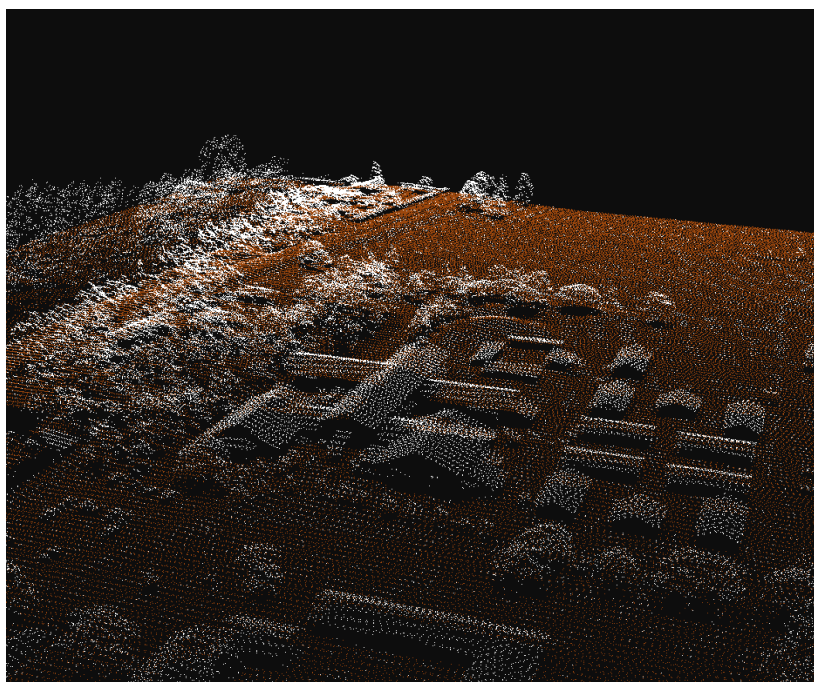


Datum: 2019-10-01

Dokumentversion: 1.1

Kvalitetsbeskrivning laserdata



Innehållsförteckning

1. Inledning	3
2. Generellt om kvaliteten	3
3. Datafångst	4
3.1. Tillkomsthistorik	4
4. Datakvalitet	5
4.1. Fullständighet (punkttäthet/täckning)	5
4.2. Klassificering	7
4.2.1. Klassning laserpunkter	7
4.2.2. Kända brister i klassningen	8
4.3. Lägesnoggrannhet	14
4.3.1. Absolut noggrannhet	14
4.3.2. Relativ noggrannhet	14
5. Övrigt som påverkar kvaliteten	14
5.1. Skannat vid flera tillfällen/vid olika årstider	14
5.2. Olika typer av skannersystem	17
6. Förändringsförteckning	18

1. Inledning

I den här bilagan beskrivs den kvalitet som Lantmäteriets laserdata generellt har samt ges en översikt av brister som kan förekomma. Kvaliteten redovisas med de kvalitetsparametrar som beskrivs i standard SS-EN ISO 19157:2013 Geografisk information – Datakvalitet.

Laserdata, punktmoln med klassificerade laserpunkter, tillhandahålls i produkterna Laserdata NH och Laserdata Skog.

Markklassade laserpunkter används för att skapa Nationell Höjdmodell (terrängmodell).

2. Generellt om kvaliteten

Den uppmätta eller uppskattade kvaliteten gäller generellt för hela skanningsområden. Det är därför viktigt att för aktuellt området ta del av metadata så som insamlingstidpunkt och punkttäthet. God kännedom om lokala terrängförhållanden är också värdefullt vid tolkning av data.

För att få bästa markrepresentation behöver skanning ske när så många laserpulser som möjligt har en chans att nå ner till marken. Att skanna på sommaren innebär att löv och undervegetation hindrar laserpulser från att nå marken. På hösten kan tät låg vegetation hindra laserpulserna från att nå marken även om löven har fallit från träden. Vintertid ger ett snötäcke tjockare än några centimeter en felaktig bild av markytans form. På våren kan smältvatten i stora mängder vara ett hinder för skanning då vatten döljer markytan. Det innebär att tidsfönstret för en bra skanning inte är så stort. Bästa förutsättningar för skanning ges utanför vegetationssäsong d v s på våren och sent på hösten.

De delar av Sverige som i huvudsak täcks av lövträd, d v s södra Sverige, har med några få undantag skannats under icke vegetationssäsong. Resten av landet har skannats oavsett årstid och kan därmed ha områden med relativt tät vegetation.

Tabell 1: Kvalitetsteman och -parametrar för Laserdata NH och Laserdata Skog

Kvalitetstema	Kvalitetsparameter	Kvalitet
Fullständighet (Punkttäthet/täckning)	Brist	<p>Punkttäthet baserat på sista eko inom varje skanningsområde. Siffran är ett medelvärde på punkttätheten på rutor om 10 x 10 m i varje skanningsområde.</p> <p>Laserdata NH</p> <p>Minst 95% av den skannade ytan (vattenytor undantaget) uppnår minst 0,5 punkter/m², i vissa kalfjällsområden utan infrastruktur minst 0,25 punkter/m²</p> <p>Laserdata Skog</p> <p>Minst 95 % av den skannade ytan (vattenytor undantaget) uppnår minst 1,0 punkter/m²</p>
Tematisk noggrannhet	Klassificeringsnoggrannhet	Riktigheten i klassningen är överlag bra, men viss felklassning förekommer.
Lägesnoggrannhet	Absolut noggrannhet	<p>Medelfel på öppna plana hårdgjorda ytor</p> <p>< 0,1 m i höjd</p> <p>< 0,3 m i plan</p>
	Relativ noggrannhet	<p>Medelfel för höjdskillnad mellan angränsande stråk</p> <p>< 0,15 m</p>

3. Datafångst

3.1. Tillkomsthistorik

Laserdata samlas in genom laserskanning från flygplan.

Resultatet från laserskanningen är en mängd laserpunkter med känt läge i plan och höjd. Alla typer av objekt på och ovan markytan finns representerade i detta punktmoln, inga punkter tas alltså bort.

Några fakta om skanningen för **Laserdata NH** (ungefärliga värden)

- Punkttäthet: 0,5-1 punkt per kvadratmeter (ner till 0,25 punkter per kvadratmeter i kalfjällsområden).
- Flyghöjd över marken: 1 700-2 300 meter (upp till 4 000 meter i fjällområden).
- Skanningsvinkel: max $\pm 20^\circ$
- Stråkövertäckning: 10-20%
- Träffyta på mark (*footprint*): 0,4-0,9 meter, beroende på flyghöjd.

Laserskanning görs med instrument som kan ge minst fyra ekon från samma laserpuls. När det finns fler än fyra ekon lagras så många ekon som standarden LAS 1.2 tekniskt medger d v s upp till 7 stycken.

Intensitet (styrkan hos den reflekterade laserpulsen) registreras för åtminstone de tre första ekona.

Några fakta om skanningen för **Laserdata Skog** (ungefärliga värden)

- Punkttäthet: 1-2 punkt per kvadratmeter
- Flyghöjd över marken: ca 3 000 meter
- Skanningsvinkel: max $\pm 20^\circ$
- Stråkövertäckning: minst 10%
- Träffyta på mark (*footprint*): $< 0,75$ meter, beroende på flyghöjd.

Laserskanningen görs med instrument som medger registrering av minst fyra ekon från samma laserpuls. Andelen utsända pulser som ger upphov till flera relevanta ekon skall i skog uppgå till minst 30%.

När det finns fler än fyra ekon lagras så många ekon som standarden LAS 1.2 tekniskt medger dvs upp till 7 stycken.

4. Datakvalitet

4.1. Fullständighet (punkttäthet/täckning)

Punkttätheten på mark varierar med typ av vegetation, under vilken årstid laserskanning skedde och en rad andra faktorer. Denna variation innebär att det i vissa områden finns brister i punkttätheten medan det på andra platser är hög punkttäthet.

Tätast med punkter på mark är det på öppna ytor och där skanningsstråken överlappar varandra.

Brister i punkttätheten på marken finns framför allt i områden med tät vegetation som har skannats under vegetationsperiod. Den täta vegetationen har inte släppt igenom laserpulserna som istället har stannat på vegetationen. I de fallen kan punkttätheten vara god i laserpunktmolnet men dålig i det klassificerade markpunktskiktet där träffar på mark kan saknas helt inom en viss yta (se Figur 1, och under avsnitt Kända brister i klassningen).

I starkt kuperad terräng kan träffar på branta terrängformer (t.ex. vertikala bergväggar) saknas helt. Detta beror på skanningsvinkeln när flygplanet passerade. Om det dessutom är tät skog eller annan tät vegetation i den branta terrängen försämras givetvis möjligheterna till markträffar (se Figur 2).

Ekon från laserpulser som träffat vatten, vissa hustak (se Figur 19), nylagd asfalt eller andra objekt som ger dålig reflektion kan saknas helt. Då uppstår det hål i laserpunktmolnet.

Vatten absorberar de flesta pulserna utom i rät vinkel mot ytan då pulserna ofta reflekteras som i en spegel. Det ger en oregelbunden punkttäthet över vatten.



Figur 1: På grund av den täta vegetationen har inga laserpunkter nått ner till marken i svackan. Klassningen har blivit rätt men det saknas markpunkter. När terrängmodellen skapas kommer denna yta att interpoleras. Vita punkter är oklassificerade, orange punkter är markklassade.



Figur 2: I riktigt ojämn terräng blir markytan generellt svår att definiera, speciellt med låg punkttäthet. Eftersom terrängmodellen skapas utifrån markklassade punkter kan det i den här typen av bergssluttningar finnas stora lokala felaktigheter i terrängmodellen.
Foto: Andreas Rönnberg

4.2. Klassificering

De klassificeringsnivåer som används för skanningsområdena beskrivs i tabellen nedan.

Klassificerings-nivå	Förklaring
1	Automatiserad markklassning med mycket begränsad manuell editering.
2	Klassning av broar och förbättrad markklassning av dammar.
3	Förbättrad separation mellan mark och vatten

4.2.1. KLASSNING LASERPUNKTER

I **Laserdata NH** är punkterna klassade i någon av följande klasser - punkt på mark, punkt på vatten, punkt på bro eller oklassificerad punkt.

I **Laserdata Skog** är punkterna klassade i någon av följande klasser - punkt på mark, punkt på vatten, low point (noise), high noise (punkt registrerad ovan mark, vegetation, byggnad exempelvis moln), punkt på bro (endast klassificeringsnivå 3) eller oklassificerad punkt.

Klassificeringsnivå 1

Klassning av laserpunkterna görs med automatiska metoder.

Som stöd vid klassningen för **Laserdata NH** används bland annat vatten-polygoner och byggnadsytor från GGD (Lantmäteriets Grundläggande Geografiska Data). Tre olika parameteruppsättningar används för olika terrängtyper utifrån en grov uppdelning av landet.

Som stöd vid klassningen för **Laserdata Skog** används bland annat vatten-polygoner från GGD (Lantmäteriets Grundläggande Geografiska Data).

En begränsad manuell översyn, utifrån felsignaler och med stickprov, görs efter den automatiska klassningen. Det är svårt att upptäcka om punkter har hamnat i fel klass så en liten mängd felaktigt klassade punkter kan kvarstå.

Klassificeringsnivå 2

För att identifiera broar används Trafikverkets databaser BaTMan (Bridge and Tunnel Management), NVDB (Nationell vägdatas) och GGD, samt automatiska algoritmer. Klassning av broar innebär att laserpunkter på den del av vägbanan som har luft under sig klassas som bro. Punkter på broar med mindre spännvidd än 3 meter, liksom tunnlar, klassas inte till bro.

I samband med klassningen av broar görs även en säkrad markklassning av dammar. Det innebär manuell klassning så att markklassade punkter finns längs hela fördämningens överkant. För att identifiera dammar används SMHI:s databas SVAR (Svenskt vattenarkiv) samt GGD.

Klassificeringsnivå 3

För att skilja mellan punkter på mark respektive vatten behövs noggrant karterade strandlinjer som överensstämmer med vattenståndet vid skannings-tillfället. Sjöar och vattendrag har därför nykarterats och höjdsatts utifrån punkter på vattenytan.

För **Laserdata NH** som producerats till och med år 2016 har vattenytorna karterats med manuella metoder. Vattenyta för hav, sjöar mindre än 0,25 km² och vattendrag smalare än 6 meter ingår inte. Den ursprungliga klassningen till vatten i laserdata görs om för hela skanningsområdet med hjälp av de nykarterade strandlinjerna och där dessa inte finns används GGD.

För **Laserdata NH** som produceras från och med år 2017 samt för **Laserdata Skog** görs karteringen av vattenytorna med automatiska metoder. De flesta vattenytor för hav, sjöar och vattendrag inkluderas men mindre vattendrag saknas ofta. Den ursprungliga klassningen till vatten i laserdata görs om för hela skanningsområdet med hjälp av de nykarterade strandlinjerna.

4.2.2. KÄNDA BRISTER I KLASSNINGEN

Vegetation

Det finns två orsaker till att vegetation ibland felaktigt kan klassas som mark. Dels gör begränsningar i tekniken för laserskanning att ekon på kort avstånd (cirka 2 meter) efter ett föregående eko inte kan registreras, dels är vegetationen ibland så tät t.ex. spannmål eller buskage, att inga laserpulser kan tränga igenom till marken (se Figur 3-Figur 7). När något av dessa fenomen orsakar fullständigt bortfall av punkter på markytan kan vegetationen ovanför bli klassad som mark (se Figur 7- Figur 8).



Figur 3: På detta grustag som är överväxt med tät lövsly har terrängmodellen hamnat 2-3 m över den verkliga markytan.
Foto: Andreas Rönnberg



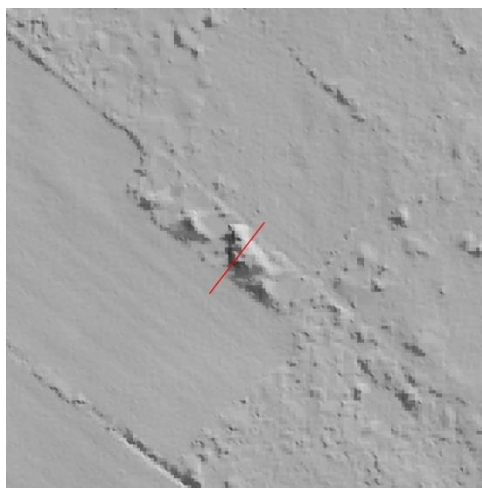
Figur 4: Täta snår av lövsly växer snabbt upp på många hyggen. På det här hygget har höjdmodellen delvis hamnat cirka 2 m över den verkliga markytan.
Foto: Andreas Rönnberg



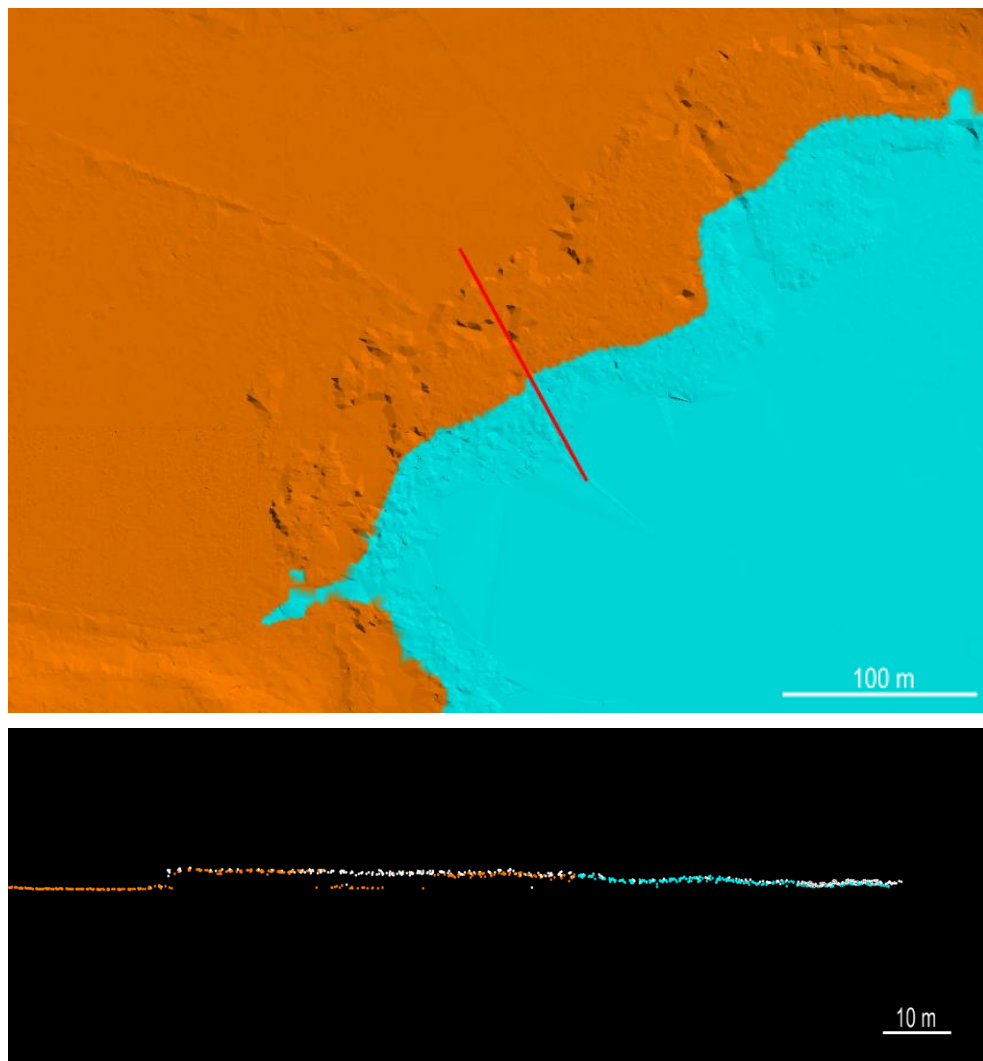
Figur 5: Även på öppen mark med tätt växande grödor kan höjdmodellen hamna ovanför den verkliga markytan.
Foto: Andreas Rönnberg



Figur 6: I denna glesa men fuktiga tallskog täcks marken helt av en relativt hög blandad örtvegetation. Skanningen tränger inte ner till marken när denna vegetation är kraftig medan skanning under vår och sen höst ger ett bättre resultat.
Foto: Andreas Rönnberg



Figur 7: Täta låga buskage, som enbuskarna på Ölands alvar, kan vara redovisade som mark d v s små kullar i terrängmodellen. Eftersom inga laserpulser har trängt igenom buskaget till marken och buskarna har en "mjuk övergång" till marken uppfattas buskarna som mark vid den automatiska markklassningen.



Figur 8: Punkter på mark eller vatten saknas ofta i tät vass och vassen har vid den automatiska klassningen fått klassen mark. Vatten är här klassat utifrån vattenpolygon i GGD (klassificeringsnivå 2). Röda strecket är profilen i bilden under. Höjdskillnaden på ett par meter mellan mark och vass syns tydligt.

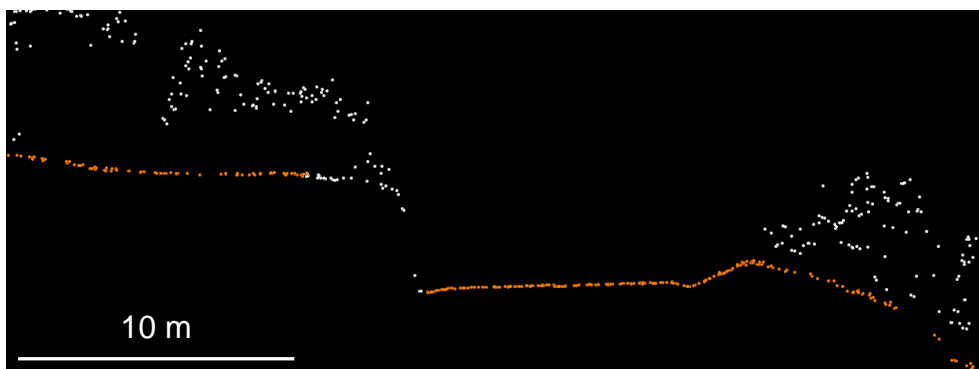
Brant terräng

I kraftigt kuperad terräng med skarpa höjdförändringar kan markklassningen bli ofullständig. Orsaken är att algoritmen för markklassningen kan uppfatta kraftigt avvikande punkter som byggnader eller vegetation (se Figur 9-Figur 13).

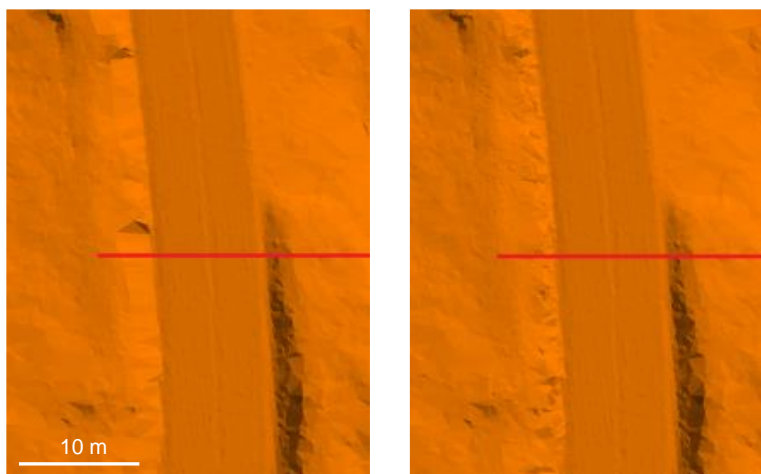
Grus- och bergtäkter och liknande föränderliga miljöer justeras inte i klassningen.



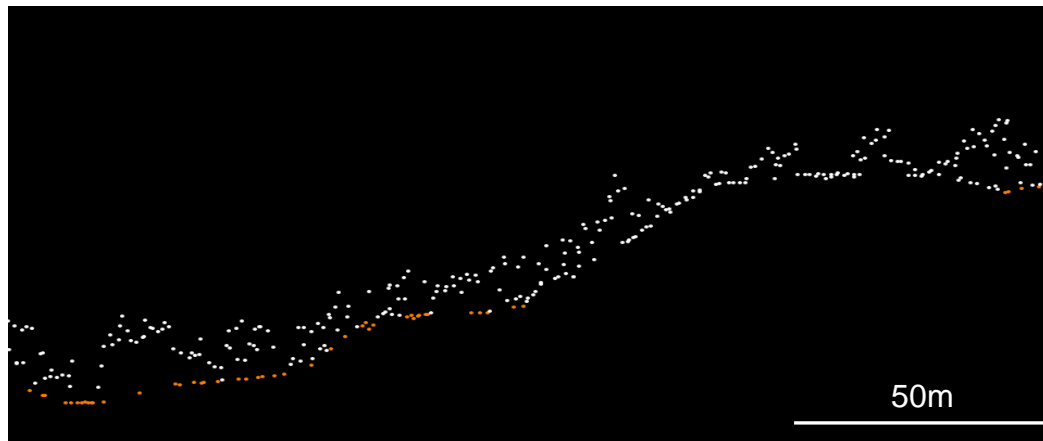
Figur 9: Den här typen av terräng med branter och blockmark kan vara bristfälligt redovisad. Laserpunkter på branterna kan vara oklassificerade och branterna blir därmed något utslätade i terrängmodellen. Foto: Stig Lövborg.



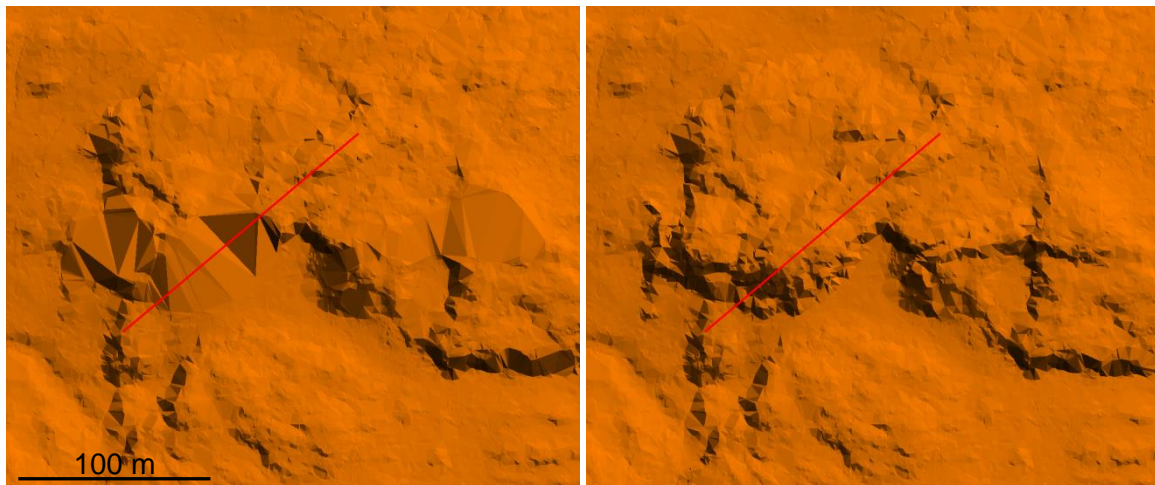
Figur 10: Bergvägg vid väg som inte har blivit klassad till mark, sannolikt p.g.a. den branta vinkeln. Profilen är dragen enligt det röda strecket i bilden nedan.



Figur 11: Bergvägg intill väg i markpunktskiktet visat med terrängskuggning. Före och efter rättning av klassningen.



Figur 12: Ytterligare ett exempel på en kulle som inte klassats till mark. Profilen är dragen vid det röda strecket i bilden nedan.

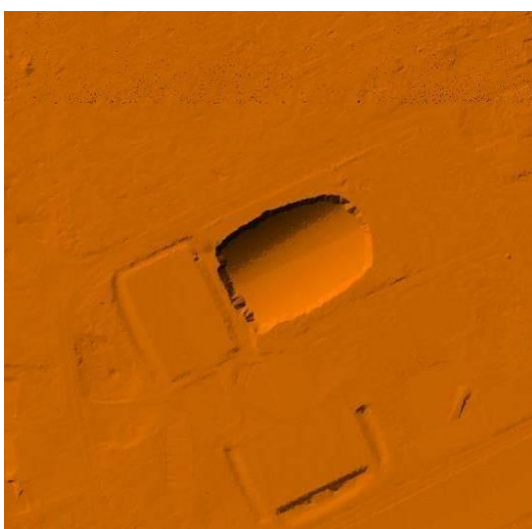


Figur 13: Terrängskuggad bild över kullen i föregående bild. Till vänster är hur terrängmodellen ser ut efter den automatiska klassningen. Bilden till höger visar hur kullen egentligen ser ut, d v s efter omklassning.

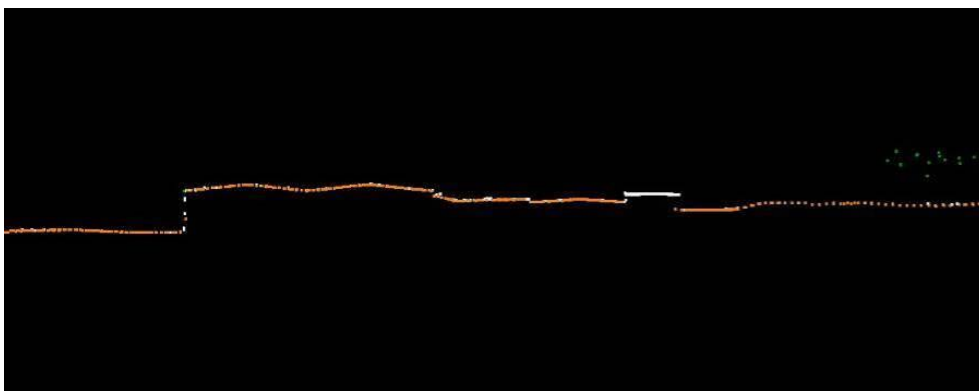
Byggnader

Byggnader kan bli felaktigt markklassade om de täcker en stor yta eller om de har en mjuk anslutning till markytan (se Figur 14-Figur 15). För att undvika detta används byggnadsytor från GGD för att välja bort punkter på stora byggnader innan markklassningen. Övriga byggnader hanteras i de flesta fall korrekt och de fel som ändå uppstår åtgärdas efter markklassningen med halvautomatiska metoder.

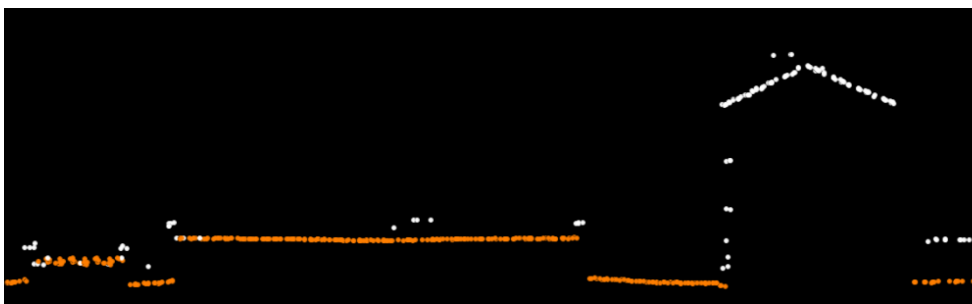
Inom tätbebyggda områden kan t.ex. upphöjda innergårdar och parkeringshus med låga platta tak bli klassade som mark. Det kan vara svårt, både med automatiska och manuella metoder, att avgöra vad som faktiskt är mark och var marknivån egentligen ska gå (se Figur 16).



Figur 14: Göransson Arena, Sandviken, var nybyggd och fanns inte med i GGD. Byggnaden var inte heller tillräckligt kantig för att uppfattas som byggnad vid den automatiska klassningen och blev därmed klassad som mark. Den här typen av fel dyker oftast upp i kvalitetskontrollerna och rättas av operatörerna. Bilden visar laserdata med terrängskuggning.



Figur 15: Annat exempel på en byggnad som inte ingått i byggnadspolygonerna från GGD och som vid den automatiska klassningen inte har uppfattats som byggnad.



Figur 16: Taket på ett parkeringshus har klassats som mark. Frågan är dock var marken ska gå.

Lågpunkter

Lågpunkter uppstår vanligtvis på grund av reflexer i speglade ytor, vilket gör att de är vanligast intill byggnader. Men lågpunkter kan också uppstå på grund av tillfälliga fel i laserskannerns längdmätning.

4.3. Lägesnoggrannhet

4.3.1. ABSOLUT NOGGRANNHET

För att säkerställa sömlösa höjddata med hög noggrannhet görs en inpassning av laserpunktmolnet på kända punkter i plan och höjd. Om en signifikant avvikelse hittas korrigeras punktmolnet för denna. Noggrannheten i både plan och höjd verifieras sedan mot kända kontrollpunkter.

Noggrannheten i plan hos enskilda laserpunkter är normalt många gånger sämre än i höjd. I någorlunda plan terräng är detta inget problem men i starkt sluttande terräng inverkar detta på noggrannheten i höjd som försämras i takt med att lutningen ökar.

4.3.2. RELATIV NOGGRANNHET

För att minimera interna motsättningar görs en stråkutjämning där positionen för alla stråk inom ett skanningsområde justeras tills de bäst matchar varandra. Trots detta kan mindre motsättningar kvarstå och kan vara synliga på väldefinierade ytor inom zonen där stråken överlappar varandra. Om stråken är skannade vid olika tidpunkter kan även exempelvis skillnader i vattenstånd orsaka motsättningar.

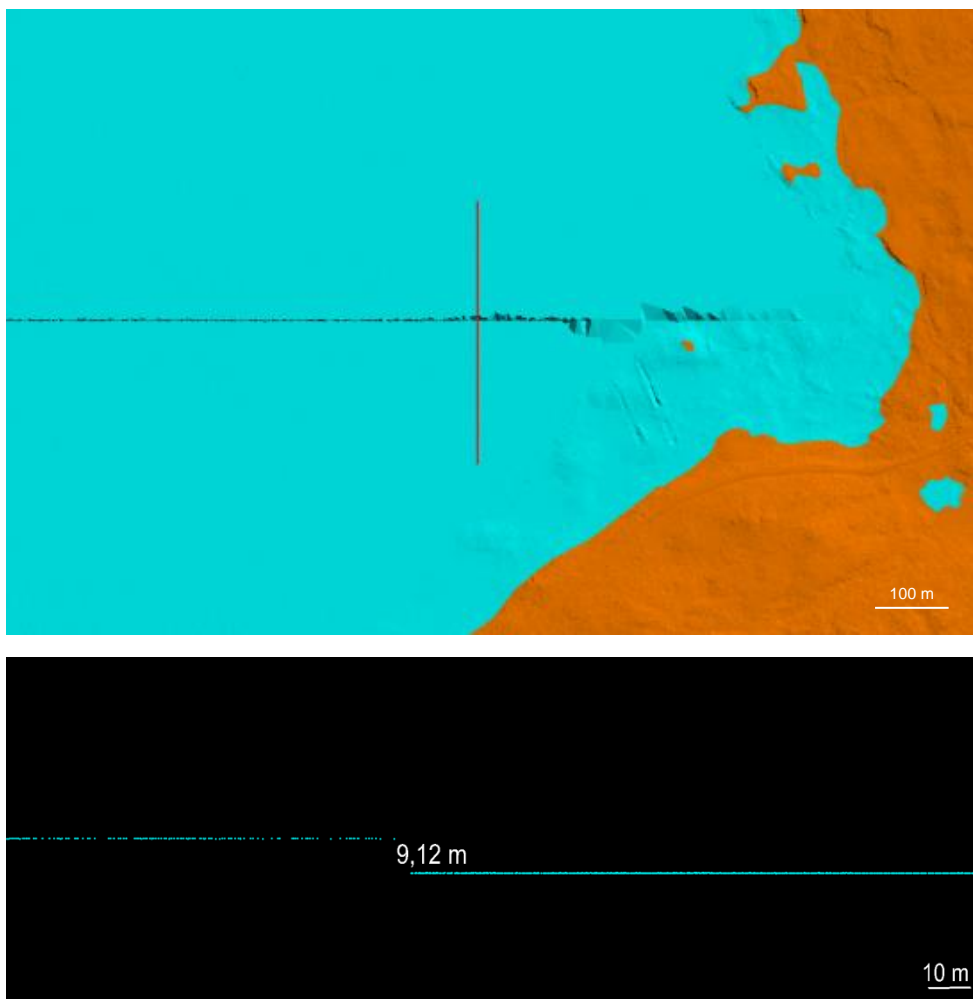
5. Övrigt som påverkar kvaliteten

5.1. Skannat vid flera tillfällen/vid olika årstider

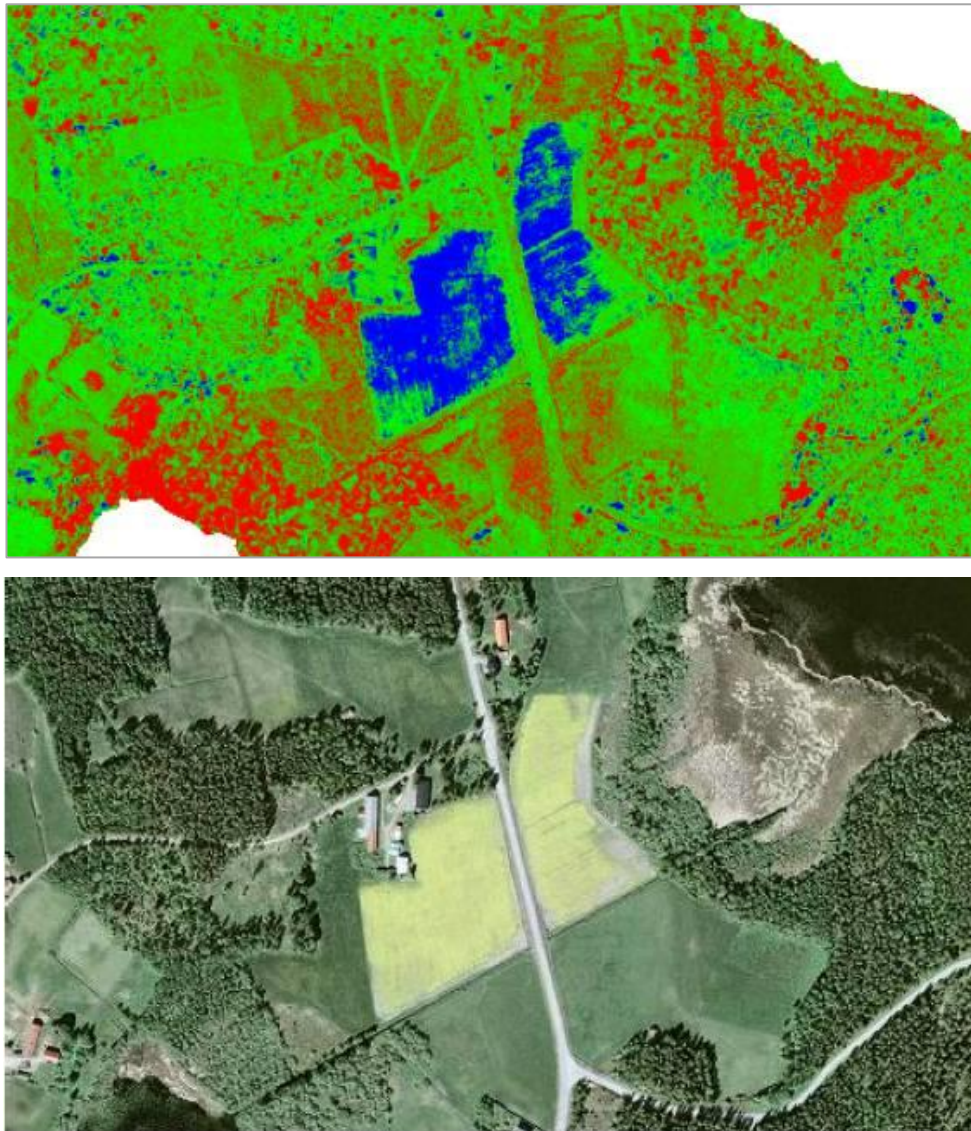
Ett helt skanningsområde kan sällan slutföras vid ett enda tillfälle. Om tiden mellan de olika skanningstillfällena är lång kan t.ex. vegetation och vattenstånd ha förändrats mellan olika skanningsstråk. Det innebär att intilliggande områden kan se olika ut i data trots att det i verkligheten är ett homogent landskap. Det kan också vara mänsklig påverkan som gör att landskapet skiljer sig från en tid till en annan t ex vid byggandet av en väg.

Om laserdata har samlats in vid olika tillfällen kan vattenståndet ha förändrats och trappstegseffekter uppstå (se Figur 17).

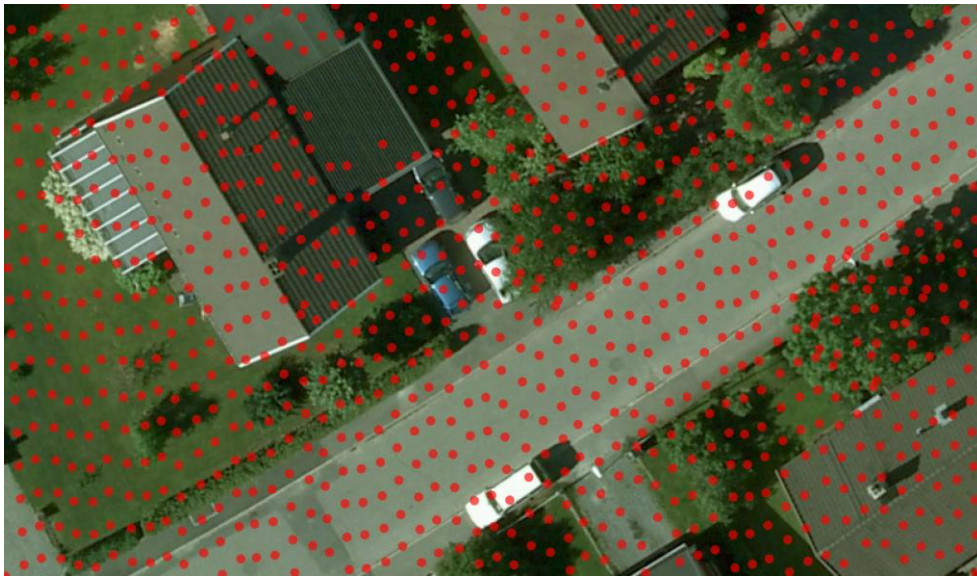
Det är alltså viktigt att kontrollera i metadata för det aktuella området om det har skannats i flera sessioner och under långa tidsintervall. Om så är fallet gäller det att vara särskilt uppmärksam på att skillnader i bland annat vegetationen och vattenstånd mellan skanningstillfällena kan ha påverkat resultatet (se Figur 18).



Figur 17: Horisontellt genom översta bilden går en gräns mellan två skanningsområden som har skannats vid olika tillfällen. Vid den dragna profilen syns nivåskillnaden på vattnet i laserpunktmolnet vilket resulterar i trappsteg i terrängmodellen.



Figur 18: Överst detalj ur differensbild mellan två skanningar utförda vid olika årtider. Nederst ett ortofoto över samma terrängavsnitt. Uppe till höger ett område med vass, i mitten åkermark, och nere till vänster vass och annan låg vegetation. Differensbilden är grön vid 0 m skillnad och blir helt röd respektive blå vid ± 0.4 m skillnad i höjd.



Figur 19: Ett exempel på hur glest laserträffarna (samtliga ekon) hamnar och den verkliga träffytan. På bilden syns också ett exempel på att punkter saknas över ett tak.

5.2. Olika typer av skannersystem

Skanningen genomförs med flera typer av skannersystem som har vissa karakteristiska skillnader som man bör vara uppmärksam på. Det som skiljer är bl.a. att de olika skannrarna använder olika skalor för registrering av intensitet samt att de har olika skanningsmönster. Vissa skannrar använder två separata laserkanaler, vilket ger dubblad punkttäthet.

För många tillämpningar saknar dess skillnader praktisk betydelse, eftersom den geometriska noggrannheten är likartad för samtliga använda system. Den största skillnaden ligger snarare i punkttätheten, som direkt påverkar vilka detaljer som syns i punktmolnet.

De flesta system lagrar diskreta punkter i realtid medan vissa lagrar hela vågformen som sedan bearbetas till diskreta punkter.

I metadata framgår vilket system som har använts för aktuell skanning.

6. Förändringsförteckning

Version	Datum	Orsak samt ändring mot tidigare version
1.1	2019-10-01	Ny punktklass för Laserdata Skog Uppdaterad fakta om skanningen för Laserdata NH då en ny skanner börjat användas för 2019 års skanning.
1.0	2019-05-28	Första version Dokumentet är gemensamt för alla produktvarianter som baseras på Lantmäteriets laserdata. Informationen har tidigare ingått i dokumentet "Kvalitetsbeskrivning nationella höjdmodellen"