretische ligging en breedte van elke vliegstrook. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de definitieve posities en hoeken van het vliegtuig ten tijde van de opname (post-processed) zoals deze zullen worden gebruikt voor het berekenen van de LiDAR-data. Deze gegevens worden in een shapebestand aangeleverd.

Randvoorwaarde

Er mag geen enkele gap voorkomen in de data, niet ten gevolge van gaten tussen de vliegstroken en niet ten gevolge van falen van de scanner: 100% van het projectgebied moet bedekt zijn met LiDAR-data.

Te leveren gegevens

- U levert een overzicht met de theoretische ligging en breedte van elke vliegstrook;

- U levert een overzicht met de gerealiseerde ligging en breedte van elke vliegstrook op basis van de daadwerkelijk ingewonnen LiDAR-data;
- U levert een rapportage waaruit blijkt dat de data-inwinning zo is uitgevoerd dat de eindtermen gegarandeerd kunnen worden. Deze rapportage is onderdeel van de vluchtrapportage en is gebaseerd op gerealiseerde resultaten.

Verificatie door de Opdrachtgever

- De overzichten zullen worden beoordeeld om te zien of er gaten tussen de bedekking zitten;
- Een overlay wordt gemaakt met de projectgrens om te zien of de ingewonnen stroken dit gebied volledig bedekken.

6.3 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 paragraaf 8.1, als basis gebruikt.

Voor de zadeldakberekeningen geldt het volgende:

- 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.
- 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;
- 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;
- 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 hoofdstuk 1 genoemde eindtermen en de in paragraaf 4.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- De individuele hoogteafwijkingen voldoen aan de volgende eis:
 - 70% < 3,5 cm
 - 95% < 7 cm
 - 99,5% < 10 cm

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

Voor een toelichting op de zadeldakcontrole zie paragraaf 8.1.

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:

- Per zadeldak de hoogte- en planimetrische afwijking;
- Per strook de berekende systematische fout in de planimetrie en in de hoogte;
- Per strook de berekende standaardafwijkingen in de planimetrie en in de hoogte;
- Toetsing van de individuele planimetrische verschillen en hoogteverschillen zoals beschreven in paragraaf 4.1;
- Toetsing van de systematische fouten en de standaardafwijkingen per strookoverlap zoals beschreven in paragraaf 4.1;
- Uitkomsten van de alternatieve controle methode per strookoverlap waarbij de berekende systematische fout en de berekende standaardafwijkingen in de planimetrie bepaald zijn.

6.4 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

- 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;
- U toont aan dat de door u geleverde LiDAR-data voor het projectgebied aan de eisen voor wat betreft de absolute planimetrie voldoet;
- U draagt zelf zorg voor voldoende referentiegegevens om deze controle uit te kunnen voeren (zoals gespecificeerd in paragraaf 5.1);
- 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;
- 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;

- Voor alle beschikbare planimetrische referentiedata geldt dat u het planimetrische verschil berekent tussen de referentiedata en de LiDAR-data;
- 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 hoofdstuk 1 genoemde eindtermen en de in paragraaf 4.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- de systematische hoogteafwijking per referentie-object is maximaal 5 cm;
- De standaardafwijking van de hoogteafwijkingen voldoen aan de volgende eis:
 - $68,2\% < 1 * \sigma_z = 3 \text{ cm}$
 - $95,4\% < 2 * \sigma_z = 6 \text{ cm}$
 - $99,7\% < 3 * \sigma_z = 9 \text{ cm}$
- de systematische planimetrische afwijking per referentie-object is maximaal 8 cm;
- De standaardafwijking van de planimetrische fouten voldoen aan de volgende eis:
 - $68,2\% < 1 * \sigma_x = 5 \text{ cm}$
 - $95,4\% < 2 * \sigma_x = 10 \text{ cm}$
 - $99,7\% < 3 * \sigma_x = 15 \text{ cm}$

Te leveren gegevens

- 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;
- Verschillen in hoogte worden geleverd in geografisch overzicht in shape-format.

6.5 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:

- 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 8.2. Voor overlappende gebieden berekent en visualiseert u het hoogteverschil tussen deze regelmatige rasters;

- Voor een nauwkeurige analyse worden alleen de rastercellen gebruikt die een vlak oppervlak beschrijven om storende effecten van hoogteverschillen binnen deze cellen te verwijderen. Oprachtnemer inwinning doet zelf een voorstel over de te hanteren methode voor het verwijderen van deze rastercellen uit de statistieken;
- 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 hoofdstuk 1 genoemde eindtermen en de in paragraaf 4.1 genoemde nauwkeurigheidsspecificaties:

- De individuele hoogteverschillen voldoen aan de volgende eis:
 - 70% < 3,5 cm
 - 95% < 7 cm
 - 99,5% < 10 cm
- Bovenstaande randvoorwaarde geldt voor de hoogteverschillen per strookoverlap alsmede voor de hoogteverschillen per kilometer strookoverlap.

Te leveren gegevens

- U levert hoogteverschilrasters met hoogteverschillen per strookoverlap. Hierbij worden minimaal X, Y, Z(Strook 1), Z(Strook 2) en DZ opgenomen;
- 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 GeoTIFFs zijn zoals gespecificeerd in 5.4.

6.6 Puntdichtheid**Doel controle**

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

Controletaken

Voor de controle van de puntdichtheid, zoals bedoeld in paragraaf 4.2, 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

- 99% van de rastercellen moet een puntdichtheid hebben van minimaal 10 pt/m², uitzonderingen daarop zijn:
 - Waterpartijen of oppervlakken waar van uit mag worden gegaan dat deze in normale omstandigheden niet droog zijn.
 - 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 puntdichtheidsrasters 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.

- In gebied begroeid met loofbos (vanaf 10.000 m²) moet minimaal 25% van de punten 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

- 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 GeoTIFFs zijn zoals gespecificeerd in 5.4;
- 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%.

6.7 Hoogteverschil AHN5 – AHN4**Doel controle**

Bij dit controleonderdeel wordt het verschil met 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 AHN5.

Controletaken

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

Randvoorwaarden

- Zowel AHN4 als AHN5 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.
- Systematische effecten groter dan 10 cm mogen niet verwijtbaar zijn aan het AHN5 en worden verklaard.

Te leveren gegevens

- U levert GeoTIFF bestanden per kaartblad met een rastergrootte van 5 x 5 meter waarin de verschilwaarde AHN5 – AHN4 is weergegeven. De specificaties van de GeoTIFFs zijn zoals gespecificeerd in 5.4;
- U levert een statistisch overzicht van de verschillen van AHN5 – AHN4.

6.8 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

- De hillshades, gebaseerd op de maaiveldrasters, hebben een rastergrootte van 50 x 50 centimeter;
- U geeft aan welke rekenmethodiek, instellingen en parameters voor het berekenen van de hillshades u gebruikt;
- 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 GeoTIFFs zijn zoals gespecificeerd in 5.4.

6.9 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 4.5.

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.

7 Acceptatieprocedure

Iedere levering zal door Opdrachtgever of een namens Opdrachtgever geselecteerde marktpartij worden gecontroleerd in relatie tot de in deze besteksvoorwaarden opgenomen eindtermen en normen.

Uitgangspunt is dat de Opdrachtnemer Inwinning zelf aantoont dat het geleverde product aan de gevraagde kwaliteit voldoet.

De Opdrachtnemer Controle voert op basis van aangeleverde (kwaliteits-) gegevens en rapportages steekproeven uit. De Opdrachtnemer Controle stelt vast of de conclusies van de Opdrachtnemer Inwinning kloppen. Tevens geeft de Opdrachtnemer Controle aan wat de consequenties zijn van de bevindingen voor de eindtermen én adviseert zij de Opdrachtgever over de te nemen maatregelen als ook eventuele herstelacties door de Opdrachtnemer Inwinning.

De Opdrachtgever regisseert uiteindelijk het proces van inwinning en controle en is zelf niet uitvoerend.

7.1 Beoordelings- en acceptatieprocedure

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

- Stap 1: 'Ingangscontrole'.

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.

- Stap 2: 'Kwaliteitscontrole'
Vanaf het moment dat aan alle voorwaarden van stap 1 is voldaan start de kwalitatieve controle, conform paragraaf 5.3 (levering geometrisch correcte dataset) en paragraaf 5.4 (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 verzocht een herlevering te verzorgen. Een mogelijke herlevering van een levering omvat **altijd** de complete dataset.

8 Te hanteren methodieken**8.1 Zadeldakmethode voor controle planimetrie en hoogte**

De zadeldakcontrole wordt uitgevoerd met behulp van de LiDAR-data van de losse stroken. Per zadeldakobject selecteert u in de eerste strook een punt precies op de noklijn dat ongeveer in het midden van de noklijn ligt. Dit punt projecteert u daarna loodrecht op de betreffende noklijn

in de tweede strook. De projectielijn is de verschuiving in X-, Y- en Z-richting van het betreffende punt. Per zadeldakobject bepaalt u de verschuiving.

U berekent de noklijn door de snijlijn te bepalen van twee vlakken die geschat worden door de punten die bij deze vlakken horen. Alleen voor alternatieve objecten is het handmatig aanmeten van de snijlijn toegestaan, maar dat zal in veel gevallen onnauwkeuriger zijn en daarmee leiden tot hogere geschatte standaardafwijkingen.

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.

Zie de bijlage "Documentatie zadeldakcontrole" voor meer informatie.

8.2 Ongewogen gemiddelde voor aanmaken 0.5 meter DTM

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

8.3 Maximale waarde voor aanmaken 0.5 meter DSM

De waarde die aan een 0.5 x 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.

8.4 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.

9 Definities

De hoogtebestanden 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 Classification Value	Betekenis Meaning	Overeenkomstige definitie
0	Created, never classified	nvt
1	Unclassified	Overig
2	Ground	Maaiveld
6	Building	Bebouwing
9	Water	Water
14	High tension	Hoogspanning
26	Civil structure	Kunstwerken

9.1 Definitie maaiveld

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

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

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

- Terp
- Parkeerterreinen op maaiveldniveau
- Toegang tot ondergrondse constructies (bv tunnels en garages)
- Permanent gronddepot (bv slibdepots)
- Taluds
- Vuilnisbelt (mits permanent en afgewerkt tot landschapselement)
- Kribben en golfbrekers
- Landhoofden
- Betonconstructies: sluizen en stuwen
- Stormvloedkeringen en hoogwaterkeringen. De vaste delen van stormvloedkeringen en hoogwaterkeringen worden als maaiveld geclassificeerd. De bewegende delen als overig.
- Crossbanen
- Grond in kassen, indien overduidelijk zelfde niveau/ karakter maaiveld in de omgeving
- Overgroeide bunkers, die integraal onderdeel zijn van het landschappelijke karakter
- Overgroeide duikers, die integraal onderdeel zijn van het landschappelijke karakter
- Bodem leeg zwembad en andere lege bassins
- Dammen
- Dijken
- Kuilvoer
- Hooibergen/mesthopen
- Tijdelijk gronddepot (bv voor een bouwproject)
- 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):

- Vegetatie
- Bebouwing
- 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)
- Losstaande bunkers
- LiDAR-punten binnen gebouwen (niet zijnde kassen), ongeacht aard en oorzaak.

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

- Alle gebouwen, deze worden als "bebouwing" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van bebouwing (paragraaf 9.2);
- Alle kunstwerken, deze worden als "kunstwerk" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van kunstwerken (paragraaf 9.3);
- Water, dit wordt als "water" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van water (paragraaf 9.4);
- Hoogspanningsmasten en leidingen, deze worden als "hoogspanning" geclassificeerd. Zie hiervoor de definitie van hoogspanning (paragraaf 9.5).

9.2 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.

- Alle LiDAR-punten die een dak van een gebouw raken worden geclassificeerd als bebouwing, ook dakkapellen.
- Alle LiDAR-punten die een dak van 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.
- Zonnepanelen die bevestigd zijn aan objecten die aan de gebouwdefinitie voldoen worden als bebouwing geclassificeerd.
- Kleine objecten die onderdeel zijn van het dak van een gebouw (zoals schoorstenen) en niet zijn geclassificeerd als bebouwing zullen niet tot afkeuring leiden.
- Woonboten worden in zijn geheel als bebouwing geclassificeerd.

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

- 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.
- Overige gebouwpunten zoals muren worden als "overig" geclassificeerd.
- Alle kunstwerken zoals gedefinieerd in de kunstwerkdefinitie, deze worden als "kunstwerk" geclassificeerd.

9.3 Definitie kunstwerken

Voor de definitie van kunstwerken wordt de BGT ten tijde van de vlucht gehanteerd samen met de klasse kunstwerken uit het AHN4.

- Het betreft de categorie Overbruggingsdeel uit de BGT;
- En uit de categorie Kunstwerkdeel, element:
 - Steigers

- De AHN4 klasse kunstwerken geldt als aanvulling op bovenstaande definitie om eventuele elementen die niet in de BGT zijn opgenomen toch als kunstwerk te classificeren.
- Alle LiDAR-punten die een kunstwerk raken worden geclassificeerd als kunstwerk, ook al ligt een deel van de punten buiten het vlak uit het AHN4 of de BGT.

9.4 Definitie water

Voor de definitie van water wordt de BGT ten tijde van de vlucht gehanteerd samen met de klasse water uit het AHN4.

- Het betreft uit de categorie Waterdeel de BGT elementen:
 - Zee
 - Waterloop
 - Watervlakte
 - Greppel/droge sloot
- En uit de categorie Overig bouwwerk
 - Bezinkbak
 - Bassin
- Alleen LiDAR-punten die water representeren worden als water geclassificeerd. Het kan voorkomen dat er op de aangegeven lokaties (tijdenlijk) geen water aanwezig is. In dat geval worden de LiDAR-punten als maaiveld geclassificeerd. Zie ook de definitie Maaiveld.
- De AHN4 klasse water geldt als aanvulling op bovenstaande definitie om eventuele elementen die niet in de BGT zijn opgenomen toch als water te classificeren.
- 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 AHN4 of de BGT.
- Ruis in water, door bijvoorbeeld het breken van golven, wordt als water geclassificeerd.

9.5 Definitie hoogspanning

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

- Hoogspanningsmast
- Hoogspanningsleidingen van en naar deze hoogspanningsmasten worden ook als hoogspanning geclassificeerd.
- Voor deze hoogspanningsleidingen kan de AHN4 klasse hoogspanning als referentie gebruikt worden.

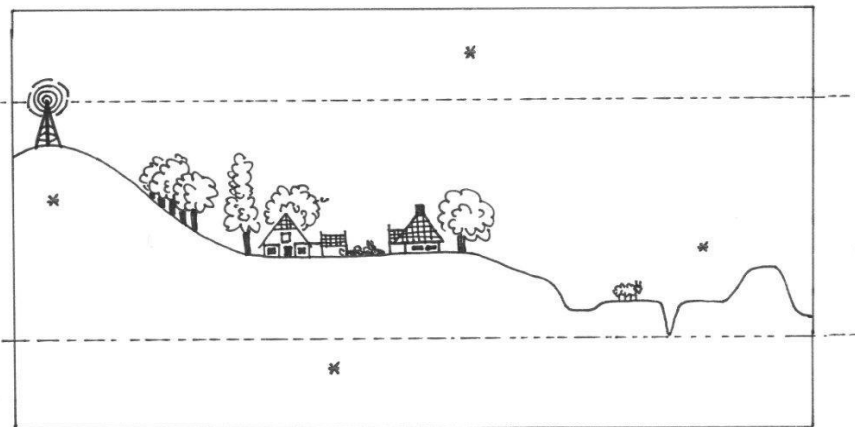
9.6 Definitie extreem

Een extreem is:

- een punt ver onder of boven de voor het projectgebied bekende topografiehoogten, inclusief objecten;
- een (enkel) punt ver onder of boven de lokaal gemeten hoogte, waarbij dat punt geen topografisch object of maaiveld representeert;

- een punt dat zich binnen bebouwing (met uitzondering van LiDAR-punten binnen kassen) bevindt, waarbij geldt:
 - 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 afkeuring.³
 - 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.



¹ *Figuur 1: Voorbeelden van extremen.*

9.7 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.

9.8 Projects specifieke definities

DSM

Digital Surface Model, een rasterbestand met als brongegevens alle klassen behalve "water"

³ 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.

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
Representatieve steekproef	Een representatieve steekproef is: • Een afspiegeling van de populatie (dataset) waaruit hij is getrokken; • De waarnemingen in de steekproef vertegenwoordigen de eigenschappen van alle elementen uit de hele dataset; • Iedere eigenschap moet dezelfde kans hebben om geselecteerd te worden voor de steekproeven (validiteit). Als dit het geval is, zijn de resultaten van de steekproef generaliseerbaar naar de dataset. Behalve representatief moet de steekproef ook betrouwbaar zijn. Een steekproef is betrouwbaar als bij herhaling van de steekproeftrekking (globaal) dezelfde resultaten worden verkregen.

10 Structuur leveringen

10.1 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. GPS-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. Puntverdeling

- 2.5.4. 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
- 4. Geometrie: Relatieve hoogte
 - 4.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 4.2. Resultaten
 - 4.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 4.4. Conclusies
- 5. Geometrie: Absolute planimetrie
 - 5.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 5.2. Resultaten
 - 5.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 5.4. Conclusies
- 6. Geometrie: Relatieve planimetrie
 - 6.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 6.2. Resultaten
 - 6.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 6.4. Conclusies
- 7. Punt dichtheid
 - 7.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 7.2. Resultaten
 - 7.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 7.4. Conclusies
- 8. Hoogteverschil AHN5 – AHN4
 - 8.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 8.2. Resultaten
 - 8.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 8.4. Conclusies
- 9. Classificatie
 - 9.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 9.2. Resultaten
 - 9.3. Uitzonderingen en afwijkingen
 - 9.4. Conclusies
- 10. Herbemonstering
 - 10.1. Uitgevoerde werkzaamheden
 - 10.2. Resultaten
 - 10.3. Uitzonderingen en afwijkingen

- 10.4. Conclusies
- 11. Conclusie
 - 11.1. Hoogtenauwkeurigheid
 - 11.2. Karteerbaarheid
 - 11.3. Classificatie
 - 11.4. Herbemonstering
 - 11.5. Slotconclusie

10.2 Directory structuur op te leveren documenten

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

01_LAZ

- LAZ Strookdata
- LAZ Kaartbladen

02a_DTM_50cm

02b_DTM_5m

03a_DSM_50cm

03b_DSM_5m

04_Kwaliteitsbeschrijving

00_Vliegplan

- 01_Projectgebied
- 02_Vliegstroken
- 03_GPS-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
- 23_Absolute Planimetrie
 - 23a_Planimetrische referentiedata
- 24_Relatieve Planimetrie
- 25_Punt dichtheid
- 26_Hoogteverschil AHN5 – AHN4
- 27_Classificatie
- 28_Herbemonstering

30_Kaartmateriaal

- 31_BAG
- 32_BGT