

- Standarder geografisk informasjon

Produksjon av basis geodata

Versjon 1.0



Kartverket

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	<i>Orientering og introduksjon</i>	7
1.1	Historikk og status	7
1.2	Bruk av krav i standarden	7
2	<i>Omfang</i>	7
3	<i>Normative referanser</i>	8
4	<i>Termer og forkortelser</i>	9
4.1	Kilder for termer og forkortelser	9
4.2	Termer	10
4.3	Forkortelser	18
5	<i>Kartlegging med geodetiske metoder</i>	20
5.1	Innledning	20
5.2	Målemetoder	20
5.2.1	Satellittbaserte metoder (GNSS)	20
5.2.1.1	Sanntidsmåling	20
5.2.1.2	Transformasjoner	21
5.2.2	Bruk av totalstasjon	22
5.3	Måleinstrumenter	23
5.4	Kvalitetskrav til innmålte kartobjekter	24
5.5	Beregning	24
5.6	Egenkontroll og rapportering (geodetisk kartlegging)	24
6	<i>Kartlegging med fotogrammetri</i>	26
6.1	Fly- og signalplanlegging	26
6.1.1	Planlegging av flyfotografering (flyplan)	26
6.1.2	Planlegging av kjentpunkt og signalering (signaleringsplan)	27
6.1.2.1	Krav til kjentpunkter	28
6.1.2.2	Krav til antall og plassering av kjentpunkter	29
6.1.3	Krav til innhold og presentasjon av fly- og signalplanen	30
6.2	Signalering	30
6.2.1	Lovhjemmel for markarbeider – Matrikkellova	30
6.2.2	Utføring av signalering	31
6.2.3	Egenkontroll og rapportering (signaleringsrapport)	33
6.3	Flyfotografering	34
6.3.1	Krav til kamera, kalibrering og kontroll	34
6.3.1.1	Krav til kamera	35
6.3.1.2	Krav til GNSS/INS	36
6.3.2	Gjennomføring av fotografering	37
6.3.2.1	Krav til fotograferingen	37
6.3.2.2	Krav til innsamling av GNSS/IMU data	39
6.3.3	Beregning av GNSS/INS data	41
6.3.4	Fremstilling av bilder	42
6.3.5	Egenkontroll og rapportering (fotorapport)	43

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

6.4	Aerotriangulering	47
6.4.1	Krav til målearbeidet	47
6.4.2	Krav til beregningsarbeidet	50
6.4.3	Egenkontroll og rapportering (AT-rapport)	52
6.5	Kartkonstruksjon	55
6.5.1	Forberedelse	55
6.5.2	Konstruksjon	55
6.5.3	Ferdigstilling	56
6.5.4	Egenkontroll og rapportering (konstruksjon)	57
6.6	Bildematching for høydemodellering	59
6.7	Ortofotoproduksjon	60
6.7.1	Grunnlag	60
6.7.1.1	Signalering, flyfotografering og aerotriangulering	60
6.7.1.2	Høydemodell	60
6.7.2	Ortofoto-typer	60
6.7.2.1	Sant ortofoto (true orthophoto)	60
6.7.2.2	Enkelt ortofoto (rektifiserte bilder)	60
6.7.3	Ortofoto-oppløsning	61
6.7.4	Fremstilling av ortofoto	61
6.7.5	Ortofoto mosaikk	61
6.7.6	Egenkontroll og rapportering (ortofotorapport)	61
7	Kartlegging med flybåren laserskanning	63
7.1	Introduksjon	63
7.1.1	Virkemåte	63
7.1.1.1	Laserskanner	63
7.1.1.2	Posisjons- og rotasjonssystem	63
7.1.1.3	Stabilisert plattform	64
7.1.2	Produkter og bruksområder	64
7.1.3	Forventet nøyaktighet	64
7.2	Gjennomføring av laserskanning	65
7.2.1	Kalibrering av laserskanneren	65
7.2.1.1	Leverandørkalibrering	65
7.2.1.2	Installasjonskalibrering	65
7.2.1.3	Daglig kalibrering	66
7.2.2	Planlegging av laserskanning	66
7.2.2.1	Flyplan	66
7.2.2.2	Tverrstriper	67
7.2.2.3	Kontrollflater	69
7.2.2.4	Kontrollprofiler	72
7.2.3	Utføring av datainnsamling	73
7.3	Prosessering av georeferert punktsky	74
7.3.1	Prosessering av GNSS/INS data	74
7.3.2	Matching av punktsky	74
7.3.2.1	Dokumentasjon på daglig kalibrering	74
7.3.2.2	Stripejustering	75
7.3.3	Kontroll av punktsky, systematiske avvik	76
7.3.3.1	Kontroll av høydenøyaktighet	76
7.3.3.2	Kontroll av grunnrissnøyaktighet	78
7.3.4	Dokumentasjon av Homogenitet	79

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

7.4	Bearbeiding av laserdata (klassifisering)	80
7.4.1	Grovfeilsøk	80
7.4.2	Klassifisering av terrengmodell	80
7.4.3	Klassifisering av andre objekter	80
7.5	Egenkontroll og rapportering (laserskanning)	81
8	Konvertering av analoge kart til digitale vektordata	83
8.1	Generelt	83
8.2	Manuell digitalisering	83
8.2.1	Innpassing	83
8.2.2	Tildeling av objekttype	83
8.2.3	Registreringsmetode	83
8.2.4	Topologi	84
8.3	Automatisk digitalisering	84
8.3.1	Skanneoppløsning	84
8.3.2	Kalibrering av skanner	84
8.3.3	Innpassing/transformasjoner	84
8.3.4	Vektorisering	84
8.3.4.1	Topologi	84
8.3.4.2	Klipping mot kartkant	85
8.3.4.3	Punkttetthet	85
8.3.4.4	Gap	85
8.3.5	Mønster-/symbolgjenkjenning	85
8.4	Kvalitetskoding	85
9	Arkivering og sikring	86
9.1	Generelle bestemmelser	86
9.1.1	Arkivering	86
9.1.2	Sikring	86
9.1.3	Historisk lagring	86
9.1.4	Sikkerhetsgradert materiale	87
9.2	Originalt materiale	87
9.2.1	Film og digitale opptak	87
9.2.2	Kartmateriale og geodata	87
9.2.3	Måledata og beregninger	87
Vedlegg A.	(informativt) Solhøydetabell	88
Vedlegg B.	(informativt) – Valg av bildeoppløsning (GSD)	90
Vedlegg C.	Eksempel fly- og signaleringsplaner	91
C.1	Eksempel fly- og signaleringsplan (foto)	92
C.2	Eksempel flyplan laserskanning	93

Liste over figurer

Figur 1 Innsyn rundt signalet	32
Figur 2 Innsyn mot sør.....	32
Figur 3 Ulike signaltyper	32
Figur 4 Minimum vinkel på tverrstriper.....	68
Figur 5 Enkeltstriper i kjede.....	68
Figur 6 Kontrollflate – punkttetthet < 3 pkt/m ²	69
Figur 7 Kontrollflate – punkttetthet ≥ 3 pkt/m ²	69
Figur 8 Kontrollflaters gyldighetsområde.....	71
Figur 9 Sammenslåing av polygoner til en skanneblokk	72
Figur 10 Eksempel på dokumentasjon av utført daglig kalibrering	74
Figur 11 Eksempel på dokumentasjon av utført stripejustering.....	75
Figur 12 Eksempel på dokumentasjon per kontrollflate	77
Figur 13 Eksempel på samlet oversikt over statistikk fra kontrollflatene.....	77
Figur 14 Eksempel på samlet oversikt over målte avvik i grunnriss.....	78
Figur 15 Eksempel på plott over beregnede høydeavvik mellom flystriper	79

Liste over tabeller

Tabell 1 Satellittbaserte metoder for kartlegging.....	20
Tabell 2 Maksimalavstander ved bruk av totalstasjon.....	23
Tabell 3 Rapport for geodetisk kartlegging.....	25
Tabell 4 Krav til flyplanlegging.....	27
Tabell 5 Eksempler på nøyaktighetskrav for innmåling av kjentpunkt.....	28
Tabell 6 Krav til signaleringsarbeidet.....	31
Tabell 7 Krav til signalstørrelser.....	32
Tabell 8 Signaleringsrapport.....	33
Tabell 9 Krav til digitale kamera	35
Tabell 10 Krav til digitale kamera.....	38
Tabell 11 Krav til rapportering av fotografering	46
Tabell 12 Eksempler på nøyaktighetskrav (standardavvik)	52
Tabell 13 Krav til rapportering av aerotriangulering.....	54
Tabell 14 Krav til kontroll av logisk konsistens.....	57
Tabell 15 Krav til rapportering av konstruksjonsarbeider.....	59
Tabell 16 Krav til rapportering av ortofoto.....	62
Tabell 17 Krav til kontrollflatenes form og størrelse	69
Tabell 18 Krav til rapportering av konstruksjonsarbeider.....	82
Tabell 19 Solhøydetabell, solvinkel gitt i grader.....	89
Tabell 20 Eksempler på sammenheng mellom FKB-standard og GSD	90
Tabell 21 Eksempler på vanskeligheter ved tolking av objekter i bildene fra ulike flyhøyder.....	90

Standarder Geografisk Informasjon Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Liste over krav

Krav 1 Sanntidsmåling	21
Krav 2 Innmåling med totalstasjon	23
Krav 3 Rapportering – Geodetisk kartlegging	24
Krav 4 Flyplanlegging	26
Krav 5 Kjempunkt -nøyaktighet	28
Krav 6 Kjempunkt – antall og plassering	29
Krav 7 Fly- og signaleringsplan	30
Krav 8 Signalering	31
Krav 9 Rapport - Signalering	33
Krav 10 Digitale kamera	35
Krav 11 GNSS/INS system	36
Krav 12 Fotografering	37
Krav 13 Innsamling GNSS/IMU	39
Krav 14 dGNSS	40
Krav 15 PPP (Precise Point Positioning)	40
Krav 16 Beregning GNSS/INS	41
Krav 17 Fremstilling av bilder	42
Krav 18 Rapportering – Flyfotografering	43
Krav 19 Måling av sammenbindingspunkt	47
Krav 20 Måling av kjempunkter	49
Krav 21 Observasjonsvektning, parametere og ukjente	50
Krav 22 AT beregninger og resultat	51
Krav 23 Rapportering – Aerotriangulering	52
Krav 24 Konstruksjon	55
Krav 25 Logisk konsistens	57
Krav 26 Rapportering – Konstruksjon	57
Krav 27 Rapportering – Ortofoto	61
Krav 28 Leverandørkalibrering	65
Krav 29 Installasjonskalibrering	65
Krav 30 Daglig kalibrering	66
Krav 31 Flyplan laserskanning	66
Krav 32 Opplysninger om skanneparametre	67
Krav 33 Tverrstriper	67
Krav 34 Kontrollflater – antall og plassering	70
Krav 35 Kontrollflater – form og størrelse	70
Krav 36 Kontrollflater – nøyaktighet	71
Krav 37 Kontrollprofiler – antall og plassering	72
Krav 38 Kontrollprofiler – form og størrelse	73
Krav 39 Kontrollprofiler – nøyaktighet	73
Krav 40 Utføring av laserskanning	73
Krav 41 Dokumentasjon på daglig kalibrering	74
Krav 42 Dokumentasjon på stripejustering	75
Krav 43 Dokumentasjon på høydekontroll	76
Krav 44 Dokumentasjon på grunnrisskontroll	78
Krav 45 Dokumentasjon på kontroll av punktsky	79
Krav 46 Klassifisering	80
Krav 47 Rapportering - Laserskanning	81

1 Orientering og introduksjon

1.1 Historikk og status

Denne standarden er utarbeidet med bakgrunn i den tidligere standarden Kart og Geodata (2008). Innholdet er begrenset til å omfatte aktuell teknologi for produksjon av basis geodata og det er innført nye krav til dokumentasjon og rapportering. Det er spesielt kapitlene om flyfotografering, aerotriangulering og laserskanning hvor det er gjort omfattende endringer.

Versjon	Dato	Utført av	Grunnlag for endringen
1.0	Mars 2015	Bjørn Barstad (Terratec), Leif Erik Blankenberg (Terratec), Gunhild Mæhlum (Blom Geomatics), Ivar Oveland (Blom Geomatics), Christian Malmquist (Kartverket), Håkon Dåsnes (Kartverket)	Revisjon av standarden Kart og geodata

Aktuell ansvarlig:
 Statens kartverk
 Standardiseringssekreteriatet
 Kartverksvn. 21, 3507 Hønefoss

Tlf 08700
standardiseringssekretariatet@kartverket.no

1.2 Bruk av krav i standarden

Produksjon av basis geodata setter krav til produksjonsprosessene, dokumentasjon og rapportering. For å gjøre det lettere å identifisere kravene er disse uthevet og nummerert. Liste over krav finnes i innholdsfortegnelsen.

2 Omfang

Hensikten med standarden Produksjon av basis geodata er å bidra til høy kvalitet på basis geodata ved å

- beskrive metoder for produksjon av basis geodata og stille krav til trinn i produksjonsprosessen
- beskrive hvilken kvalitet som kan forventes ved ulike produksjonsmetoder og -prosesser
- beskrive hvordan produksjon av basis geodata skal dokumenteres

Standarden spesifiserer generelle kvalitetskrav for produksjon og dokumentasjon av basis geodata på land. Beskrevne datafangstmetoder er geodetiske metoder (landmåling), fotogrammetri og laserskanning.

Kvalitetskravene til produktene finnes i produktspesifikasjonene for det enkelte produkt, f. eks Produktspesifikasjon FKB. Hvordan produktene skal kontrolleres er beskrevet i standarden Geodatakvalitet (2015).

Standarden kan nyttes som referansedokument ved inngåelse av avtaler om produksjon av basis geodata. I det enkelte prosjekt kan det avtales avvikene krav fra denne standarden, disse vil da være gjeldende for prosjektet.

3 Normative referanser

Geodatakvalitet:2015

4 Termer og forkortelser

4.1 Kilder for termer og forkortelser

Termer og forkortelser som er definert utenfor denne standarden er basert på følgende kilder:

[FKB]	SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase (FKB)
[G]	Geodatakvalitet
[GN]	Grunnlagsnett
[LASER]	Produktspesifikasjon Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser)
[POF]	Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge
[SAT]	Satellittbasert posisjonsbestemmelse
[SOSI]	SOSI-Standarden
[STYR]	Styrende dokument Utvikling av Standarder Geografisk informasjon (2013)
[T]	Geomatikkordbok (geomatikkordbok.kartverket.no) (Tidligere "Termer for geografisk informasjon")

4.2 Termer

aerotriangulering

metode for bestemmelse av flybilders ytre orientering vha. måling av punkter som knytter bilder og flystriper sammen

Merknad: I tillegg til sammenbindingspunkter inngår kjentpunkter og GNSS/INS-data som observasjoner i en samlet utjevningsberegning (blokkutjevning). I tillegg til sammenbindingspunktene og ytre orienteringselementene kan også andre ukjente defineres og løses ut i utjevningen.

affin transformasjon

koordinattransformasjon som ikke bevarer vinkelstørrelser uendret [T]

Merknad: I motsetning til konform transformasjon kan hver koordinatakse ved affin transformasjon ha individuell målestokk og rotasjon. Affin transformasjon kan utføres som lineær eller utvidet (ikke-lineær) transformasjon. I fotogrammetri benyttes affin transformasjon bl.a. ved korleksjon av bildekoordinater.

ajourføring

korrigerer av innholdet i geodataene slik at de fremstiller de faktiske forhold på et gitt tidspunkt, etter de retningslinjer som gjelder for innhold og kvalitet

Merknad:

1. Det er en selvfølge at "konsekvensrettelser" også blir utført. F.eks. når det bygges et nytt hus, blir ofte gjerder, arealbruksgrenser og veger omkring huset forandret. Ajourføring innebærer at alle disse forandringene blir gjort i de aktuelle databaser.
2. Oppgradering til nyere og bedre standard defineres som noe annet enn ajourføring, selv om det kan gjøres på samme måte som periodisk ajourføring.

avvik

forskjell fra sann verdi, fra det man antar er den sanne verdi, eller forskjellen mellom to målte verdier for samme størrelse [G]

Merknad:

1. Innen standardisering defineres vanligvis avvik som mangel på oppfyllelse av et krav [NS-ISO 9000:2005, 3.6.2]. F.eks. vil det som ved kartkontroll blir kalt grov feil være avvik i NS-ISO 8402s ordbruk.
2. Avvik er vanlig. Som oftest er de små og skyldes de vanlige målevariasjonene. Men et lite antall av dem kan være store, og noen kan utgjøre grove feil som bør grovfeil-/avviksbehandles.
3. Se definisjonen av grov feil, sant avvik, standardavvik, systematisk avvik, tilfeldig avvik og tilfeldig variasjon.
4. Det man antar er den sanne verdi, er svært ofte den utjevnete verdi.

bakkeoppløsning (for digitale kamera/sensorer)

geometrisk utstrekning av et bildeelementene (pikslene) i terrengmålestokk [POF]

Merknad: Se også *GSD*.

basis geodata

geodata som alle må ha for å presentere et forståelig kart

Merknad: Se også *geodata*.

Eksempel: Høyder, kyst, vann, veg og bygninger.

bildeblokk

samling av flybilder i striper som er forbundet med hverandre og dermed utgjør en felles enhet hvor ukjente størrelser knyttet til bildene og stripene kan bestemmes i en felles aerotriangulering/blokkutjevning

Merknad: Et flyfotograferingsprosjekt kan ha flere delområder og dermed flere bildeblokker. Et flyfotograferingsområde kan ev. deles opp i flere bildeblokker.

bildeelement

Merknad: Se *piksel*.

bore sight

bore sight parametre beskriver den romlige relasjonen mellom referanseramme for kartleggingssensor (LiDAR eller Kamera) og bevegelsessensor (IMU)

Merknad: Parametrene består av vinkler (delta omega, delta phi, delta kappa) og vektor (delta X, delta Y, delta Z).

deformasjon

feilaktig form på et objekt eller en punktgruppe [G]

Merknad: I utjevningsregningen brukt om mulige gjenværende grove feils virkning på utjevningresultatet (koordinater, høydeforskjeller, retninger, avstander, vinkler eller målestokker). Bestemmes gjerne i forbindelse med pålitelighetsanalyse i tilslutning til beregningene. Se også ytre pålitelighet.

digital høydemodell (DHM)

en digital representasjon av høydeverdier som varierer over en flate [LASER]

Merknad: En DHM er en samling av et stort antall høydepunkter på en flate. Punktene kan være organisert som et regelmessig rutenett eller i et uregelmessig mønster som beskriver flatens knekklinjer. Den siste metoden vil normalt gi den beste beskrivelsen av flaten. Alternativ engelsk betegnelse er «Digital Elevation Model (DEM)».

digital overflatemodell (DOM)

en DHM som beskriver en nærmere spesifisert flate [LASER]

Merknad: Eksempel på DOM kan være vegetasjon, takflater og lignende. Alternativ engelsk betegnelse er «Digital Surface Model (DSM)».

digital terrengmodell (DTM)

en DHM som beskriver terrengoverflaten [LASER]

digitalt stereoinstrument

stereoinstrument hvor det brukes digitale bilder og hvor de analytiske beregningene og kartkonstruksjonen skjer i instrumentets datamaskin

Merknad:

Engelsk: Digital Photogrammetric Workstation, DPW.

Norsk: Digital Fotogrammetrisk Arbeidsstasjon, DFA.

dual beam

skannermekanisme der laserinstrumentet samtidig sender ut to laserkjegler som er uavhengige av hverandre

Merknad: To laserkjegler skapes enten ved å splitte en energikilde (split beam LiDAR) eller ved å benytte to uavhengige energikilder (dual channel LiDAR).

Standarder Geografisk Informasjon Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

egenskap

navngitt kjennetegn eller karakteristikk av et objekt [G]

Merknad: Egenskap defineres ved navn (f.eks. "bygge-år"), datatype (f.eks. årstall) og verdiområde (f.eks. "Kristi fødsel - dags dato"). Egenskapsverdi er verdien til egenskapen for det aktuelle objektet, f.eks. 1998. Egenskapsdata kalles noen ganger for attributtdata.

Eksempel: Form, materiale, farge, høyde, størrelse, juridiske forhold, bruk, beskaffenhet, konsistens, økonomisk verdi osv.

fastmerke

varig merket punkt, markert med bolt eller annen egnet permanent markering, der plane koordinater og/eller høyde er bestemt, eller planlagt bestemt i et geodetisk referansesystem [GN]

Merknad: Fastmerke tjener hovedsakelig som grunnlag ved kartlegging og oppmåling.

feil

Merknad: Se *grov feil* og *avvik*.

flybåren laserskanning

måling av avstand mellom en laser, i fly eller helikopter, og terreng, vegetasjon og andre objekter

Merknad: Flybåren laserskanning kalles også laseraltimetri.

flykamera

kamera som er spesielt bygd for fotografering fra fly [T]

Merknad: Denne standarden omfatter kun bruk av digitale flykamera.

fotavtrykk

laserkjeglens størrelse på bakken

fotogrammetrisk signal

vanligvis kvadratiske eller korsformede hvite eller gule flater som før flyfotografering plasseres på detaljer i terrenget for å gjøre dem synlige i bildene [T]

Merknad: Til vanlig kalt bare "signal".

fullstendighet

beskrivelse av hvilke enheter som er med i et datasett i forhold til de som burde vært med [G]

Merknad: Brukes først og fremst ved sammenligning med "virkeligheten"/fasit. Ved sammenligning med krav i en informasjonsmodell brukes fortrinnsvis kvalitetsmål under Logisk konsistens. Fullstendighet karakteriseres ved kvalitetsmålene andel manglende enheter og andel overskytende enheter.

geodata

stedfestet informasjon [G]

geodetisk landsnett

overordnet nasjonalt nett av fastmerker som utgjør en fortetting av Stamnettets ned til ca. 5 km punktavstand i bebygde områder [GN]

Merknad: I dagligtale benyttes betegnelsen "Landsnettets". Landsnettets er Statens kartverks ansvar, og det danner basis for grunnlagsnett av lavere orden (detaljnett) som kommunen har ansvar for.

geodetisk stamnett

overordnet nasjonalt nett av fastmerker etablert av Statens kartverk i forbindelse med overgang til EUREF89 [GN]

Merknad: I dagligtale brukes *betegnelsen "Stamnettet"*. *Stamnettet* avløser det tidligere 1. ordens trekantnettet. Nettet har sidelengder på ca. 20 km i bebygde strøk. Statens kartverk er ansvarlig for Stamnettet.

georeferere

stedfeste ved koordinater i et kjent geodetisk referansesystem [T]

Merknad: Begrepet benyttes vanligvis i forbindelse med stedfesting av rasterdata.

Eksempel: Et flybilde er georeferert når dets ytre orienteringselementer er kjente.

grid

punkter organisert i et regelmessig rutenett med fast maskevidde [T]

Merknad: Se også *TIN*.

grov feil

feil som er vesentlig større enn de tilfeldige avvikene [G]

Merknad: For målbare størrelser antas ofte grov feil som avvik større enn 3 ganger standardavviket.

grunnlagsnett

fastmerker systematisk bundet sammen på grunnlag av observerte vektorer, høydeforskjeller, vinkler, avstander og tyngdekraft [T]

Merknad: Fastmerkene utgjør grunnlag for innmåling av nye fastmerker, innmåling av objekter, plassering og påvisning.

GSD (Ground Sample Distance)

geometrisk utstrekning av et bildeelementene (pikslene) i terrengmålestokk

Merknad: Se også *bakkeoppløsning*.

indre pålitelighet

hvor godt observasjonene i et system gjensidig kontrollerer hverandre, dvs. hvordan en grov feil i en observasjon gjenspeiles i den tilhørende utjevningsskorreksjon [T]

Merknad: *Pålitelighet* bestemmes i egne pålitelighetsanalyser.

kamerakalibrering

bestemmelse av en eller flere av parameterne kamerakonstant, beliggenhet til symmetrihovedpunkt, objektivets oppløsningsevne, grad av planhet til bildeplanet og objektivfortegningens virkning i bildeplanet ved den bestemte verdi for kamerakonstanten

kikkertsikker høyde

minimumsavstand mellom laserinstrument og person som ser direkte mot laserinstrumentet i kikkert

kjentpunkt

punkt som inngår i en aerotriangulering og er stedfestet med geodetiske målemetoder

konform transformasjon

overføring av et punktsystem fra et koordinatsystem til et annet med origoforflytning (translasjon), dreining(er) og målestokkendring (lik i alle akseretninger) [T]

Merknad: Konform transformasjon kjennetegnes ved at vinkelstørrelser (formen) beholdes uendret.

krav

grenseverdi satt i en produktspesifikasjon, ytelsen til et datasett skal være bedre enn kravet [G]

kvalitet

i hvilken grad en samling av iboende egenskaper oppfyller krav [NS-EN ISO 9000]

Merknad: Engelsk original: degree to which a set of inherent characteristics fulfils requirements

landsnett

Merknad: Se *geodetisk landsnett*.

laserskudd

LiDAR instrumentet avfyrrer hurtige skudd, eller pulser, med lysenergi mot jordoverflaten. En enkelt puls refereres til som et laserskudd.

laserkjegle

laserlysets tredimensjonale avtrykk mellom laserinstrument og bakken. Kjegleformet grunnet divergens.

multipath

Retning på laserpulsene endres av refleksjon mot objekter i signalbanen. Multipath fører til feilaktig registrering av bakkeretur.

nøyaktighet

mål for en verdis nærhet til sin sanne verdi eller til det man antar er den sanne verdi [G]

oppdragsgiver

kontraktspart som skal ha utført det geodataarbeid som kontrakten omfatter [T]

oppdragstaker

kontraktspart som har påtatt seg utførelsen av det geodataarbeid som kontrakten omfatter [T]

oppgradering

forbedring av den datatekniske kvaliteten av eksisterende data

ortofoto

georeferert fly- eller satellittbilde i ortogonalprojeksjon

Merknad: Ortofotoet har samme geometriske egenskaper som et kart og er knyttet til et kartkoordinatsystem. Objekter (f.eks. hus, stolper, trær, broer) som ikke er modellert i høydemodellen, vil ha avvikende projeksjon. Det kan også lages ortofoto av f.eks. en fasade fotografert med terrestrisk kamera.

passpunkt

punkt som kommer skarpt og veldefinert til syne i bildene, med kjente terrengkoordinater som brukes for orientering (innpassing) av bilder og stereomodeller til terreng

Merknad: Som passpunkt kan brukes grunnlagspunkt, punkt innmålt fra grunnlagspunkt eller punkt bestemt ved aerotriangulering.

piksel

et digitalt bildes minste enhet med en definert geometrisk utstrekning og intensitetsverdi

posisjon

sted angitt ved hjelp av koordinater i et geodetisk referansesystem [G]

primærdatasett

et definert geodatasett som består av de mest detaljerte og nøyaktige data innen et definert område, har en viss utbredelse og jevnlig blir produsert og/eller ajourholdt [T]

punktnøyaktighet

nøyaktigheten til stedfestingen for punkter [G]

Merknad: Punktnøyaktighet beregnes som kvadratroten av summen av kvadratene til punktets koordinatnøyaktigheter.
Punktnøyaktighet angis absolutt i forhold til en gitt geodetisk referanseramme eller relativt i forhold til andre stedfestede objekter.

Eksempel:

"Punktstandardavvik", "punktstandardavvik i horisontalplanet" $s_p = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$ og "sant punktavvik".

pålitelighet

Merknad: Se *indre pålitelighet* og *ytre pålitelighet*.

rektifisering

metode for transformasjon av et fotografisk bilde (sentralprojeksjon) av et objekt, til en ortogonalprojeksjon av objektet på et bestemt plan

resampling

metode for å bestemme gråtonen/fargen til et piksel etter en rektifisering

sammenbindingspunkt

punkt i fellesområdet mellom bilder som brukes ved aerotriangulering til å binde sammen bilder, modeller og striper

Merknad: Punktet får sine terrengkoordinater bestemt ved aerotriangulering og kan brukes som passpunkt senere. Engelsk: Tie point.

sant avvik

differanse mellom målt/beregnet verdi og sann verdi [G]

Merknad: Sann verdi vil ofte være ukjent, men den brukes i utjevningsregningen som en teoretisk størrelse. Ved kontroller blir den vanligvis erstattet med en verdi som er målt/beregnet med vesentlig høyere nøyaktighet enn den verdien som skal kontrolleres.

sanntidsmåling

kode- eller fasemåling der beregninger skjer samtidig med at man måler [SAT]

signal

Merknad: Se *fotogrammetrisk signal*.

skanneblokk

sammenhengende området dekket i en laserskanning

skanning

sveipeprosess for konvertering fra analog til digital representasjon av bilder, kart og andre dokumenter

skanneråpning

åpningsvinkel for LiDAR skanner

Merknad: skanneråpning = FOV (Field of View) = 2 x åpningsvinkel fra nadir

stamnett

Merknad: Se *geodetisk stamnett*.

standardavvik

statistisk størrelse som angir spredningen for en gruppe måle- eller beregningsverdier i forhold til deres sanne eller estimerte verdier [G]

Merknad: Internasjonalt benyttes også begrepet RMSE. Ved høy overbestemmelse (mange målinger) vil RMSE og standardavvik være sammenfallende, forutsatt at ev. systematisk avvik er avspaltet.

systematisk avvik

avvik som er regelmessig med hensyn til fortegn og størrelse [G]

Merknad: Systematisk avvik beregnes ofte som gjennomsnittlig avvik

tilfeldig avvik

avvik som følger tilfeldighetens lov, slik at en ikke kan forutsi det enkelte avvik verken med hensyn til fortegn eller størrelse [G]

Merknad: Ofte er disse avvikene normalfordelt eller tilnærmet normalfordelt, men andre fordelinger kan forekomme.

tilfeldig variasjon

variasjonen eller spredningen for en gruppe måle- eller beregningsverdier i forhold til deres sanne eller estimerte verdier [G]

Merknad: Ordet "tilfeldig" i definisjonen markerer at det forutsettes at hver enkel forskjell mellom en måle- eller beregningsverdi og størrelsens sanne verdi eller middelvei er et tilfeldig avvik. Et tallmessig uttrykk for tilfeldig variasjon er standardavvik.

TIN

digital høydemodell hvor punktene er organisert som hjørnene i trekant

Merknad:

Fra engelsk: Triangulated Irregular Network.

Trekantene kan ha ulik form og størrelse, og utgjør dermed et uregelmessig nettverk. Se også *grid*.

topologi

beskrivelse av den romlige sammenhengen mellom geografiske objekter [G]

Merknad: Topologi er de av objektenes egenskaper som overlever det som er kalt "kontinuerlige transformasjoner" (også kalt "rubber sheet"-transformasjoner). Alle tallverdier (lengder, areal, retninger) kan bli forandret, mens f.eks. naboskapsforhold vil være uendret.

ytre pålitelighet

virksomheten på de ukjente i utjevningen av mulige gjenværende grove feil i observasjonene [T]

Merknad: Pålitelighet bestemmes i egne pålitelighetsanalyser. Beregnet ytre pålitelighet kalles ofte deformasjon.

4.3 Forkortelser**AT**

Aerotriangulering

CPOS

CentimeterPOSisjonering

dGNSS

Differensiell Global Navigation Satellite System

FKB

Felles KartdataBase [FKB]

FLS

Flybåren LaserSkanning

GNSS

Global Navigation Satellite System

GSD

Ground Sample Distance

IMU

Inertial Measurement Unit

INS

Inertial Navigation System

ISO

International Organization for Standardization. Organisasjonen som utgir internasjonale standarder

LIDAR

LIght Detection And Ranging. Betegner et prinsipp for avstandsmålingen

NN1954

Normal null av 1954

NN2000

Normal null av 2000

NS-EN ISO

Betegnelse på standard som er utviklet internasjonalt (ISO) og som deretter har blitt fastsatt som europeiske standard (CEN), eller den kan være utviklet parallelt i CEN og ISO, for deretter igjen å bli fastsatt som Norsk Standard (NS).

NS-ISO

Betegnelse på standard som er utviklet internasjonalt (ISO), og som Norge har valgt å fastsette som Norsk Standard (NS).

PDOP

Position Dilution of Precision

PPP

Precise Point Positioning

RTK

Real Time Kinematic

SOSI

Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon - et system for standardisert beskrivelse av digitale geodata

UTM

Universal Transverse Mercator

WGS84

World Geodetic System 1984

5 Kartlegging med geodetiske metoder

5.1 Innledning

Geodetiske metoder benyttes til kartlegging ved høye krav til nøyaktighet eller når forholdene ellers gjør det naturlig, f.eks. ved mindre ajourføringer eller ved måling i områder som ikke kan kartlegges fotogrammetrisk pga. dårlig innsyn.

Innmåling av eiendomsgrenser (matrikkelenhetsgrenser) og ledninger behandles ikke i denne standarden. I stedet vises det til standardene "Stedfesting av matrikkelenhets- og råderettsgrenser", "Norm for ledningskart" og "Norm for VA-ledningskartverk".

Standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" gir anbefalinger om hvordan posisjonsbestemmelse med satellitter bør utføres i kart- og oppmålingsarbeider.

5.2 Målemetoder

Geodetisk kartlegging foregår enten med satellittbaserte metoder eller ved bruk av totalstasjon.

5.2.1 Satellittbaserte metoder (GNSS)

Satellittbasert måling baseres på ulike typer utstyr og satellittsystemer (GPS og GLONASS). Målingene kan utføres som sanntidsmåling eller med posisjonsberegning i ettertid. Sanntidsmåling vil være mest aktuelt. Nøyaktighet, oppgitt som punktstandardavvik, grunnriss (S_p) og standardavvik i høyde (S_h), ved aktuelle målemetoder er vist i tabell 1.

Metode	Oppnåelig nøyaktighet		Aktuell områdetype
	S_p (m)	S_h (m)	
Differensiell fasemåling	0,005-0,100	0,01-0,20	1, 2, 3 og 4
Differensiell kodemåling	0,3-1	0,5-3	3 og 4
Absolutt kodemåling	2-5	3-15	4

Tabell 1 Satellittbaserte metoder for kartlegging

I de aktuelle områdetypene forutsettes det at man måler med en nøyaktighet i den bedre delen av det angitte intervallet. Områdetypene i tabell 1 er hentet fra Produktspesifikasjon FKB.

Denne standarden omhandler differensielle satellittbaserte metoder. Andre metoder kan benyttes i den grad det kan dokumenteres at kvalitetskravene tilfredsstilles.

5.2.1.1 Sanntidsmåling

Den mest aktuelle metoden for posisjonsbestemmelse i sanntid er RTK. I RTK overføres korreksjonsdata til satellittmottakeren (roveren) fra en referansestasjon i et kjent punkt. En variant av RTK er nettverks-RTK hvor korreksjonsdataene kommer fra en virtuell referansestasjon, beregnet fra et nett av faste stasjoner og overføres til satellittmottakeren fra et sentralt kontrollcenter. Både private firma og Statens kartverk tilbyr sanntidstjenester basert på nettverks-RTK.

Krav 1 Sanntidsmåling	<ul style="list-style-type: none"> • For kontroll skal minimum ett fastmerke (kontrollpunkt) registreres før og etter innmåling. • Under målingen skal en også oppsøke andre fastmerker. Dersom det ikke finnes lett tilgjengelige fastmerker, kan en kontrollere mot tidligere bestemte objekttyper av god kvalitet og som er godt definert, f.eks. kummer. Avvikene skal ikke overstige 1/3 av kravet til stedfestingsnøyaktighet for de mest nøyaktige objekttypene som skal innmåles. Avvikene skal dokumenteres. • Ved bytte av referansestasjon, skal minst en godt definert objekttype fra forrige oppstilling innmåles på nytt for kontroll. Avvikene skal dokumenteres.
------------------------------	---

Referansestasjon bør plasseres i nærmeste fastmerke med pålitelig kvalitet. I inhomogene nett bør en sørge for at referansen passer sammen med de øvrige fastmerkene i kartleggingsområdet. Dersom det ikke finnes aktuelle fastmerker må oppdragsgiver kontaktes.

Når det gjelder den praktiske gjennomføringen av målearbeidene og kravene til disse, vises det til standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse".

5.2.1.2 Transformasjoner

Ved differensielle satellittbaserte metoder fremkommer ellipsoidiske høydeforskjeller. Ønskes høyder i NN1954/NN2000 eller et lokalt vertikalt datum, må høydeforskjellene korrigeres. Dette kan gjøres på flere måter:

- Korrigerte høydeforskjeller kan utledes fra transformasjonspunkt der både ellipsoidisk og ortometrisk høyde (NN1954/NN2000) er kjent, og der referansestasjonen er et av transformasjonspunktene.
- Korrigerte høydeforskjeller kan utledes fra en eksisterende høydereferansemodell (se standarden "Norges offisielle høydesystem og referansenivåer").

Hvor vidt korrigeringen kan gjøres i sanntid, avhenger av instrumentutrustningen med tilhørende programvare.

Dersom kartdataene leveres i et lokalt datum, står vi overfor nye utfordringer som setter ytterligere krav til utførelsen. De må da transformeres fra EUREF89, enten i sanntid eller i ettertid. Dette kan skje på ulike måter som beskrevet i standardene "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" og "Koordinatbaserte referansesystemer":

- ved bruk av gitte transformasjonsparametere
- ved bruk av en offisiell transformasjon (en fylkes- eller kommuneformel)
- ved å beregne nye transformasjonsparametere

Den siste metoden krever transformasjonspunkter; punkter som har kjente koordinater i begge datum. Antall transformasjonspunkter er avhengig av størrelsen på området. Fem punkter godt fordelt i området er et minimum. Benyttet transformasjon skal dokumenteres. Ved beregning av nye transformasjonsparametere skal transformasjonspunktene måles inn med minimum to "uavhengige" vektorer, f.eks. til to ulike tidspunkter eller fra to ulike referansestasjoner.

Ved beregning av ny transformasjon skal det i tillegg dokumenteres:

- grovfeil-søk av observasjonene til fellespunktene
- hvilke transformasjonsparametere som er brukt
- restavvik i transformasjonspunktene

Overstiger restfeilene i transformasjonspunktene 1/3 av kravene til de mest nøyaktige objekttypene som skal innmåles, må oppdragsgiver kontaktes.

Avgjørende for et godt resultat med transformasjon er hvorvidt transformasjonsformelen er representativ for hele kartleggingsområdet – ikke bare i transformasjonspunktene. Det må derfor utføres kontroll mot andre fastmerker som måtte finnes i kartleggingsområdet. Særlig viktig er fastmerker som er benyttet til innmåling av andre objekttyper, f.eks. polygonpunkt som er benyttet til innmåling av eiendomsgrenser (matrikkelenhetsgrenser).

For transformasjonsformelens gyldighetsområde har vi følgende retningslinjer:

- Det skal som hovedregel kun gjøres målinger innenfor omrisset av transformasjonspunktene.
- Innenfor omrisset av transformasjonspunktene skal det, hvis mulig, ikke kartlegges mer enn 1 km fra et transformasjonspunkt eller annet kontrollert fastmerke (kontrollpunkt).
- Utenfor omrisset av transformasjonspunktene kan det kartlegges opptil 1 km forutsatt at kravene i de foregående kulepunktene er tilfredsstillt.
- Avvikene skal dokumenteres og må ikke overskride 1/3 av kravene til de mest nøyaktige objekttypene. Ved overskridelse må oppdragsgiver kontaktes.
- Finnes ingen fastmerker, må oppdragsgiver kontaktes.

5.2.2 Bruk av totalstasjon

Stasjonspunkter kan være et fastmerke eller et punkt som bestemmes med kontroll, f.eks. ved fri oppstilling. Ved fri oppstilling skal en måle retning, avstand og vertikalvinkel mot minimum to fastmerker.

Stasjonspunkter og orienteringspunkter skal fortrinnsvis være fastmerker i Stamnettet, Landsnettet eller det kommunale nettet (gjelder for kommuner), eller være punkter innmålt fra slike fastmerker. Slike punkter dokumenteres ved beregning av ytre pålitelighet i programvare som håndterer dette. Påliteligheten må tilfredsstillende de krav som stilles i standarden Grunnlagsnett for den aktuelle områdetypen.

Krav 2 Innmåling med totalstasjon	<p>For å sikre seg så godt som mulig mot grove feil må det settes krav til innmålingen av objekttyper:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det skal leses av mot samme orienteringspunkt først og sist i oppstillingen. • Det skal om mulig benyttes minst to orienteringssikt i hver oppstilling. • Ved ny oppstilling skal minst en godt definert objekttype fra forrige oppstilling innmåles på nytt for kontroll. • Ved fri oppstilling skal standardavviket på bestemmelsen av oppstillingspunktet ikke overstige 1/3 av kravene til de mest nøyaktige objekttypene som skal innmåles. • Innmåling av objekttyper skal bare unntaksvis gjøres med større avstander enn i tabell 2. Avstandene må ikke i noe tilfelle overstige avstanden til orienteringspunktene. Refraksjonsforholdene kan være avgjørende for høydenøyaktigheten. I noen tilfeller vil det innebære at avstandene må være kortere.
--	--

Innmåling av kartobjekter ved bruk av totalstasjon kan utføres i en kikkertstilling dersom instrumentleverandørens anbefalte kalibreringsprosedyrer av instrumentet er foretatt. Utførte kalibreringer skal dokumenteres.

Områdetype	Maksimalavstand
1	300 m
2	500 m
3	1000 m
4	2000 m

Tabell 2 Maksimalavstander ved bruk av totalstasjon

5.3 Måleinstrumenter

Oppdragstaker er ansvarlig for å bruke instrumenter, materiell og måleopplegg som gir tilfredsstillende resultater i forhold til oppgavene.

Aktuelle dokumenter:

- Standarden Grunnlagsnett, kapittel 7 Kontroll og kalibrering av måleutstyr.
- Standarden Retningslinjer for kontroll og kalibrering av elektrooptiske avstandsmålere.
- Standarden Satellittbasert posisjonsbestemmelse.

Oppdragstakeren skal i sin rapport dokumentere at instrumentene som blir brukt, minst har den nøyaktigheten som kreves for å tilfredsstillende kravene til sluttproduktet. En slik dokumentasjon gis for hvert benyttet instrument. Fabrikkermerke, type og serienummer oppgis. Det vises til Instrument-levnetsoversikten i Tillegg B i standarden «Grunnlagsnett».

5.4 Kvalitetskrav til innmålte kartobjekter

Hovedregelen er at innmålingen gjøres slik at gjeldende krav til innhold, struktur og kvalitet for den aktuelle produktspesifikasjonen, blir overholdt. I tillegg vises det til standarden «Plassering og beliggenhetskontroll».

Produktspesifikasjon FKB tar utgangspunkt i fotogrammetriske metoder. Dersom måleopplegg, instrumenter og utførelse er av god kvalitet, vil kvaliteten på de geodetisk bestemte kartdataene være langt bedre enn kravene i Produktspesifikasjon FKB.

For spesielle prosjekter kan andre krav være aktuelle. Ved særskilt høye krav til nøyaktighet for kartdataene kan kravene ofte være av størrelsesorden 1–3 cm i grunnriss og høyde. Dette gjelder f.eks. ved innmåling av prosjekteringsdata til enkelte veganlegg.

5.5 Beregning

Oppdragstaker er ansvarlig for at valg av måleopplegg, programvare og beregningsopplegg gir god nok nøyaktighet og pålitelighet i forhold til kravene.

Ved bruk av satellittstyr er beregning beskrevet i standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse".

5.6 Egenkontroll og rapportering (geodetisk kartlegging)

Det skal leveres en rapport for den geodetiske kartleggingen, med leveransene som vedlegg til rapporten. Generelt gjelder at alle resultat fra beregninger skal vurderes og kommenteres. Ev. problemer i prosjektet skal omtales spesielt. Rapporten er en del av leveransen og skal leveres samtidig med det produktet som rapporten omhandler.

Krav 3 Rapportering – Geodetisk kartlegging	Rapport for geodetisk kartlegging skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 3.
--	--

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Geodetisk kartlegging	Utførelse av målearbeidene	(navn, tidspunkt, beskrivelse av ev. vanskeligheter)
	Benyttet måleutstyr	(merke, type, nummer)
	Dokumentasjon	(kalibreringssertifikat,
	Geodetisk og vertikalt grunnlag	(geodetisk datum, vertikalt datum, ellipsoidisk /ortometrisk høyde, kartprojeksjon, akse/soner)
	Benyttede grunnlagspunkter	(navn, nummer, dokumentasjon av kvalitet)
	Målemetode og –prosedyre	Valgt målemetode og –prosedyre skal begrunnes
	HREF	Versjon av HREF benyttet under datafangst
	Innmålte objekttyper	Liste over alle objekttyper
	Produktspesifikasjon, objektkatalog og topologisk nivå	(versjon)
	Egenkontroll	Avvik ved kontrollmåling av objekter innmålt fra flere stasjoner, samt kontroll av tidligere kartlagte objekter
	Dataleveranse	Spesifikasjon av leveranseformat og ev. inndeling i filer
Vedlegg	Observasjoner	Sortert utlisting av observasjonene på digital form
	Beregninger	Beregningsresultater på digital form
	Transformasjon	Resultat av ev. grovfeil-søk, transformasjonsparametre og restfeil i transformasjonspunktene, avvik i kontrollpunktene skal dokumenteres
	Innmålte objekter	Innmålte objekter på avtalt vektorformat

Tabell 3 Rapport for geodetisk kartlegging

6 Kartlegging med fotogrammetri

Dette kapittelet angir krav og retningslinjer for følgende arbeider:

- Fremstilling av grunnlaget for fotogrammetrisk kartlegging; herunder fly- og signalplanlegging, kalibrering og vedlikehold av kamera og instrumenter, signalering, flyfotografering og aerotriangulering.
- Fremstilling av produkter vha. fotogrammetri; herunder kartkonstruksjon, bildematching for høydemodellering og ortofotoproduksjon.

Kapittelet avgrenses til å gjelde følgende:

- Bruk av digitalt vertikalbildekamera.
- Bruk av GNSS/INS-støttet fotografering.
- Bruk av digital fotogrammetrisk arbeidsstasjon / ren programvarebasert produktfremstilling.
- Fremstilling av produkter definert i FKB og POF.

6.1 Fly- og signalplanlegging

Dette avsnittet angir krav og retningslinjer til planlegging av flyfotografering, kjentpunkter for aerotriangulering og signalering av disse. Oppdragstaker skal utføre planleggingen og det skal utarbeides en kombinert fly- og signalplan.

6.1.1 Planlegging av flyfotografering (flyplan)

Krav 4 Flyplanlegging	Flyplanleggingen skal utføres slik det er beskrevet i tabell 4.
------------------------------	---

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Parameter	Krav
GSD	GSD bestemmes av oppdragsgiver og velges slik at kravene til fullstendighet og nøyaktighet blir oppfylt. Se tabell 9 i vedlegg B.
Flyhøyde	Flyhøyden skal velges slik at kravet til GSD oppfylles for hver enkelt flystripe. Dersom annet ikke avtales skal GSD refereres til midlere terrenghøyde i hver stripe. Det tillates et planlagt avvik i GSD på maks. + 10 %. Ev. avvik fra dette skal avtales.
Bildeblokk	Flystripene skal plasseres optimalt, slik at den resulterende bildeblokka får en mest mulig regulær form og flest mulig parallelt overlappende striper (for å sikre best mulig bildeorientering).
Innsyn og sammenbinding	Flystripene skal plasseres, og overdekningen skal ev. økes, slik at det sikres best mulig innsyn i alle områder og god bilde- og stripesammenbinding i områder med mye vann.
Stereodekning	Stereodekning utenfor avtalt prosjektområde skal utgjøre 50 % av avtalt side- og lengdeoverdekning. Kravet gjelder dekning av landområder. Det er ikke krav om en slik buffersone ut i vannområder. I tillegg skal det planlegges et ekstra bilde i hver stripe-ende (for å sikre kvaliteten i bildeorientering i prosjektets ytterkanter).
Sideoverdekning	Sideoverdekningen skal i gjennomsnitt ikke være mindre enn avtalt verdi. På høyeste punkt mellom stripene kan det planlegges ned til 5 % sideoverdekning. Lengre strekk med slik marginal sideoverdekning skal ikke forekomme.
Lengdeoverdekning	Lengdeoverdekningen skal være minimum avtalt verdi overalt i fotograferingsområdet.
Overlapp innad i bildeblokk	I bildeblokker med flere striperetninger skal striper med kryssende retning overlape hverandre med minimum en stripebredde.
Overlapp kjedede enkeltstriper	Kjedede enkeltstriper, dreid en vinkel i forhold til hverandre, skal overlape hverandre med minimum to stereomodeller i hver stripe.
Plassering kjedede enkeltstriper	For vegkartlegging eller annen stripekartlegging skal det tilstrebes at vegen blir sentrisk i stripene. Dette skal likevel ikke hindre en hensiktsmessig flyplan og kravene til bildeorientering skal ivaretas.

Tabell 4 Krav til flyplanlegging

For å sikre best mulig bildeorientering og redusere behovet for kjentpunkter, bør delområder i rimelig nærhet av hverandre forbindes ved at flystripene forlenges.

6.1.2 Planlegging av kjentpunkt og signalering (signaleringsplan)

Signaleringsplan utarbeides av oppdragstaker som en integrert del av flyfotoplanleggingen og kjentpunktene planlegges slik at plasseringen blir optimal mht. krav til antall, plassering og enkel adkomst. For krav til antall og plassering, se kapittel 6.1.2.2.

Signaleringen bør planlegges og utføres slik at fotograferingen kan starte opp så snart forholdene tillater det, eksempelvis ved at lavereliggende områder signaleres først.

6.1.2.1 Krav til kjentpunkter

Krav 5 Kjentpunkt -nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none"> • Alle kjentpunkter skal måles inn med geodetiske metoder og beregnes (utjevnes) med kontroll mot grove feil i alle trinn. • Kjentpunktene skal måles inn og bestemmes med et standardavvik maksimalt lik $\frac{1}{4}$ av det strengeste kravet til geodata i det aktuelle prosjektet. Se figur 5. • Naturlige kjentpunkter kan benyttes unntaksvis, f.eks. for å erstatte tapte signaler i kritiske posisjoner. I prosjekter med høye nøyaktighetskrav skal da et veldefinert punkt først velges i bildene og deretter måles inn i marka. I prosjekter med lavere nøyaktighetskrav kan eksisterende, antatt synlige geodetiske punkter (varder, fyrlykter, o.l. med tilfredsstillende oppgitt nøyaktighet) planlegges som <u>supplement</u> til de signalerte kjentpunktene for å oppnå bedre kontroll i utilgjengelige områder.
---------------------------------------	---

	Krav til geodata, svært veldefinert detalj (cm)		Krav til <u>markmåling</u> av kjentpunkter (cm)	
	S _p	S _h	s _p	S _h
FKB-A	15	15	4	4
FKB-B	20	20	5	5
FKB-C	40	40	10	10
FKB-D	200	200	50	50

Tabell 5 Eksempler på nøyaktighetskrav for innmåling av kjentpunkt

Det presiseres at tallene i tabell 5 kun er eksempler, og at kravene til geodata skal tas fra aktuell produktspesifikasjon. Det stilles krav til hhv. punktstandardavvik, grunnriss (S_p) og standardavvik i høyde (S_h).

For øvrige krav til innmåling vises det til standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse", og for krav til utførelse av signaleringen vises det til kapittel 6.2.

6.1.2.2 Krav til antall og plassering av kjentpunkter

Ved GNSS/INS-støttet fotografering kreves det i teorien kun et fåtall kjentpunkt for å kunne utføre AT. Kjentpunktene er kun nødvendige for å kunne bestemme systematiske avvik i de GNSS-bestemte projeksjonssentrene (datumstransformasjon), samt for å ha en minimumskontroll. I praksis trengs vesentlig flere punkt for å kunne:

- bestemme flere GNSS-skift pga. fotografering over flere dager
- dokumentere kvaliteten i bildeorienteringen tilstrekkelig/godt
- oppdage avvik i hele blokka

<p>Krav 6 Kjentpunkt – antall og plassering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Det skal være minimum ett fullbestemt kjentpunkt i hver flystripe. • Kravet over kan avvikes dersom blokka planlegges med tverrstriper, forutsatt at dette gir tilsvarende kontroll. I hver tverrstripe skal det minimum være ett fullbestemt kjentpunkt i hver ende og tverrstripene skal plasseres i blokkas ytterkanter. I tillegg skal det planlegges et antall kjentpunkter som sikrer tilstrekkelig kontroll og mulighet for dokumentasjon av nøyaktighet. • I en bildeblokk skal det være minimum 5 fullbestemte kjentpunkter. Kravet gjelder også for enkeltstriper og enkeltstriper i kjede. Avvik fra dette (f.eks. ved svært små blokker og ved mange spredte øyer) kan tillates dersom oppdragsgiver har åpnet for dette i teknisk spesifisering for oppdraget. I slike tilfeller skal det sørges for at korrekte GNSS-skift blir påført bildene. • I blokker som inneholder kjedede enkeltstriper skal det være minimum ett fullbestemt kjentpunkt i hvert overlapsområde mellom stripene, samt minimum ett i, eller nær, enden av hver kjede. • Kjentpunktene skal fordeles jevnt over hele bildeblokka og det skal påses at det finnes kjentpunkter nær blokkas ytterkanter. Det er dog ikke nødvendig å plassere kjentpunktene helt i ytterkant, dersom f.eks. adkomst gjør dette vanskelig.
--	--

6.1.3 Krav til innhold og presentasjon av fly- og signalplanen

<p>Krav 7 Fly- og signaleringsplan</p>	<p>Endelig fly- og signaleringsplan skal bestå av rapport i PDF-format, samt avgrensninger og kjentpunkt i avtalt vektorformat. Rapporten skal minimum inneholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kamerafabrikat- og type, samt kamerakonstant • GSD, samt flyhøyde over havnivå for hver stripe • lengde- og sideoverdekning i prosent • antall striper og bilder, samt totalt antall stripekilometer • omriss av bilde- eller stripedekning • planlagte kjentpunkter med navn og ulike farger el. som skiller nye og eksisterende punkter • estimert total effektiv flytid. Med effektiv flytid menes flytiden for å dekke prosjektområdet, (striper + svinger). Flytid til og fra prosjektområdet medregnes ikke. • prosjektgrense og topografisk bakgrunnskart • dato for godkjenning av planen og navnet på planleggeren
---	---

Eksempel på fly- og signaleringsplan finnes i vedlegg C1.

6.2 Signalering

Dette kapittelet angir krav og retningslinjer til signalering av kjentpunkter for aerotriangulering og ev. objekter som skal kartlegges og som er for små til å synes i flybildene. For innmåling av kjentpunkter henvises til krav i kapittel 6.1.2.1 og til standarden «Satellittbasert posisjonsbestemmelse».

6.2.1 Lovhjemmel for markarbeider – Matrikkellova

Tillatelse til utsetting av fastmerker og signaler og rydding for sikt ved offentlige kart- og oppmålingsarbeider er hjemlet i Matrikkellova, §41 *Rett til å utføre oppmålingsarbeid på offentlig og privat grunn.*

Bestemmelsene i §43 om plikt til varsling av grunneiere og brukere skal ivaretas: «*Før oppmålingsarbeid blir sett i verk, skal alle som arbeidet vedkjem, få varsel på ein etter forholda formålstendig måte. Departementet kan i forskrift gi nærare reglar om varsling.*».

Under målearbeider skal det utvises forsiktighet slik at arbeidet fører til minst mulig skade og ulempe for grunneier eller bruker.

Lovens § 49 gir strafferettslig beskyttelse for fastmerker og signaler oppsatt etter loven.

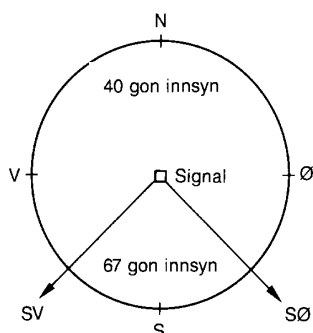
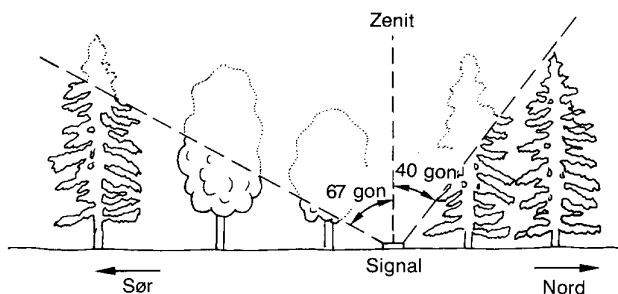
Plassering av fastmerker eller signal i eller på automatisk fredete kulturminner, eller innenfor et 5 m bredt belte regnet fra kulturminnets synlige ytterkant, er forbudt etter lov om kulturminner (Kulturminneloven §3).

6.2.2 Utføring av signalering

Krav 8 Signalering	Signaleringsarbeidet skal utføres slik det er beskrevet i tabell 6.
---------------------------	---

Parameter	Krav
Markering av nye kjentpunkt	Nye kjentpunkt skal markeres med bolt, spiker eller annen varig markering.
Plassering av signal	Signalet plasseres fortrinnsvis på flatt/plant underlag og skal som hovedregel males. Prefabrikkerte signalplater eller korssignal skal ha sentrumshull og skal plasseres og festes slik at de ikke kommer ut av posisjon/horisontering eller blir ødelagt før fotografering. Sentrisk plassering skal være innenfor 1/50 av signalets bredde.
Signalfarge	Signalfargen skal være matt hvit eller gul med matt svart kontrastfelt.
Signalform og -størrelse	Signalet skal ha en regulær og symmetrisk form. Størrelsen skal avpasses etter bildeoppløsning (GSD). Krav til størrelser på signaler er vist i tabell 4, mens tillatte signaltyper er vist i figur 5.
Kontrast	Det skal sørges for god kontrast rundt signalet. Kontrastfeltet skal være minst halvparten av signalbredden (til hver side av signalet). Frisk grønn vegetasjon som lyng og gras gir tilfredsstillende kontrast, det samme gjør fuktig åker og kjerr- og lyngmark. Fjell, stein, sand, grus, tørr åker, tørt gress, asfalt eller betong gir dårlig kontrast, og det skal da lages kunstig kontrast rundt signalet.
Bolthøyde	Høydeforskjellen mellom punktets høydereferanse og signalmidt skal alltid måles. Ved signalering av eksisterende punkter skal punktets høydereferanse observert i marka verifiseres mot den oppgitte og målt bolthøyde skal verifiseres mot oppgitt bolthøyde. Ved uoverensstemmelse eller dersom bolten er borte eller bøyd skal som hovedregel den oppgitte bolthøyden antas å være korrekt.
Innsyn	Signalet skal være synlig i alle bildene/stripene som er planlagt å dekke punktet (for å sikre at det er synlig også i bilder/stripes som ev. fotograferes på ulike datoer eller flysesjoner). Vegetasjon som kan hindre dette skal ryddes bort. Som tommelfingerregel kan benyttes at synslinjen fra et signal på marka til flyet skal gå på skrå med en vinkel på opptil 40 gon fra senit.
Skygge	Skygge på signalet skal unngås. De samlede retningslinjene til innsyn går fram av figur 1 og 2. Det skal være godt innsyn til signalet hele veien rundt. For å unngå skygge på signalet skal det være innsyn ned til 67 gon fra vertikalen i en sektor mot sør. Retningslinjene forutsetter fotografering i det mest vanlige tidsrommet på dagen.
Rydding av vegetasjon	Rydding av vegetasjon skal utføres med varsomhet. På privat grunn skal alltid grunneieren kontaktes før man går i gang med rydding.
Erstatningspunkt	Dersom planlagt posisjon blir funnet å være ubrukelig pga. innsyn, e.l. skal et nytt eller eksisterende punkt etableres så nær som mulig det opprinnelig planlagte.

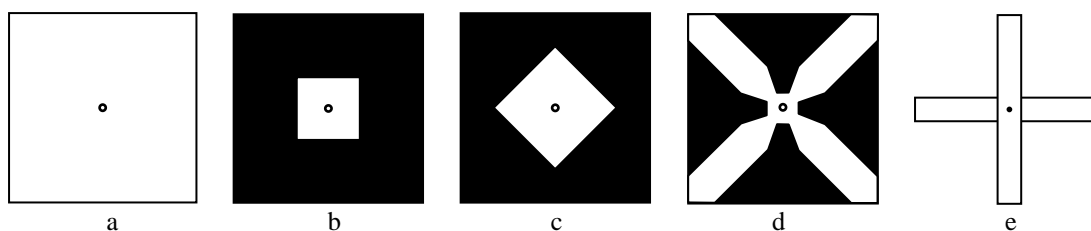
Tabell 6 Krav til signaleringsarbeidet


Figur 1 Innsyn rundt signalet

Figur 2 Innsyn mot sør

GSD	Kvadratiske signal		Korssignal	
	Str. (cm)	Type	Str. b/l (cm)	Type
5-8	30-40	a, b, c	12/50	d/e
10-12	40-60	a	20/80	d/e
20-25	60-80	a	30/120	d/e

Tabell 7 Krav til signalstørrelser

Type signal i tabell 7 refererer seg til figur 3, b/l angir henholdsvis bredde og lengde på vingene.


Figur 3 Ulike signaltyper

De ulike signaltypene i figur 3 kan beskrives som følger:

- Hvit plate. Kontrast lages på stedet.
- Plate med signal og kontrast.
- Plate med signal og kontrast.
- Plate med korssignal og kontrast.
- Korssignal. Kontrast lages på stedet.

Det presiseres at kravene til signalstørrelse referer seg til netto signal (ekskl. kontrast).

6.2.3 Egenkontroll og rapportering (signaleringsrapport)

Krav 9 Rapport - Signalering	Signaleringsrapporten skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 8. Som hovedregel skal det leveres en felles rapport for signalering og innmåling av kjentpunkter.
-------------------------------------	--

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Signaleringsarbeidet	Utførelse av signaleringsarbeidet	(navn, tidspunkt, beskrivelse av ev. vanskeligheter)
	Geodetisk og vertikalt grunnlag	(koordinatsystem i grunnriss og høyde)
	Benyttet signaltipe	(form, størrelse, farge)
	Bolthøyde	Beskrivelse av ev. avvik mellom observert og oppgitt bolthøyde og i tilfelle hvilken bolthøyde signalet er referert til, med begrunnelse.
	Rydding	Hva som er utført av rydding, med begrunnelse.
	Erstatningspunkt	Beskrivelse av ev. avvik fra plan mht. plassering og bruk av planlagte punkt, med begrunnelse.
	Egenkontroll	Resultat fra kontroll mot eksisterende grunnlagspunkt
Vedlegg	Signalerte punkt	Koordinatliste for signalerte punkt. Tekst-format med følgende kolonner: [PunkID] [N] [E] [H] [dH] (H = høyden midt i signalet, dH = punktets observerte/oppgitte høydereferanse minus H). Dersom felles rapport for signalering og landmåling ikke er mulig å fremstille, oppgis omtrentlige koordinater (innenfor 10 m) på signalene.
	Identifikasjon	Et nærbilde som viser signalets plassering relativt punktets høydereferanse, samt et oversiktsbilde.
	Oversikt	Rapport i PDF-format med endelig plassering av punkter, med navn. Topografisk kart, endelig flyplan og prosjektavgrensning som bakgrunn.
	Innmålte objekter	Innmålte objekter på avtalt vektorformat

Tabell 8 Signaleringsrapport

For krav til rapportering av innmålingsarbeidet vises til standarden «Satellittbasert posisjonsbestemmelse».

6.3 Flyfotografering

Dette avsnittet angir krav og retningslinjer til gjennomføring av fotograferingen, til fremstilling av GNSS/INS-data og bilder samt til egenkontroller og rapportering av arbeidene. For krav til leveranse av flyfoto vises det til Produktspesifikasjon Vertikalbilde.

6.3.1 Krav til kamera, kalibrering og kontroll

Storformat digitalkamera som benyttes til fotogrammetrisk arbeid kan deles inn i to hovedtyper. Rammekamera ("frame arrays") og linjesensorer ("pushbroom scannere").

Rammekameraene består av flere linser (5 eller 8). Opptakene fra disse linsene settes sammen til et stort bilde. Kameraene består av 1, 4 eller 9 CCD brikker for pankromatisk opptak (svart/hvitt) og 4 CCD brikker for multispektralt opptak (R, G, B og IR). Dette muliggjør samtidig fotografering for alle disse båndene.

Linjesensorkameraene består av en linse. Bildet blir generert ved hjelp av CCD linjesensorer som er orientert på tvers av flyretningen og som skanner terrenget kontinuerlig mens flyet beveger seg fremover. Det benyttes 3 eller flere linjesensorer for pankromatisk opptak (svart/hvitt) og 4 eller flere linjesensorer for multispektrale opptak (R, G, B og IR). Normalt leveres RGB fargebilder, men det er også mulig å fremstille fargekombinasjoner der den infrarøde kanalen er med. Leveransen spesifiseres i aktuell produktspesifikasjon.

I tillegg til storformatkameraene nevnt over finnes det mellomformatkameraer som kan benyttes i fly. Disse benyttes først og fremst til skråfoto og mindre ortofotoprojekt, men i spesielle tilfeller (der dette er avtalt med oppdragsgiver) kan det også være aktuelt å benytte disse til kartleggingsformål.

6.3.1.1 Krav til kamera

Oppdragstakeren for fotogrammetriske kart- og målearbeider er ansvarlig for at kameraet som benyttes er tilfredsstillende kalibrert, kontrollert og godkjent etter bestemmelsene i dette kapittelet.

Krav 10 Digitale kamera	Digitale kamera skal tilfredsstillende kravene gitt i tabell 9.
--------------------------------	---

Moment	Krav
Bildevandring	Rammekameraene skal ha digital eller mekanisk bildevandringskompensasjon (FMC) For linjesensorene er ikke dette påkrevet.
Kamerakalibrering	Kameraet skal være kalibrert i løpet av de siste 24 månedene og ev. etter flytting eller annen fysisk påkjenning som kan ha påvirket kameraets kalibrering. Det skal foreligge et kalibreringssertifikat fra denne kalibreringen.
Kalibrert kamerakonstant	Skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$
Bildevandring	Rammekameraene skal ha digital eller mekanisk bildevandringskompensasjon (FMC) For linjesensorene er ikke dette påkrevet.
Gyrostabilisert kameraramme	Kamera som skal brukes til kartleggingsformål og ortotopproduksjon skal være montert i en gyrostabilisert kameraramme (gyro-mount). Dette kravet gjelder dog ikke mellomformatkameraer som brukes sammen med laserskanningsinstrumenter eller som en del av et skråbilledesystem.
Bildevandring	Autokollimasjonshovedpunktet (PPA) skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$. PPA = Principal Point of Autocollimation.
Radiell fortegning	Radiell fortegning er normalt kompensert i leverte bildedata. Skal være bestemt med standardavvik $\leq 2 \mu\text{m}$
Levnetsdokumentasjon	For hvert kamerasystem skal det foreligge en levnetsdokumentasjon som skal inneholde alle vitale opplysninger om systemet: Anskaffelse, dokumentasjon av kontroller, justeringer, skader, reparasjoner, kalibreringer osv. Dokumentasjonen skal angi dato for kontrollen, hvem som har utført den og resultatene av kontrollen. Levnetsdokumentasjonen skal alltid være à jour, og den skal kunne fremlegges når som helst uten foregående varsel.

Tabell 9 Krav til digitale kamera

6.3.1.2 Krav til GNSS/INS

<p>Krav 11 GNSS/INS system</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ved bruk av INS for flybåren datafangst skal systemet som et minimum inkludere: <ul style="list-style-type: none"> ○ Treghetssensor (IMU) med tre akselerometer og tre gyroskop ○ Tofrekvent GNSS-mottaker av geodetisk kvalitet, med kalibrert(e) antenne(r) (fasesentereksentrisitet og fasesenter-variasjoner skal være kjent) • Eksentrisiteter mellom IMU, GNSS-antenne(r) og projeksjonssenter skal være kjent fra innmåling eller beregning: <ul style="list-style-type: none"> ○ Eksentrisitet mellom IMU og GNSS-antenne(r) skal være kjent med en nøyaktighet på 3 cm eller bedre (RMS). ○ Eksentrisitet mellom IMU og projeksjonssenter skal være kjent med en nøyaktighet på 3 mm eller bedre (RMS). ○ Dersom IMU, GNSS-antenne(r) og kamera kan bevege seg i forhold til hverandre, skal bevegelsene måles og logges, slik at eksentrisiteter kan påføres korrekt i INS-beregningen (aktuelt f.eks. hvis kameraet er stabilisert). • Utstyr og metode som velges skal kunne gi en kvalitet på resultatet som, sett i sammenheng med andre innsatsfaktorer, er tilstrekkelig for å oppfylle krav til sluttprodukt i de enkelte prosjekt. Det skal imidlertid ikke benyttes utstyr og metoder der forventet nøyaktighet på resultatet er dårligere enn 0.1 m i posisjon, 0.005° i phi/omega, og 0.008° i kappa (RMS). • Ved oppstarten av en ny fotosesong, skal det utføres en «boresight» kalibrering for å bestemme avviket i orientering mellom IMU og kamera. Til dette skal det utføres en egen fotografering med tilstrekkelig geometrisk styrke (stor sideoverdekning og alternerende og kryssende striperetninger) for sikker bestemmelse av kalibreringen. Kalibreringsverdiene skal bestemmes vha. aerotriangulering. Denne fotograferingen skal også tjene som en funksjonstest av kamerautstyret, og dataene skal brukes til å kontrollere at visuell kvalitet i bildene er som forventet. Dersom IMU'en har vært fjernet fra kameraet, eller dersom andre forhold tilsier at dette er nødvendig, skal ny «boresight» kalibrering utføres.
---------------------------------------	--

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

6.3.2 Gjennomføring av fotografering

6.3.2.1 Krav til fotograferingen

Krav 12 Fotografering	Flyfotograferingen skal gjennomføres iht. krav gitt i tabell 10.
------------------------------	--

Moment	Krav
Klarmelding	Dersom ikke annet er avtalt skal oppdragsgiver for fotograferingen gi skriftlig klarmelding om at fotografering kan starte. Klarmelding skal gis så tidlig som mulig, og for hvert ev. delområde. Klarmelding(e) skal bekreftes skriftlig av oppdragstaker.
Kameratype	Dersom ikke annet er avtalt skal fotograferingen utføres med geometrisk og radiometrisk kalibrert storformat digitalt kamera. Se kapittel 6.3.1.1 for krav til instrumenter, kalibrering og kontroll.
Eksponeeringskontroll	Kameraet skal ha eksponeeringskontroll og denne skal benyttes aktivt under fotografering for å unngå skadelig over- og undereksponeering, uskarpe bilder og tap av detaljer.
Fotograferingsperiode	Et prosjekt skal fotograferes over et kortest mulig tidsrom og det skal tilstrebtes at flystriper fotograferes mest mulig samlet. Ved fotografering over flere dager eller GNSS-sesjoner skal det sørges for at tilstrekkelig med kjentpunkter blir dekket slik at systematiske GNSS-skift kan bestemmes for hver dag/hver fotosesjon.
Fotograferingstidspunkt	Mengden av skygge i bildene skal forsøkes holdt så lavt som mulig ved at fotografering blir utført på en tid på dagen som er mest mulig gunstig mht. overflateforhold og topografi.
Fotograferingsavbrudd	Ved avbrudd i fotografering i en flystripe skal hele stripen som hovedregel fotograferes på ny. Unntakene er striper med lengde tilsvarende minimum 20 bilder ved 60 % lengdeoverdekning, eller der fortsettelse kan skje kort tid etter avbrudd og i samme fotosesjon. Dersom det ikke er mulig å fly om stripen før etter lengre tid skal oppdragstaker i samråd med oppdragsgiver vurdere hva som er til prosjektets beste mht. nøyaktighet og samlet visuell kvalitet i bildene.
Stripeskjøting	Dersom striper må skjøtes skal det fotograferes tilstrekkelig overlapp over bruddet slik at nøyaktighetstap unngås og slik at stereodekning over bruddet fra begge sider blir mulig.
Fotograferingsretning	Parallele nabostriper skal som hovedregel fotograferes i motsatt retning.
Solhøyde	Krav til min. solhøyde under fotografering: <ul style="list-style-type: none"> • I kartleggingsprosjekter: $\geq 25^\circ$ • I ortofotoprosjekter: $\geq 30^\circ$ I kombinerte prosjekter, eller ved andre krav enn de ovenfor nevnte, skal oppdragsgiver spesifisere min. tillatte solhøyde i kravspesifikasjonen.
Skyer og skyskygger	Krav til maks. innhold av skyer og skyskygger under fotografering: <ul style="list-style-type: none"> • I kartleggingsprosjekter: <ul style="list-style-type: none"> ○ Skyer: $\leq 5\%$ av prosjektområdet ○ Skyskygger: $\leq 10\%$ av prosjektområdet • I ortofotoprosjekter: <ul style="list-style-type: none"> ○ Skyer: 0% av prosjektområdet ○ Skyskygger: $\leq 3\%$ av prosjektområdet Mindre skyer kan godtas dersom det likevel er mulig å produsere et skyfritt ortofoto ved hjelp av det totale bildematerialet. I kartleggingsprosjekter aksepteres fotografering under slørskyer såfremt de ovenfor nevnte kravene holdes og at dette ikke medfører tap av detaljer, unaturlig fargetone eller lav kontrast i bildene.

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

	I kombinerte prosjekter, eller ved andre krav enn de ovenfor nevnte, skal oppdragsgiver spesifisere maks. tillatte andeler av skyer og skyskygge i kravspesifikasjonen.
Dis og røyk	Dis eller røyk som medfører tap av detaljer eller skarphet skal ikke forekomme. Unntak aksepteres i industriområder eller lignende hvor det er umulig å fotografere uten røyk.
Kamerarotasjoner	Kameraets tillatte rotasjoner under fotografering skal tilsvare: <ul style="list-style-type: none"> • Omega og Phi-rotasjon: <ul style="list-style-type: none"> ○ gjennomsnittlig avvik fra vertikal: $\leq 1.0^\circ$ ○ enkeltavvik fra vertikal: $\leq 3.0^\circ$ • Kappa-rotasjon: <ul style="list-style-type: none"> ○ gjennomsnittlig avvik fra flyretningen: $\leq 5.0^\circ$ ○ avvik mellom to påfølgende bilder: $\leq 5.0^\circ$
Bakkeoppløsning	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittlig GSD i prosjektområdet: Avtalt verdi • Maks. GSD i enkeltbilder: Avtalt verdi + 10 % <p>Krav til GSD kontrolleres indirekte som avvik fra planlagt/korrekt flyhøyde.</p>
Stereodekning	Stereodekning utenfor avtalt prosjektområde: $\geq 50\%$ av avtalt side- og lengdeoverdekning.
Sideoverdekning	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittlig sideoverdekning: \geq avtalt verdi • Min. sideoverdekning i enkeltbilder: $\geq 5\%$ (aksepteres kun lokalt på høyeste topp(er))
Lengdeoverdekning	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittlig lengdeoverdekning: avtalt verdi • Lengdeoverdekning i enkeltbilder: $\leq 5\%$ fra avtalt verdi (ved store lokale høydeforskjeller aksepteres en større overdekning i de lavereliggende områdene).
Logg	En detaljert logg skal føres under fotografering. Denne skal arkiveres sammen med øvrig dokumentasjon fra kamerasystemet og skal kunne fremlegges for oppdragsgiver på forespørsel. Loggen skal minimum inneholde: <ul style="list-style-type: none"> • Navn på sensoroperatør og pilot samt benyttet kamerasystem og fly • Dokumentasjon av utførte kontroller før, under og etter fotografering • Tidspunkt for start/stopp av kamerasystem og start/stopp av flystriper. Flyretning pr. stripe • Værforhold: Skyer, sikt, vind og ev. turbulens pr. flystripe • Eksponeringssettinger pr. flystripe og ev. enkeltbilder • Informasjon om ev. avbrudd i flystripe • Informasjon om ev. problemer med utstyr, værforhold, e.l. som kan forårsake redusert kvalitet i innsamlede data
Kontroll	Umiddelbart etter fotograferingen skal det utføres tilstrekkelig prosessering og kontroller som verifiserer at innsamlede data er egnet for den planlagte bruk. Oppdages avvik eller forhold som kan medføre behov for ny fotografering skal oppdragsgiver underrettes umiddelbart sammen med et forslag til plan for fullføring av oppdraget.

Tabell 10 Krav til digitale kamera

6.3.2.2 Krav til innsamling av GNSS/IMU data

Ved GNSS/INS-støttet flyfotografering kombineres data fra en IMU (Inertial Measurement Unit) med data fra en GNSS mottaker for å bestemme både posisjon og orientering på kameraet. Ulike beregningsmetoder kan benyttes for å komme fram til posisjon og rotasjon for hvert enkelt bilde.

Flygingen og fotograferingen legges opp med hensyn til valgt metode og tilgjengelig programvare for etterprosessering av GNSS- og IMU-dataene (dGNSS eller PPP, i kombinasjon med «tightly coupled» eller «loosely coupled» GNSS/INS integrasjon).

Ved «loosely coupled» GNSS/INS integrasjon utføres beregningen av GNSS dataene først, deretter integreres disse med IMU dataene (i et Kalmanfilter). Beregningen av GNSS dataene utføres som en differensiell beregning (dGNSS) eller som en PPP løsning.

Dersom det skal benyttes «loosely coupled» GNSS/INS integrasjon i beregningen, må det holdes kontinuerlig faselås til minimum 5 satellitter under hele fotograferingen.

Ved «tightly coupled» GNSS/INS integrasjon utføres en samtidig beregning av GNSS og IMU data (i et Kalmanfilter). GNSS beregningen utføres enten som en dGNSS løsning eller som en PPP løsning. Fordelen med denne metoden er at IMU dataene kan brukes til å reparere fasebrudd i GNSS dataene.

<p>Krav 13 Innsamling GNSS/IMU</p>	<ul style="list-style-type: none"> • GNSS-mottaker i flyet skal ha en målerate på 1 sekund eller hyppigere • Før flyging og fotografering skal det kontrolleres at man har en satellittkonstellasjon som gir en akseptabel geometri • PDOP skal maksimum være lik 6 under hele flygingen. • For å holde IMU-drift på et akseptabelt nivå skal det foretas IMU-initialisering, minimum som S-formede svinger, like før første og like etter siste stripe i en GNSS/flysesjon. • Dersom planlagte stripelengder overstiger 20 minutters flytid, skal det legges inn en IMU-initialisering midtveis i stripene (for å holde IMU-drift på et akseptabelt nivå).
---	--

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Metoden for GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av dGNSS er basert på at det benyttes differensierte observasjoner mellom en eller flere GNSS basestasjoner på bakken (evt. virtuelle basestasjoner) og GNSS mottakeren i flyet. Heltallsflertydighetene (til faseobservasjonene) kan enten løses uten ved en statisk initialisering før flyvningen starter eller ved at det benyttes en såkalt "on-the-fly"(OTF) initialisering (før selve fotograferingen starter).

Krav 14 dGNSS	<ul style="list-style-type: none"> • Ved bruk av statisk initialisering skal det foretas en ny initialisering etter landing (som kontroll). • Ved bruk av dGNSS beregning, skal det benyttes minst to referansemottakere på bakken. Dette skal være to-frekvente GNSS-mottakere, og måleraten skal fortrinnsvis samsvare med måleraten til mottakeren i flyet (1 sekund eller hyppigere). Alternativt kan det benyttes tilsvarende data fra en virtuell basestasjon (som er basert på data fra permanente GNSS basestasjoner). • Maksimal avstand mellom fly og referansemottakere på bakken må ikke være større enn at nøyaktighetskravet til de GNSS/INS-bestemte projeksjonssenterkoordinatene oppnås.
----------------------	--

Metoden for GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av PPP (Precise Point Positioning) er basert på en enkelt GNSS-mottaker i flyet, uten bruk av mottakere på bakken. Udifferensierte kode- og fase-målinger benyttes sammen med presise satellittbaner og satellittklokkekorreksjoner. Faseflertydighetene bestemmes som flyt-tall. Det forutsettes at ionosfærisk refraksjon elimineres vha. måling på to eller flere frekvenser, og at troposfærisk refraksjon estimeres sammen med de andre parameterne.

Det forutsettes videre at programvaren i all vesentlighet forholder seg til de modeller og konvensjoner som følger av å benytte de aktuelle bane- og klokkeprodukter.

Krav 15 PPP (Precise Point Positioning)	<ul style="list-style-type: none"> • Total måletid (på bakken og i lufta) må overstige tre timer for å sikre god konvergens i løsningen. Dette gjelder dersom kun GPS benyttes. Ved bruk av andre GNSS system i tillegg til GPS (f.eks. GLONASS), kan noe kortere måletid aksepteres. • I beregningen benyttes alle satellitter ned til 5 graders elevasjon, forutsatt en riktig vektning av disse i utjevningen. Satellittklokkekorreksjoner med oppløsning på 30 sekunder eller høyere er nødvendig for sub-dm posisjonsbestemmelse.
--	--

6.3.3 Beregning av GNSS/INS data

Ved beregning av GNSS/INS-dataene står oppdragstager fritt til å velge egnet beregningsstrategi, avhengig av hvordan datainnsamlingen har foregått og hvilken programvare som er tilgjengelig.

Beregningsarbeidet leder fram til en fil med ytreorienteringselementer for hvert bilde, i det koordinat- og høydesystem som er spesifisert av oppdragsgiver. Ytre orienteringsparameterne skal referere seg til kameraets projeksjonssenter.

<p>Krav 16 Beregning GNSS/INS</p>	<p>I beregningene skal det:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Korrigeres for eksentrisiteter mellom IMU, GNSS-antenne(r), og projeksjonssenter, også når disse ikke er konstante. • Korrigeres for GNSS-antennen(e)s fasesentereksentrisitet og fasesentervariasjoner. • Korrigeres for vinkelavvik mellom INS-koordinatsystem og kamerakoordinatsystem («boresight misalignment») <p>Fil med ytre orienteringsparametere skal <u>minimum</u> inneholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En header som inneholder informasjon om: <ul style="list-style-type: none"> ○ koordinat- og høydesystem for ytre orienteringsparametere ○ definisjon av rotasjonsrekkefølgen og vinkelenhet for rotasjonene (Omega, Fi, Kappa) ○ «boresight misalignment» vinklene ○ beskrivelse av data-kolonnene i fila • En linje per bilde, som inneholder: <ul style="list-style-type: none"> ○ Bilde ID (Navn) ○ Eksponeringstidspunkt ○ Projeksjonssenterkoordinater ○ Omega, Fi, Kappa ○ Standardavvikene for projeksjonssenter-koordinater og rotasjoner.
--	---

Kravene til dokumentasjon fra beregningen er listet opp i avsnittet om egenkontroll og rapportering.

6.3.4 Fremstilling av bilder

<p>Krav 17 Fremstilling av bilder</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bildene skal prosesseres slik at tap av informasjonsinnhold mellom rådata og resulterende/levert bilde unngås, ev. anses ubetydelig. • Bildene skal hver for seg ha god og jevn kontrast samt enhetlig, naturlig fargetone og lyshet over hele bildeflaten. • Bildene skal være skarpe. Finnes det uskarpe bilder skal disse vurderes spesielt mht. den planlagte bruken av bildene. • Bildene skal som hovedregel kontraststrekkes (normaliseres) slik at hele den tilgjengelige gråtoneskalaen utnyttes. Strekkingen skal gjøres med kontroll slik at ikke ev. utliggende piksler resulterer i en ikke-representativ skalering. Moderat kutt i histogrammene aksepteres såfremt ikke viktig informasjon i bildene går tapt. • Innenfor samme område og fototidsrom skal bildene ha innbyrdes god og jevn kontrast samt enhetlig, naturlig fargetone og lyshet. Tilsvarende skal det mellom ev. flere områder/fototidsrom tilstrebes størst mulig likhet. • Dersom det ikke lar seg gjøre å oppnå forventet visuell kvalitet i bildene (pga. værforhold, e.l.) skal oppdragsgiver informeres tidligst mulig og involveres i ev. tiltaksplan. • Ev. konvertering til lavere radiometrisk oppløsning (f.eks. 8 bit) og ev. komprimering skal utføres som siste ledd før leveranse for å unngå akkumulert tap av informasjon gjennom prosesseringen. • Dersom en stripe må skjøtes, og fortsettelse av fotograferingen ble gjort på et senere tidspunkt slik at lys/skygge- og ev. overflateforhold er endret, skal stripeseksjonene i det endelige bildesettet overlappende hverandre slik at de hver for seg har stereodekning over stripebruddet. • Ved sammensetting av det endelige bildesettet i prosjekt der det finnes overlappende versjoner av bilder, skal overskytende bilder fjernes. Fragmentering av striper eller områder pga. fotografering over flere dager skal reduseres til et minimum. • Filnavn på bilder skal som hovedregel være på formen <i>Dekningsnr_Stripenr_Bildnr_Kameraløpenr</i> og alle representasjoner av bildene skal benytte/vise til samme filnavn (f.eks. i GNSS/INS-filer, i aerotriangulering og i ortofotoproduksjon). • I stripeskjøter skal navnet på de overlappende bildene skilles med suffiks «_2» i bildenummeret for de senest fotograferte bildene.
--	--

6.3.5 Egenkontroll og rapportering (fotorapport)

Det skal leveres en rapport (fotorapport) for de utførte arbeidene, med leveransene som vedlegg til rapporten. Rapporten skal ha egne seksjoner for generell informasjon, utføring av fotograferingen, beregning av GNSS/INS-data og fremstilling av bilder, samt en egen seksjon med oversikt og spesifisering av vedlagte leveranser.

For hvert av de nevnte arbeidene, inkl. leveransene, skal resultatet av utførte kvalitetskontroller dokumenteres.

Krav 18 Rapportering – Flyfotografering	Rapport for flyfotografering skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 11.
--	--

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Dekningsnummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Flyfotografering	Fly	(fabrikat, type, kallesignal, trykkabin j/n)
	Kamerasystem	<ul style="list-style-type: none"> ● Kamera: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr., ev. revisjonsnr., siste kalibreringsdato ○ Kalibreringsrapport skal legges ved rapporten ● Gyromount: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type ● GNSS-mottaker og antenne: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr. Benyttet loggerate ● IMU: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr., benyttet loggerate ● Beskrivelse av hvordan antenneeksentrisitet er bestemt, dokumentasjon av andre eksentrisiteter (f.eks. IMU montering) ● Kamera/sensor-styringssystem: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type ● Boresight-kalibrering: <ul style="list-style-type: none"> ○ Siste kalibreringsdato ● Beskrivelse av utført initialisering av GNSS/INS-utstyr
	Klarmelding	<ul style="list-style-type: none"> ● Tidspunkt for avgitt klarmelding(er) for fotografering ● Kopi av klarmelding(er) og fotofirmaets bekreftelse på denne/disse
	Bildeoversikt	(antall striper, antall bilder per stripe, fotodato per flystripe)
Sikkerhetsgradering	Oversikt over ev. bilder som ikke er levert pga. sikkerhetsgradering (jf. sikkerhetsloven)	

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

	Solvinkel	(minste solvinkel)
	Værforhold	Beskrivelse av generelle forhold, inkl. skyforhold, sikt, vind og turbulens. Ved vanskelige forhold skal det rapporteres hvilke striper/bilder dette kan angå.
	Skyer og skyskygger	Prosentvis innhold av skyer og skyskygger, med angivelse av hvilke striper/bilder som er berørt.
	Kamerarotasjoner	<ul style="list-style-type: none"> • Omega, Phi: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gjennomsnittlige kamerarotasjoner ○ Maks. avvik fra vertikal • Kappa («crab»): <ul style="list-style-type: none"> ○ Gjennomsnittlig avvik fra planlagt flyretning ○ Maks. rotasjonsendring mellom to påfølgende bilder
	Flyhøyde	Gjennomsnittlig og maksimalt avvik fra planlagt flyhøyde, pr. stripe (planlagt minus reell)
	Stereodekning	Gjennomsnittlig stereodekning (prosent side og lengde) utenfor avtalt prosjektområde, basert på visuell stikkprøvekontroll
	Sideoverdekning	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittlig sideoverdekning, basert på visuell stikkprøvekontroll • Min. sideoverdekning, enkeltbilder, basert på visuell stikkprøvekontroll
	Lengdeoverdekning	<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittlig lengdeoverdekning, basert på visuell stikkprøvekontroll • Min. lengdeoverdekning, enkeltbilder, basert på visuell stikkprøvekontroll
	Avvik	Ev. problemer ifb. gjennomføringen: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter • Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak • Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av utføringen av fotograferingen og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.
GNSS/INS	Programvare	(fabrikat, versjonsnr)
	Beregningsdato	(dato for ferdigstilling av beregningen)
	GNSS/INS filer	Beskrivelse av innhold i GNSS/INS fil
	Beregninger	<ul style="list-style-type: none"> • Prinsipp/metode for beregning av GNSS/INS-løsning • Prinsipp/metode for beregning av ytreorientering for det enkelte bilde • Eventuelle geodetiske transformasjoner • Eventuelle høydetransformasjoner/høydeskaleringer • Eventuelle andre transformasjoner eller korreksjoner

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

	Dokumentasjon av resultat	<ul style="list-style-type: none"> • Metode for kvalitetskontroll • Plott av estimerte std.avvik el. rmse for hele GNSS/INS-løsningen • Gjennomsnittlig og maks. estimerte std.avvik el. rmse for ytre orienteringselementene • Redegjørelse for hvordan oppgitt nøyaktighet ventes å samsvare med reell nøyaktighet
	Avvik	Ev. problemer ifb. Fremstillingen av GNSS/INS data: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter • Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak • Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av fremstillingen av GNSS/INS data og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.
Bildefremstilling	Programvare	(fabrikat, versjonsnr)
	Prosesseringsdato	(dato for ferdigstilling av prosesseringen)
	Prosessering	<ul style="list-style-type: none"> • Metode for geometrisk prosessering av bildene. • Metode for radiometrisk prosessering av bildene, herunder minimum: <ul style="list-style-type: none"> ○ Konvertering til 8 bit radiometrisk oppløsning ○ Benyttede funksjoner for å oppnå tilfredsstillende og enhetlig kontrast, fargetone og lyshet pr. bilde og samlet for alle bilder i prosjektet ○ Ev. spesielle metoder og tiltak nødvendige i det aktuelle prosjektet
	Kontroll	Metode for kontroll av visuell kvalitet i bildene, herunder minimum: <ul style="list-style-type: none"> • Kontroll av uskarphet • Kontroll av kontrast, fargetone og lyshet pr. bilde og samlet for alle bilder i prosjektet
	Komprimering	Metoder for ev. komprimering av bildene, "tiling" og fremstilling av bildepyramider
	Avvik	Ev. problemer ifb. bildeprosesseringen: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter • Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak • Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av fremstillingen av bilder og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Leveranser	Produktspesifikasjon	Versjon av produktspesifikasjon og objektkatalog, samt topologisk nivå.
	Leveranser	<p>En fullstendig oversikt over alle leverte data, metadata og ev. medfølgende dokumentasjon skal stilles opp. Oversikten skal minimum inneholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opplisting av objekttyper som inngår i leveransen • Spesifikasjon av leveranseformat, medium og ev. inndeling i kataloger og filer • Spesifikasjon av enheter (koordinater, rotasjoner, avstander, osv.)
	Kontroll	<p>Leveransen skal kontrolleres, minimum for følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datum og koordinatsystem iht. til krav • Fullstendighet i produkter iht. bestilling • Fullstendighet i data iht. krav • Fullstendighet i dokumentasjon og metadata iht. krav samt nødvendig resultatdokumentasjon fra involverte prosesser • Fullstendighet og korrekthet i dataformater iht. krav • Datanavning iht. krav samt konsistens i navning av produkter, rapporter og annen dokumentasjon

Tabell 11 Krav til rapportering av fotografering

6.4 Aerotriangulering

Dette kapittelet angir krav og retningslinjer til aerotriangulering (AT) med blokkutjevning, samt til egenkontroller og rapportering av arbeidene. Det forutsettes bruk av kjentpunkter og for krav til disse vises det til kapittel 6.1.

6.4.1 Krav til målearbeidet

<p>Krav 19 Måling av sammenbindingspunkt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Overlappende bilder og flystriper skal identifiseres og settes sammen til en samlet enhet (bildeblokk) som er egnet til å knyttes sammen vha. måling av sammenbindingspunkter. • Bildeblokker kan deles opp og måles og utjevnes hver for seg. Det skal da være rikelig overdekning mellom delblokkene og hver blokk skal ha foreskrevet antall og plassering av kjentpunkter. • Ved fotografering med 60 % lengdeoverdekning skal det i flystripenes lengderetning måles minst 2 sammenbindingspunkter i minst 6 posisjoner jevnt fordelt i overlappområdet mellom to påfølgende bilder (en stereomodell). Minst 3 av disse skal plasseres jevnt fordelt i overlappområdet mellom to påfølgende modeller og skal måles i begge modeller. Kravene gjelder hvert bilde og hver modell. Kravene kan avvikes dersom det er absolutt umulig å måle gode punkt. • Mellom striper skal det i tillegg være minst 2 sammenbindingspunkter pr. modell i god innbyrdes avstand. Hvert stripesammenbindingspunkt skal måles i minst 2 bilder fra hver stripe. Unntak fra dette aksepteres kun i stripenes ender. Kravet til antall sammenbindingspunkt kan avvikes dersom det er absolutt umulig å måle gode punkt. • Som hovedregel skal de samme punktene benyttes til både bilde- og stripesammenbinding. Dette gir flere observasjoner pr. punkt og dermed bedre kontroll mot grove avvik. Punkt målt i kun to bilder skal som hovedregel ikke forekomme, men aksepteres i stripeender og i områder med mye vann. • Sammenbindingspunktene skal være jevnt fordelt langs midten og langs kanten av bildene. Unntak fra dette aksepteres dersom vann eller kontrastløs overflate gjør måling umulig. I bildeblokker med kryssende enkeltstriper skal det spesielt påses at
---	---

	<p>stripesammenbindingspunktene er plassert langs ytterkantene av bildene.</p> <ul style="list-style-type: none">• Det anbefales å tynne de automatisk målte ("matched") punktene noe ut for å oppnå en noe bedre balanse mellom de ulike observasjonstypene i blokkutjevningen. Graden av tynning avhenger av valgt punkttetthet under matching. Tynningen skal ikke medføre at kravene til antall og fordeling av punkter avvikes.• Det skal kontrolleres visuelt at antall og fordeling av sammenbindingspunkter oppfyller kravene. Kontrollmetoden må være i stand til å vise at punktene er målt i et tilstrekkelig antall bilder og striper.• Der matchingen ikke oppfyller kravene til antall og fordeling skal det suppleres med manuelt eller halvautomatisk målte punkter.• Punkter i vann skal som hovedregel fjernes. Punkter på bunnen av grunt vann kan som unntak aksepteres dersom de er målt i tilstrekkelig mange bilder til at en ev. grov feil kan oppdages. Dersom det er vurdert at måling av punkter i vann (på bunnen) er nødvendig for å sikre tilstrekkelig sammenbinding kan dette i sjeldne tilfeller aksepteres. Disse punktene skal da måles manuelt og i alle bilder de er synlige. Dette skal rapporteres spesielt.• Alle målinger i bildene, inkl. kjentpunkter, skal korrigeres for jordkrumning og refraksjon. Dersom korreksjonene blir påført selve målingen skal det påses at ikke dobbelkorreksjon påføres i den påfølgende blokkutjevningen.
--	--

Krav 20 Måling av kjentpunkter	<ul style="list-style-type: none">• Kjentpunkter skal måles i alle bilder de er synlige. Punktbeskrivelser og andre data fra signaleringsarbeidet skal benyttes under måling.• Dersom kjentpunkter uten synlig sentrumsreferanse må benyttes (høydekjentpunkt) skal disse måles stereoskopisk. Dette gjelder også ved bruk av naturlige kjentpunkt, inkl. varder, fyrlykter, o.l. Bruk av slike kjentpunkter krever at tilstrekkelig dokumentasjon fremskaffes og benyttes for å sikre at måling skjer i korrekt posisjon.• Det skal påses at det for hver fotodag og hver GNSS-sesjon finnes tilstrekkelig antall kjentpunkter for en sikker bestemmelse av systematisk GNSS-skift i den påfølgende blokkutjevningen.
---------------------------------------	--

6.4.2 Krav til beregningsarbeidet

<p>Krav 21 Observasjonsvektning, parametere og ukjente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observasjonstypene (kjentpunkter, GNSS- og INS-data, manuelle og automatiske bildemålinger) skal vektet iht. a priori eller erfaringsbasert nøyaktighet samt synlighet i bildene. • Konstante såkalte GNSS-skift kan bestemmes i blokkutjevningen. Behovet for GNSS-skift kan stamme fra ukorrigerte systematiske avvik i GNSS/INS-beregningen, men kan også være forårsaket av andre avvik med samme forløp (f.eks. avvik i kamerakonstanten). Slike skift kan bestemmes samlet for hele bildeblokken, pr. GNSS-sesjon, pr. fotodag eller pr. flystripe såfremt tilstrekkelig med kjentpunkter er tilgjengelig og målt innenfor det fragmentet som ønskes skiftet. Som hovedregel skal minst 3 kjentpunkter benyttes, men 2 og ev. 1 punkt kan aksepteres i mindre fragmenter. • Antatt lineær GNSS-drift kan bestemmes pr. flystripe såfremt det benyttes minst 1 kjentpunkt i hver ende av stripa. • Mindre, antatt prosjektspesifikke korreksjoner til eksisterende "boresight"-kalibrering (jf. kapittel. 6.3.1.2) kan bestemmes i blokkutjevningen såfremt blokken anses å ha tilstrekkelig geometrisk styrke, ev. et større antall bilder/striper. • Selvkalibrering vha. tilleggsparametere skal som hovedregel ikke utføres da det ikke finnes et standardisert opplegg for påføring av effekten av disse i den fremtidige bruken av bildene. Bruk av tilleggsparametere kan dog aksepteres dersom effekten av disse kan påføres de resulterende ytre orienteringselementene under blokkutjevningen. Tilleggsparametere skal uansett kun benyttes dersom bildeblokken har tilstrekkelig geometrisk styrke. Ev. bruk skal avtales spesielt. • Selvkalibrering i form av bestemmelse av kameraets indre orienteringselementer skal ikke utføres uten avtale med oppdragsgiver.
---	--

<p>Krav 22 AT beregninger og resultat</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Det skal utføres grovfeil-søk. Etter ev. fjerning av grove avvik skal det påses at ingen vitale observasjoner er fjernet og at antall og plassering av sammenbindingspunkter er iht. kravene. • Bildenes ytre orienteringselementer, terrengkoordinatene til alle målte sammenbindingspunkter samt ev. tilleggsukjente (som spesifisert over) skal som hovedregel bestemmes i en samlet blokkutjevning. Konstante GNSS-skift og korreksjoner til "boresight"-kalibreringen kan ev. bestemmes i forprosessering (vha. blokkutjevning) og deretter påføres GNSS/INS-data, dersom dette anses formålstjenlig for kvaliteten til resultatene. • Standardavviket på vektsenheten skal være $\leq 1/3$ piksel. • De utjevnedde sammenbindingspunktene ("nypunkter") skal bestemmes med et gjennomsnittlig estimert standardavvik maksimalt lik $1/2$ av kravene for de aktuelle geodata som skal produseres i prosjektet. • Bildenes ytre orienteringselementer skal ha et <u>totalt</u> standardavvik maksimalt lik $2/3$ av kravene for de aktuelle geodata. Med "totalt" menes det samlede avvik på et målt objekt, sammensatt av de enkelte orienteringselementenes feilbidrag. Se tabell 12 for eksempler på nøyaktighetskrav til nypunkter og ytre orienteringselementer. • Nøyaktigheten på resultatet fra AT-en/ blokkutjevningen, herunder bildenes ytre orienteringselementer, skal som hovedregel verifiseres vha. en utjevning med bruk av <u>uavhengige</u> kontrollpunkter ("sjekkpunkter") jevnt fordelt i bildeblokka. Standardavviket på restavvikene i sjekkpunktene kontrolleres mot kravet til ytre orienteringselementene. I tillegg skal resultatet kontrolleres ved at kjentpunktene (ev. et representativt utvalg) måles i stereoinstrument og sammenholdes med gitte koordinater. Deretter kontrolleres standardavviket på avvikene mot kravet til ytre orienteringselementene.
--	--

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

	Krav til geodata, svært veldefinert detalj (cm)		Krav til nypunkt, totalt standardavvik (cm) ¹		Krav til ytre orienteringselement (cm) ²	
	S _p	S _z	S _p	S _z	S _p	S _z
FKB-A	15	15	7	7	10	10
FKB-B	20	20	10	10	13	13
FKB-C	40	40	20	20	26	26
FKB-D	200	200	100	100	133	133

Tabell 12 Eksempler på nøyaktighetskrav (standardavvik)

Resultatene fra Aerotrianguleringen skal ha en slik kvalitet, i forhold til kravet til geodataene, at det er høyde for forventede feilbidrag fra påfølgende bildeorientering og kartkonstruksjon.

¹ 1/2 av kravet til geodata.

² 2/3 av kravet til geodata. Det stilles altså samme krav uavhengig av orienteringsmåte; gjennom transformasjon eller direkte bruk av eksisterende ytre orienteringselementer

Det presiseres at tallene i tabell 12 over kun er eksempler, og at kravet til geodata skal tas fra aktuell produktspesifikasjon. Kravet til nypunkt gjelder kun signalerte kjentpunkt og ev. ikke-signalerte høydepunkt med høy nøyaktighet.

6.4.3 Egenkontroll og rapportering (AT-rapport)

Det skal leveres en rapport for de utførte arbeidene, med leveransene som vedlegg til rapporten. Rapporten skal ha egne seksjoner for generell informasjon, måle- og beregningsarbeidene, samt resultater og kontroll av resultatene.

For hvert av de nevnte arbeidene, inkl. leveransene, skal resultatet av utførte kvalitetskontroller dokumenteres.

Krav 23 Rapportering – Aerotriangulering	Rapport for aerotriangulering skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 13.
---	---

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Dekningsnummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Måling og beregning	Grunnlagsdata	<ul style="list-style-type: none"> ● Benyttet kamera: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr., ev. revisjonsnr., siste kalibreringsdato. ○ Kalibreringsrapport skal legges ved AT-rapporten ● Antall striper og bilder mottatt, og antall benyttet i AT ● Oversikt over bilder som ikke ble benyttet i AT, inkl. årsak ● Antall kjentpunkter mottatt inkl. deres opprinnelse, og antall benyttet i AT ● Oversikt over kjentpunkter som ikke ble benyttet i AT samt ev. tilleggspunkter, inkl. årsaker ● GNSS/INS-data
	Målearbeidet	<ul style="list-style-type: none"> ● Benyttet utstyr og programvare: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, versjonsnr. ● Oversikt over bildeblokker, inkl. spesifisering av striper/bilder pr. blokk ● Målemetode
	Beregningsarbeidet	<ul style="list-style-type: none"> ● Dato for beregningen ● Benyttet vektingsregime: Pr. observasjonstype og ev. differensiering i nøyaktighetsklasser ● Bestemte tilleggs ukjente, konstanter: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dokumentasjon av bestemte parameterverdier og hvordan disse er påført i beregninger og i resultat ● Ev. selvkalibrering: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dokumentasjon av bestemte parameterverdier og hvordan disse er påført i beregninger og i resultat ● Benyttede standardkorreksjoner
	Avvik	<p>Ev. problemer ifb. måle- og beregningsarbeidet:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter ● Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak ● Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av måle- og beregningsarbeidene og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Resultater og kontroll	Resultat fra endelig beregning	Oppstilling av resultat fra endelig beregning (pr. bildeblokk): <ul style="list-style-type: none"> • Standardavviket på vektsenheten • Rmse av restavvik i kjentpunkter, inkl. maks. avvik • Gjennomsnittlig standardavvik i nypunkter, inkl. maks. avvik • Gjennomsnittlig standardavvik i ytre orienteringselementer • Rmse av restavvik i GNSS/INS-data • Antall kjentpunkter benyttet • Utlisting av individuelle restavvik
	Resultat fra beregning med uavhengige kontrollpunkt	Oppstilling av resultat fra beregning med uavh. kontrollpunkter (pr. bildeblokk): <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittavvik i sjekkpunkter • Rmse av restavvik i uavhengige kontrollpunkter, inkl. maks. avvik • Antall sjekkpunkter og kjentpunkter benyttet • Utlisting av individuelle avvik
	Resultat fra kontrollmåling i DFA	Oppstilling av resultat fra kontrollmåling i stereoinstrument (pr. bildeblokk): <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittavvik i kjentpunkter • Rmse av restavvik i kjentpunkter, inkl. maks. avvik • Antall kjentpunkter målt og antall stereomodeller det er målt i • Utlisting av individuelle avvik
	Resultat av kontrollmåling mellom overlappende bildeblokker	Resultat av kontrollmåling mellom overlappende bildeblokker i stereoinstrument: <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittavvik i relative kontrollpunkter • Rmse av restavvik i relative kontrollpunkter, inkl. maks. avvik • Antall relative kontrollpunkter målt og antall stereomodeller det er målt i • Utlisting av individuelle avvik
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av resultater og kontroll mht. bestilling og øvrige krav.
Leveranser	Produktspesifikasjon	Versjon av produktspesifikasjon
	Leveranser	En fullstendig oversikt over alle leverte data, metadata og ev. medfølgende dokumentasjon skal stilles opp. Oversikten skal minimum inneholde: <ul style="list-style-type: none"> • Spesifikasjon av leveranseformat, medium og ev. inndeling i kataloger og filer • Spesifikasjon av enheter (koordinater, rotasjoner, avstander, osv.)

Tabell 13 Krav til rapportering av aerotriangulering

6.5 Kartkonstruksjon

Kartkonstruksjon gjøres i henhold til produktspesifikasjoner, f.eks. Produktspesifikasjon FKB. Dette kapitlet beskriver anbefalinger for konstruksjonsarbeidet og stiller krav til dokumentasjon og rapportering.

6.5.1 Forberedelse

Før oppstart av konstruksjonsarbeidet, avklares følgende momenter med oppdragsgiver:

- Kartleggingsstandard med geografisk avgrensning.
- Bruk av støtteinformasjon (f.eks. FKB-Vegnett, bygningspunkt fra Matrikkel, manus og eksisterende FKB-data).
- Prosedyre for utveksling av data.
- Prosedyre for håndtering av tilstøtende data.
- Kystkonturens høydereferanse dersom dette er aktuelt.
- Høydereferanse for regulerte innsjøer dersom dette er aktuelt.
- Prosedyre for ajourføring og oppgradering dersom dette er aktuelt.
- Sikkerhetsgradering.

Dette nedfelles i en konstruksjonsinstruks med tilhørende grafisk oversikt som er tilgjengelig under konstruksjonsarbeidet. Oppdraget håndteres slik at dataflyt og editeringer er sporbare gjennom hele prosessen, slik at ev. avvik kan lokaliseres og korrigeres.

6.5.2 Konstruksjon

Produktspesifikasjonen definerer hvordan objekttypene skal registreres:

- Registreringsmetode
- Høyde- og grunnrissreferanse
- Geometritype
- Egenskaper til objekttypen
- Krav til konnektering i 2D eller 3D
- Stedfestingsnøyaktighet

Krav 24 Konstruksjon	<ul style="list-style-type: none"> • Før konstruksjonen starter skal det kontrolleres at bildeorienteringen for hele prosjektet er korrekt implementert. Dette gjøres ved at alle kjentpunkter måles og kontrolleres mot gitte koordinater. Kontrollen skal utføres på alle DFA-er som skal benyttes. • Under konstruksjon skal det kontrolleres for y-parallakse og for avvik mellom stereomodeller. Kjentpunkter skal oppsøkes i alle modeller de er synlige og koordinater for disse skal avleses og kontrolleres mot gitte koordinater. Ved unormale avvik skal implementeringen av bildeorienteringen utføres og kontrolleres på nytt. • Dersom det er brukt tilleggsparametere i forutgående AT/blokkutjevning skal det verifiseres at aktuell DFA kan påføre korresponderende korreksjoner under konstruksjonen. • Under konstruksjon skal det benyttes stereoinnspeiling for å ivareta best mulig kvalitetskontroll. Det er viktig å sette opp systemet med tegneregler som avslører feil i
-----------------------------	---

	<p>egenskapskoding.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det bør tilstrebes å ferdigstille størst mulig del av konstruksjonsarbeidet på DFA-en slik at konstruktøren kan verifisere prosessene. Konnektering og ev. vinkling skal etterprøves i sanntid (f.eks. vinkling av bygg eller generering av det siste hjørnet på takkanten). • Generelt gjelder at objekter som konstrueres, skal være stereoskopisk synlige og registreres i alle 3 dimensjoner (x, y og z). Objekter som ligger i modellskjøtene, skal registreres fra den modellen som gir best innsyn. Synbarheten av objektene vil variere med objekttype, bildekvalitet, GSD, skygger og innsyn. Konstruktøren skal angi dårlig synbare objekter med kvalitetskode. • Dersom det er svært sannsynlig å feiltolke et eksisterende objektet (f.eks. bekk eller grøft), skal objektet ikke utelates fra konstruksjonen, men tas med og angis som "usikker". Hvis man er i tvil om det er et objekt eller ikke (f.eks. en kum eller en flekk i asfalten), dvs. det er svært sannsynlig at man feiltolker, utelater man objektet/flekken fra konstruksjonen. • Produktspesifikasjoner kan angi at enkelte kurveobjekter skal registreres sammenhengende. Dersom deler av en kurve (f.eks. bekk) er dårlig synbare i flybildet, skal kurven splittes opp. Den delen av kurven som er dårlig synbar, skal kvalitetskodes deretter. Det er viktig å være klar over at dårlig synbare objekter kan ha svært dårlig stedfestingsnøyaktighet. • Manglende egenskapskoding og topologi bør fanges opp før konstruksjon avsluttes. Det skal utføres en sluttkontroll på modellen, opp mot manus eller støtdata for å sikre fullstendigheten. Ev. automatisk genererte data (f.eks. høydekurver) skal kontrolleres spesielt.
--	--

6.5.3 Ferdigstilling

Etter at konstruksjonen er utført må det gjøres noe etterarbeid for å sikre at leveransen er i henhold til oppdragets spesifiserte krav.

Produktspesifikasjonen definerer krav til dataene:

- Fullstendighet
- Egenskapskvalitet
- Logisk konsistens
- Stedfestingsnøyaktighet
- Forhold til andre objekttyper (relasjoner)

I tillegg inneholder produktspesifikasjonen overordnede krav til datastruktur og leveransen.

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Krav 25 Logisk konsistens	Det skal som minimum gjennomføres kontroller iht. tabell 14.
----------------------------------	--

Kvalitetsmål	Kontroll
Antall enheter der regler for konseptuelt skjema ikke er oppfylt	SOSI-kontroll
Antall ulovlige løse ender	Det kun er lovlige løse ender (også mot tilstøtende data).
Antall manglende forbindelse grunnet for korte linjer Antall manglende forbindelse grunnet for lange linjer Antall ulovlige lenkekryssing	Kurver som skal være konnektert, har eksakt like koordinater
Prosentandel feil på fulldekkende flater Antall ulovlige overlapp mellom flater	Lukking av polygon er i henhold til aktuell produktspesifikasjon
Antall brudd på krav om konstant høyde	Det ikke er utilsiktet sprang i linjeforløpet, hverken i grunnriss eller i høyde.
Antall ulovlige egenoverlapper Antall ulovlige egenkryssinger Antall ulovlige småpolygoner	<ul style="list-style-type: none"> • Det ikke forekommer doble data, eller delvis doble data (overlappende vektorer), for kurver som beskriver samme objekt. • Det ikke forekommer doble punkter (eksakt like koordinater) i kurver. • Det ikke ligger igjen korte linjer fra konstruksjon som ikke har noen informasjonsverdi.

Tabell 14 Krav til kontroll av logisk konsistens

Objekter som har like egenskapsdata bør være "sydd" slik at disse er sammenhengende (f.eks. høydekurver med samme høydeverdi), med mindre dette gir uhensiktsmessige lange objekter i videre dataforvaltning.

Dersom det er relevant for oppdraget, skal det kjøres høydesjekk (skjæringsberegning av høydeforskjell i kryssende elementer).

Alle kontroller skal gjennomføres i henhold til krav i standarden Geodatakvalitet.

6.5.4 Egenkontroll og rapportering (konstruksjon)

Rapport fra konstruksjonsarbeidene skal minimum inneholde:

Krav 26 Rapportering – Konstruksjon	Rapport for konstruksjonsarbeidene skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 15.
--	--

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Dekningsnummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplarer av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Bildeorientering	Kontrollmåling av kjentpunkt	Oppstilling av resultat fra kontrollmåling av kjentpunkter: <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomsnittavvik • rmse av restavvik, inkl. maks. avvik • Antall kjentpunkter målt og antall stereomodeller det er målt i • Utlisting av individuelle avvik
	Tilleggsparametre	Beskrivelse av metode for påføring av korreksjoner som følge av ev. bruk av tilleggsparametre under forutgående AT/blokkutjevning.
Kartkonstruksjon	Grunnlag	Bildegrunnlag Referanse til aerotrianguleringsrapport Manus og støttedata
	Programvare	Benyttet utstyr og programvare: Fabrikat, type, versjonsnr.
	Areal	Konstruert areal fordelt på ev. delområder.
	Konstruksjonstidspunkt	Tidsperiode for utførelse
	Metode	Beskrivelse av ev. anvendte metoder og parametre for generering, glatting og vinkling av objekttyper
	Avvik	Ev. problemer ifb. konstruksjonsarbeidet: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter • Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak • Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av konstruksjonsarbeidene og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.
Ferdigstilling	Programvare	Benyttet utstyr og programvare: Fabrikat, type, versjonsnr.
	Dato	Tidspunkt for ferdigstilling
	Metode	Beskrivelse av utført redigeringsarbeid (oppgradering, sammenpassing, topologidanning)
	Egenkontroll	Dokumentasjon av gjennomførte kontroller, iht. krav i standarden Geodatakvalitet.

Leveranser	Produktspesifikasjon	Versjon av produktspesifikasjon og objektkatalog.
	Leveranser	<p>En fullstendig oversikt over alle leverte data, metadata og ev. medfølgende dokumentasjon skal stilles opp. Oversikten skal minimum inneholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spesifikasjon av leveranseformat, medium og ev. inndeling i kataloger og filer • Spesifikasjon av enheter (koordinater, rotasjoner, avstander, osv.)

Tabell 15 Krav til rapportering av konstruksjonsarbeider

6.6 Bildematching for høydemodellering

Bildematching er en aktuell metode for fremstilling av høydedata i form av en detaljert punktsky. Punktskyen fra bildematching vil være en DOM som representerer det som er synlig i bildene (terrengoverflaten, bygninger, vegetasjon etc.). I områder uten vegetasjon (høyfjellsområder) kan bildematching benyttes som alternativ til laserskanning for etablering av DTM.

Kvalitet og nøyaktighet til en DTM etablert fra bildematching avhenger av flere faktorer:

- Bildekvalitet (kontrast, skygger, bildeorientering)
- Bildeoverlapp (side- og lengdeoverlapp)
- Bildeoppløsning (GSD)
- Terrengtype (kupert, vegetasjon)
- Kvalitet på støtdata (f.eks. FKB-Vann)

Stedfestingsnøyaktigheten avtar med økende pikselstørrelse (GSD).

Automatisk generering av DTM fra bildematching forutsetter at terrengmodellen blir grundig kontrollert og editert i etterkant.

Krav for DTM og høydekurver (høydegrunnlag) står i Produktspesifikasjon FKB-Høydekurve, mens kontrollen er beskrevet i standarden Geodatakvalitet.

6.7 Ortofotoproduksjon

Ortofoto er et fotografisk bilde som ved en transformasjon har fått geometriske egenskaper som tilsvarer en ortogonal projeksjon av det avbildede objektet. Det vil si at et ortofoto er et måleriktig bilde som kombinerer flybildets detaljrikdom med kartets geometriske egenskaper.

Omregningsprosessen vil være en digital transformasjon av det originale flybildet til et gitt datum og en gitt kartprojeksjon. Hvert piksel i ortofotoet har kjente koordinater i kartprojeksjonsplanet, og ortofotoet kan følgelig brukes som en sentral komponent i et geografisk informasjonssystem (GIS) sammen med digitale kartdata som f.eks. FKB-data og plandata.

Dette kapittelet inneholder generelle krav og anbefalinger til produksjon av ortofoto og dokumentasjon av denne. Krav til produkt og leveranser er spesifisert i Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge.

6.7.1 Grunnlag

6.7.1.1 Signalering, flyfotografering og aerotriangulering

For produksjon av ortofoto gjelder kravene til planlegging, signalering, kalibrering, flyfotografering og aerotriangulering gitt i kapittel 6.1 – 6.4. Den visuelle ortofotokvaliteten er direkte avhengig av flyfotograferingen (bildekvaliteten). I ortofotoprosjekter anbefales det derfor at oppdragsgiver og oppdragstaker har spesiell oppmerksomhet knyttet til godkjenning av flyfotograferingen.

6.7.1.2 Høydemodell

For å få et nøyaktig ortofoto trengs en høydemodell med høy detaljeringsgrad og god stedfestingsnøyaktighet. Stedfestingsnøyaktigheten til høydemodellen er den mest kritiske faktoren for nøyaktigheten til ortofotoet. Dette gjelder spesielt i kupert terreng.

Høydemodellen etableres ut i fra høydedata som punktskyer fra laserskanning eller bildematching, høydekurver, høydepunkt, terrenglinjer og høydebærende FKB-data.

Primært vil høydemodellen referere seg til terrengoverflaten (DTM). For bruer, trafikkmaskiner og tekniske anlegg (som ligger over bakkenivå) skal imidlertid høydemodellen modifiseres til å gjelde for brubanen/vegbanen/topp anlegg, altså være en digital høydemodell (DHM) i disse områdene. Dette er nødvendig for å unngå at f.eks. bruer blir fortegnet i ortofotoet.

6.7.2 Ortofoto-typer

I produksjon av ortofoto brukes en litt modifisert terrengmodell, DTM, som referer seg til terrengoverflaten med enkelte unntak for broer og store tekniske anlegg. Se kapittel 6.7.1.2.

6.7.2.1 Sant ortofoto (true orthophoto)

Det er også mulig å benytte en høydemodell som referer seg til overflatens høyder. I en slik modell vil for eksempel bygninger også inngå. Ortofoto som lages med en overflatemodell, DOM, kalles "True orthophoto" (sanne ortofoto). I "True orthophoto" vil oppstikkende detaljer som for eksempel bygninger ikke bli fortegnet.

6.7.2.2 Enkelt ortofoto (rektifiserte bilder)

I en del sammenhenger vil det være aktuelt å framstille enkelt ortofoto. Dette gjøres ved en helautomatisk prosess der eksisterende DTM benyttes uten modifiseringer og sømlinjer genereres automatisk. Dette er en rask og billig måte å produsere ortofoto på, men gir ikke ortofoto som følger produktspesifikasjonens krav til geometrisk og visuell kvalitet.

6.7.3 Ortofoto-oppløsning

Ortofoto-oppløsningen oppgis som bakkeoppløsning for det ferdige ortofotoet.

Ortofoto vil ikke ha samme GSD som de originale flybildene. For at ortofotoet skal beholde flybildets detaljrikdom må imidlertid ortofoto-oppløsningen være tilnærmet lik GSD fra flybildet.

6.7.4 Fremstilling av ortofoto

Det fremstilles ortofoto for alle bildene som til sammen dekker ønsket område. Ved rektifiseringen skal programmet innhente informasjon fra terrengmodellen med tilstrekkelig hyppighet for formålet.

En DTM referer seg til terrengoverflaten slik at oppstikkende detaljer som f.eks. bygninger og høye tårn får en radiell forskyvning. Den radielle forskyvningen blir større dess lengre man kommer ut fra bildesenteret. Det kan være aktuelt å korrigere for den radielle forskyvningen, men det er bedre å redusere denne ved å benytte kun de sentrale delene av hver flybilde. En slik tilnærming krever at flyfotograferingen utføres med tilstrekkelig lengde- og sideoverlapp.

Gråtonen/fargen til ortofotopikslene tas fra pikslene i flybildet. Som regel korresponderer ikke et ortofotopiksel helt med et bildepiksel. Gråtonen/fargen til ortofotopikselet bestemmes f.eks. ved interpolering av gråtonene/fargene til de nærmeste bildepikslene. Dette kalles resampling.

6.7.5 Ortofoto mosaikk

Et ortofoto for et større område må settes sammen av ortofoto laget fra flere flybilder; det må lages en mosaikk. Dette skal i utgangspunktet gjøres slik at hvert lille ortofotoutsnitt lages fra det flybildet hvor utsnittet er nærmest bildenadir.

Når man setter sammen flere bilder, er målsettingen at skjøtene mellom bildene blir usynlige. Det mest representative bildet for hele arealet, velges som referansebilde. Gråtonene/fargene i de andre bildene justeres slik at de samsvarer med referansebildets. De fleste programsystemer som brukes til ortofotoproduksjon, har automatiske algoritmer for å utføre dette arbeidet, men ofte vil en halvautomatisk metode gi bedre resultat. Da vil operatøren manuelt bestemme hvor sømlinjene mellom bildene skal gå. Sømlinjer skal i ikke gå gjennom bygninger, over broer e.l., og sømlinjene skal følge naturlige kanter i terrenget som f.eks. vannkanter.

6.7.6 Egenkontroll og rapportering (ortofotorapport)

Egenkontrollen begrenses her til å være en ren visuell kontroll. Geometrisk kvalitet kan kontrolleres ved å sammenlikne med eksisterende kartdata i samme projeksjon, og ved å se etter f.eks. krumme broer. Radiometrisk kvalitet sjekkes ved å påse at det ikke er noen nyanseforskjeller i gråtone/farge og kontrast i ortofotoet (typisk kan det bli forskjeller i områder som stammer fra ulike flybilder), og at sømlinjer er minimalt synlige i mosaikken. Det vises for øvrig til kravene til ortofotokvalitet i "Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge".

Krav 27 Rapportering – Ortofoto	Rapport for ortofotoproduksjonen skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 16.
--	--

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Dekningsnummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(kontraktsarbeid, areal, standard)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Ortofotoproduksjon	Grunnlag	Bildegrunnlag Referanse til aerotrianguleringsrapport Høydedata
	Programvare	Benyttet utstyr og programvare: <ul style="list-style-type: none"> Fabrikat, type, versjonsnr. Beskrivelse av fargekalibrering av PC-skjermer brukt i produksjonen.
	Areal	Ortofotoproduksjonsareal fordelt på ev. delområder.
	Dato	Tidspunkt for ferdigstilling
	Terrengmodell	<ul style="list-style-type: none"> Omfanget av redigeringer gjort på høydedataene. Type terrengmodell som er benyttet under rektifiseringen (TIN eller grid). Ved bruk av grid skal punktavstand oppgis.
	Fremstilling	Metode som er benyttet ved rektifisering og resampling.
	Mosaikking	Beskrivelse av metode og prosedyrer for kontroll
	Egenkontroll	Dokumentasjon av gjennomførte kontroller
	Avvik	Ev. problemer ifb. ortofotoproduksjonen: <ul style="list-style-type: none"> Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av ortofotoproduksjonen og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.
Leveranser	Produktspesifikasjon	Versjon av produktspesifikasjon og objektkatalog.
	Leveranser	En fullstendig oversikt over alle leverte data, metadata og ev. medfølgende dokumentasjon skal stilles opp. Oversikten skal minimum inneholde spesifikasjon av leveranseformat, medium og ev. inndeling i kataloger og filer

Tabell 16 Krav til rapportering av ortofoto

7 Kartlegging med flybåren laserskanning

7.1 Introduksjon

Flybåren laserskanning (FLS) brukes ombord i fly eller helikopter for å utføre lasermålinger på objekter som både er naturlige og menneskeskapte. En lasermåling gir x, y og z koordinater for målte punkt samt egenskaper tilknyttet hver enkel retur (intensitet på retursignalet, vinkel på lasermålingen, ekkoinformasjon, etc.). Flybåren laserskanning er også kjent som laseraltimetri og "airborne LiDAR (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging)".

Laserskanning kan også utføres fra andre plattformer slik som UAV, fra kjøretøy (bilbåren laserskanning) og fra fast oppstilling (terrestrisk/ bakkebasert laserskanning). I dette kapittel omtales datafangst med laserskanning fra enten fly eller helikopter.

Krav til produkt og leveranser spesifiseres i Produktspesifikasjon nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser). For definisjon av kvalitetsmål vises det til standarden Geodatakvalitet.

7.1.1 Virkemåte

7.1.1.1 Laserskanner

Laserskanneren måler retning og avstand ned til bakken i laserskannerens koordinatsystem. Avstandene bestemmes ved å måle tiden det tar for lyset å nå terrenget og reflekteres tilbake. Deretter ganges tiden med lyshastigheten og deles på to. Dersom laserpulsene treffer halvgjennomtrengelige objekter, vil en kunne få flere retursignaler fra en laserpuls. Dette kan forekomme der pulsen treffer trær, master, kraftlinjer, bygningskanter e.l. For topografisk kartlegging er det vanlig å benytte bølgelengder i det nærinfrarøde området. Lyskjeglen som sendes ut må ha en liten åpningsvinkel for å sikre et lite fotavtrykk. I laserskanneren er det en skanner som sikrer at avstandsmålinger blir fordelt innenfor en gitt skanningsbredde. Skannermekanismen er oftest et oscillerende speil, men kan også være et roterende speil eller fiberoptikk. Et system som opererer med en lyskjegle kalles single channel system. System med flere lyskjegler benytter enten et dual channel system hvor to laserkjegler skapes fra to uavhengige energikilder, eller et split beam system hvor to laserkjegles skapes ved å splitte en energikilde.

7.1.1.2 Posisjons- og rotasjonssystem

Posisjons og rotasjonssystemet er bygd opp rundt et treghetsnavigasjonssystem også kalt "Inertial Navigation System" (INS). Systemet består av en "Inertial measurement Unit" (IMU), et eller flere "Global Navigation Satellite System" (GNSS) samt en datamaskin med tilhørende program. Programmene beregner i sanntid posisjons- og rotasjonsinformasjon som piloten kan navigere etter. I tillegg lagrer programmene alle rotasjons- og posisjonsobservasjoner. De lagrede dataene brukes til å beregne posisjon og rotasjon til laserskannerens koordinatsystem. I dette dokumentet er posisjons- og rotasjonssystemet kalt GNSS/INS System.

Ved å kombinere posisjonen og rotasjonen fra GNSS/INS systemet og de relative avstands- og vinkelmålingene fra laserskanneren får man et absolutt bestemt målepunkt på jordoverflaten.

Utstyret som benyttes for georeferering av dataene opererer i et globalt system basert på GNSS (WGS84/ITRF). Det er derfor behov for transformasjoner fra det globale systemet til det aktuelle lokale systemet som data skal leveres i.

7.1.1.3 Stabilisert plattform

Fly og helikopter vil være utsatt for turbulens og for å sikre et jevnt sveip over terrengoverflaten kan laserskanneren monteres i en aktivt stabilisert plattform. Plattformen mottar rotasjonsinformasjon fra GNSS/INS systemet og vil rotere laserskanneren slik at den til enhver tid er orientert i flyets fartsretning og horisontalplan.

7.1.2 Produkter og bruksområder

Primærproduktet fra et laserskanningssystem er frittstående punkter bestemt i XYZ med tilhørende attributter. Punktene omtales som en punktsky.

Fra punktskyen kan en produsere en rekke sekundærprodukter:

- Terrengmodell som grid eller triangelmodell
- Overflatemodell som grid eller triangelmodell

Videre kan primær og/eller sekundærprodukter benyttes til å generere en rekke avledede datasett:

- Høydekurver
- Geoanalyse (skygge, støy, signaldekning, flom, skred)
- Arkeologi (mønstergjenkjenning)
- Skogtaksering

Produksjonsmetodene for disse produktene vil ikke bli beskrevet i denne standarden.

7.1.3 Forventet nøyaktighet

Den absolutte nøyaktigheten til en punktsky avhenger av nøyaktighet til følgende komponenter:

- GNSS/INS løsning (posisjon (Ø,N,H) og rotasjon (Pitch,Roll,Heading))
- Avstands- og vinkelmåling til laserskanneren
- Systemkalibrering
- Stripejustering
- Høydejustering
- Kvalitet til geoiden

Den absolutte nøyaktigheten til eventuelle avledede produkter vil videre avhenge av:

- Punktfordeling
Ved lang avstand mellom punktene vil en eventuell interpolasjon introdusere svakheter i det avledede produktet
- Klassifisering
Feilklassifiserte punkt, for eksempel vegetasjonspunkt klassifisert som bakke, vil gi et unøyaktig produkt

Punktskyens nøyaktighet kan beregnes ved bruk av kontrollflater og kontrollprofiler. Med dagens utstyr kan en forvente en punktnøyaktighet i størrelsesorden 0,02–0,20 m (standardavvik) i høyde.

7.2 Gjennomføring av laserskanning

7.2.1 Kalibrering av laserskanneren

Kalibreringen til et laserskanningssystem gjøres dels hos instrumentleverandøren og dels av oppdragstaker. De parametere som skal bestemmes i en kalibrering, vil variere noe mellom de forskjellige instrumentleverandører. Kalibreringen kan deles inn i tre nivåer:

- Leverandørkalibrering
- Installasjonskalibrering
- Daglig kalibrering

7.2.1.1 Leverandørkalibrering

Leverandørkalibrering utføres av leverandøren. Selve kalibreringen gjøres på fabrikken til leverandøren, men deler av kalibreringen kan også utføres i felt ved behov. Nødvendig hyppighet på leverandørkalibrering vil være sensoravhengig.

Generelt skal følgende parametere bestemmes av instrumentleverandøren:

- Avstand og vinkel avstander mellom de ulike koordinatsystemene internt i laserskanneren
- Offset-verdier for avstandsmålingene (fast klokkefeil)
- Korreksjonstabell hvor avstanden blir korrigert basert på retursignalet intensitetsverdi. (For de systemer hvor dette er relevant)
- Korreksjonsfaktorer for skannermekanismens retningsmåling
- Beregne tidsforsinkelser mellom målingene fra de ulike komponentene

Krav 28 Leverandørkalibrering	<ul style="list-style-type: none"> • Oppdragstaker skal gi en beskrivelse av sensorleverandørens vedlikeholdsrutiner • Oppdragstaker skal dokumentere gjeldende leverandørkalibrering.
--------------------------------------	--

7.2.1.2 Installasjonskalibrering

For hver installasjon i et fly eller helikopter må det utføres en kalibrering. Følgende momenter er viktig å utføre:

- Avstand mellom GNSS antennens fasesenter og origo i laserskannerens referansesystem bestemmes. Avstanden bestemmes ved landmåling, men kan også estimeres i egnede program.
- Installasjonen må testes i luften for å verifisere at leverandørkalibreringen er stabil og av tilfredsstillende kvalitet. Dette gjelder særlig «boresight verdiene». Dersom dette ikke er tilfredsstillende må korrigerende tiltak utføres.

Krav 29 Installasjonskalibrering	<ul style="list-style-type: none"> • Installasjonskalibrering skal gjennomføres minimum en gang i året. • Installasjonskalibrering skal gjennomføres etter endringer på installasjonen. • Oppdragstaker skal dokumentere gjeldende installasjonskalibrering
---	--

7.2.1.3 Daglig kalibrering

Daglig kalibrering er ofte relatert til den enkelte flyging. De innsamlede data i tverrstripedområdene benyttes til å utføre daglig kalibrering. Typiske parametere som løses ut er vinkelavstander mellom de ulike koordinatsystemene og korreksjonsfaktorer for skannermekanismens retningsmåling.

Krav 30 Daglig kalibrering	<ul style="list-style-type: none"> Daglig kalibrering skal utføres ved å beregne gjenværende vinkelavstander og korreksjonsfaktorer tilknyttet den aktuelle sensoren. Dersom avvik forekommer skal det utføres nødvendig korrigerings.
-----------------------------------	---

7.2.2 Planlegging av laserskanning

Planlegging av et laserskanningsprosjekt omfatter utarbeidelse av flyplan som sikrer dekning av aktuelt areal, oppnåelse av etterspurt nøyaktighet og punktetthet, samt plan for plassering av kontrollflater.

7.2.2.1 Flyplan

Ved flyplanlegging med FLS vil skanneparametere, samt flyhøyde og flyhastighet, bestemmes for det aktuelle prosjekt. Flyplanen lages ut fra oppdragets formål og forutsetninger (nøyaktighet, bestilt punktetthet), eventuelle tilgjengelige kontrollflater, forventet vegetasjonstetthet, topografi, arrondering og tilgjengelig instrument. Før utføring av laserskanning skal det leveres flyplan for oppdraget.

Se Vedlegg C.2 for eksempel på en flyplan

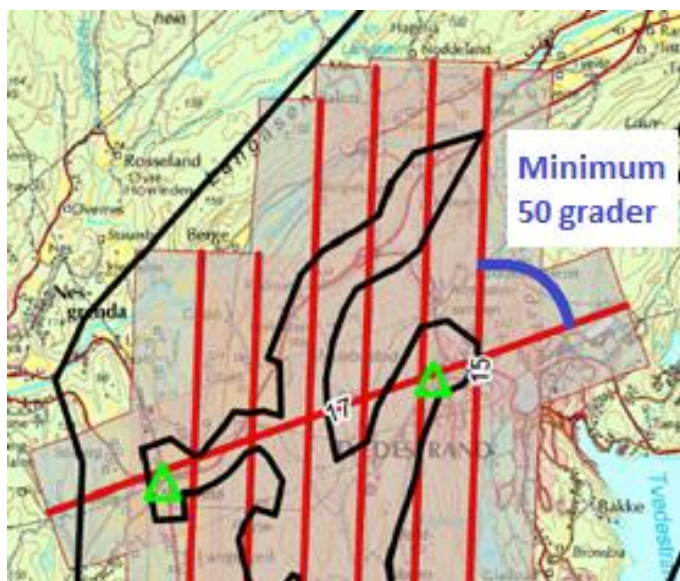
Krav 31 Flyplan laserskanning	<p>Flyplan skal bestå av plott i PDF-format, samt avgrensninger og kontrollflater i avtalt vektorformat. Flyplanen skal minimum inneholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Flyplanen skal ha et lesbart bakgrunnskart med skalabar. Planlagte flystriper skal presenteres med dekningsområde, overlappsområde og nummerering på hver stripe. (Minste overlapp som følge av terrengvariasjoner eller turbulens skal være 5 %) Planlagt stripeoverlapp i prosent Planlagte tverrstriper skal tydelig fremkomme. Planlagte kontrollflater med gyldighetsområde. Antall flystriper, total stripelengde og effektiv flytid. Med effektiv flytid menes flytiden for å dekke prosjektområdet, (striper + svinger). Flytid til og fra prosjektområdet medregnes ikke. Opplysninger om skanneparametere. (se Krav 32 Opplysninger om skanneparametere)
--------------------------------------	---

<p>Krav 32 Opplysninger om skanneparametre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Laserinstrument (leverandør og produkttype) • Plattform • Antall laserkjegler • Skanneråpning (FOV) • Pulsrepetisjonsfrekvens (totalt) • Skannerfrekvens. • Antall laserskudd i luften (totalt) • Punkttetthet (nadir) • Punkttetthet (gjennomsnitt) • Maksimal avstand mellom lasermålinger totalt i flyretning. • Maksimal avstand mellom lasermålinger totalt normalt på flyretning. • Flyhastighet. • Planlagt flyhøyde over terrenget.
---	---

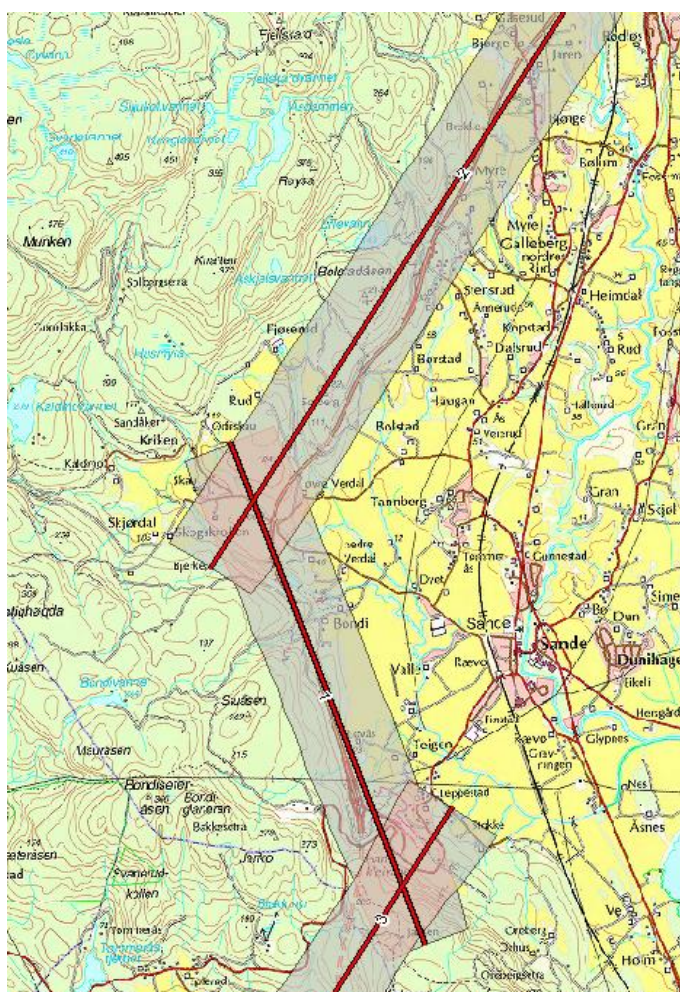
7.2.2.2 Tverrstriper

Tverrstriper benyttes til daglig kalibrering og stripejustering av et laserprosjekt. Tverrstriper bør ligge vinkelrett på stripene for å fungere som en tverrstripe, samt plasseres slik at tverrstripen unngår større områder med vann.

<p>Krav 33 Tverrstriper</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alle flystriper i et laserprosjekt skal dekkes av minimum en tverrstripe per 60km. • For flystriper som er lenger enn 40km skal det plasseres tverrstripe i hver ende. • Tverrstripene skal fortrinnsvis ligge vinkelrett på flystripene. Minste tillate vinkel for å kvalifisere som tverrstripe er 50 grader, se figur 4. • Ved enkeltstriper i kjede, f.eks. ved kartlegging av traséer, skal den neste stripen overlape den forrige (i knekkene) på en slik måte at den også kan fungere som tverrstripe, se figur 5. Hvis knekkvinkel er mindre enn 50 grader må man planlegge en egen tverrstripe.
------------------------------------	---



Figur 4 Minimum vinkel på tverrstriper



Figur 5 Enkelstriper i kjede

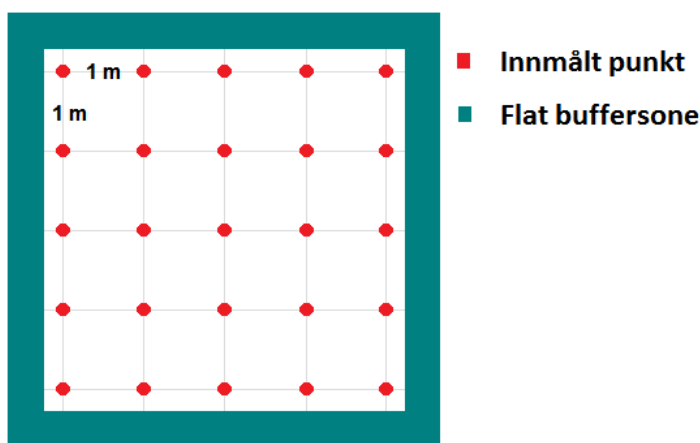
7.2.2.3 Kontrollflater

Absolutt nøyaktighet på punktsky i vertikaldomene etterprøves ved hjelp av landmålte kontrollflater innenfor kartleggingsområdet. Antall og plassering av kontrollflater bestemmes ved flyplanlegging og kontrollflater må plasseres på en egnet hard og plan flate. Kontrollflater kan legges til områder med grusdekke hvor harde flater ikke er tilgjengelig.

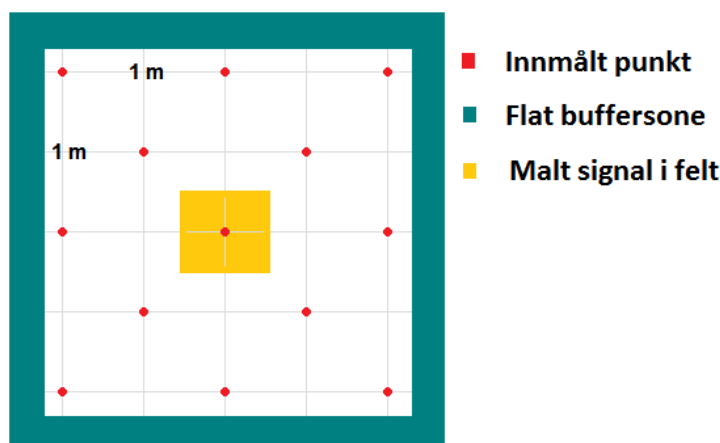
Størrelsen på kontrollflaten er avhengig av den planlagte punkttettheten. Ved punkttetthet fra 0,5 pkt/m² til 3 pkt/m² skal størrelse på kontrollflaten være minimum 16 m². I tilfeller hvor man ikke finner egnet lokasjon for en 4 x 4 m kontrollflate kan en 2 x 8 m kontrollflate benyttes. Ved punkttetthet fra og med 3 pkt/m² og oppover skal størrelsen være minimum 4 m². Rundt en kontrollflate skal det være 0,5 m buffersone fri for obstruksjoner.

Form Kontrollflate	Størrelse (m ²)	Antall landmålte punkt	Antall lasermålinger innenfor kontrollflaten ved ulik punkttetthet			
			0,5 pkt/m ²	2 pkt/m ²	3 pkt/m ²	5 pkt/m ²
4 x 4 2 x 8	16	25 27	8	32		
2 x 2	4	13			12	20

Tabell 17 Krav til kontrollflatenes form og størrelse



Figur 6 Kontrollflate – punkttetthet < 3 pkt/m²



Figur 7 Kontrollflate – punkttetthet ≥ 3 pkt/m²

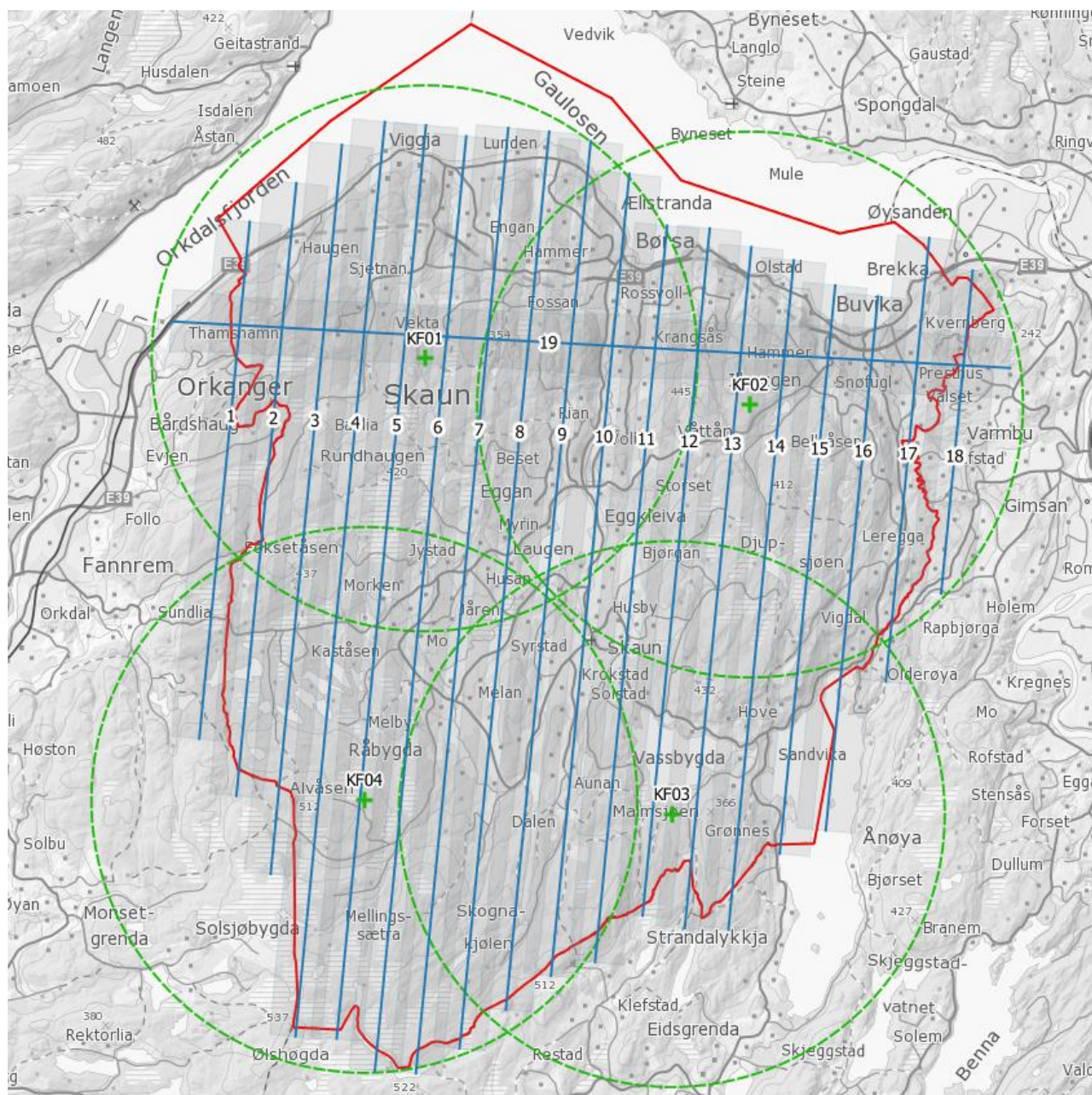
I kartleggingsprosjekt med både Laser og Foto kan senter av kontrollflate signaleres. Signalet skal i så fall inngå i signaleringsplan for foto.

Krav 34 Kontrollflater – antall og plassering	<ul style="list-style-type: none"> • En kontrollflates gyldighetsområde defineres med en buffer på 6 km radius fra kontrollflatens senter. • Kontrollflater skal planlegges slik at hele prosjektområdet er dekket av kontrollflatenes gyldighetsområder. Se figur 8. • Antall kontrollflater skal ikke være under et minimum på 3 flater per sammenhengende skanneblokk. Oppdragstaker kan slå sammen mindre områder til sammenhengende skanneblokk for å redusere behov for flater. Se figur 9. • Avvik fra antall og plassering av kontrollflater (f.eks. ved skanning av store områder uten infrastruktur eller mange spredte øyer) kan tillates dersom oppdragsgiver har åpnet for dette i teknisk spesifisering for oppdraget. I slike tilfeller skal det sørges for at korrekte GNSS-skift blir påført alle striper. • Kontrollflatene skal plasseres på en hard flat flate (asfalt, betong, plan og hard grusveg). Som hovedregel skal kontrollflatene plasseres innenfor prosjektavgrensingen. Dersom dette ikke er praktisk mulig, plasseres kontrollflatene i umiddelbar nærhet. Uansett skal laserdata over kontrollflatene inngå i leveransen. • Maksimum helning internt i flaten skal ikke overstige 5 %. Dersom helningen overstiger dette kan en grunnrissfeil påvirke resultatet av høydeanalyse. • Rundt kontrollflatene skal det være en buffersoner på minimum 0,5 m. Helningen på buffersonen skal ikke overskride 5%. Dersom det ikke benyttes en buffersoner rundt målt kontrollflate kan grunnrissfeil påvirke resultatet av høydeanalysen.
Krav 35 Kontrollflater – form og størrelse	<ul style="list-style-type: none"> • For punkttetthet < 3pkt/m² minimum 16 m² kontrollflate. Se tabell 17 • Punkttetthet >= 3pkt/m² minimum 4 m² kontrollflate. Se tabell 17

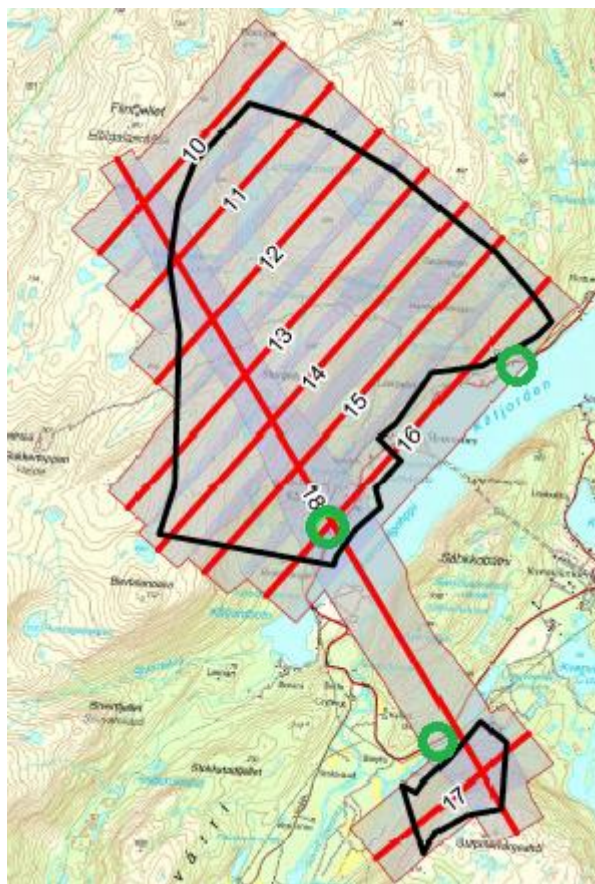
Standarder Geografisk Informasjon Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

Krav 36 Kontrollflater – nøyaktighet

- Punktene i kontrollflaten skal måles inn med standardavvik maksimalt lik $1/3$ av kravet til høydenøyaktighet i den ferdige punktskyen.
- Samme høydereferansemodell skal benyttes for innmåling av kontrollflate som for laser punktskyen.
- Landmålingsarbeidene inkl. rapportering skal utføres i henhold til standarden «Satellittbasert Posisjonsbestemmelse»



Figur 8 Kontrollflaters gyldighetsområde



Figur 9 Sammenslåing av polygoner til en skanneblokk

7.2.2.4 Kontrollprofiler

Kontrollprofiler skal benyttes for å kontrollere og eventuelt justere for systematisk avvik i grunnriss. Dersom mønelinjen i eksisterende FKB data oppfylder nøyaktighetskravet kan denne benyttes i grunnrissanalysen. I prosjekt utenfor bebyggelse må terrenglinjer benyttes.

<p>Krav 37 Kontrollprofiler – antall og plassering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Et profilpar består av en profil i N-S-retning og en profil i Ø-V-retning • Minimum antall profilpar i et laserprosjekt skal være 3 • Minimum antall profilpar i hver laserblokk skal være 1 • Profilene kan ha en annen orientering enn N-S/ Ø-V, men det skal etterstrebes at profilene i ulike retninger er orientert vinkelrett på hverandre.
---	--

Krav 38 Kontrollprofiler – form og størrelse	<ul style="list-style-type: none"> • Ved mønelinjer skal det måles minimum 4 punkt på hver takflate slik at mønelinjen kan beregnes fra skjæringspunktet mellom flatene. • Ved terrenmlinjer skal det utføres minimum en måling per meter, total lengde bør være minimum 10m. Knekkpunkter i terrenget skal måles. • Maksimal terrenghelning skal være 60 grader, og minimum terrengvariasjon i høyde på terrengprofilen skal være 2 m.
Krav 39 Kontrollprofiler – nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none"> • De enkelte punktene i kontrollprofilen skal måles inn med standardavvik maksimalt lik 1/3 av kravet til grunnrissnøyaktigheten i den ferdige punktskyen. • Samme høydereferansemodell skal benyttes for innmåling av kontrollprofil som for laser punktskyen. • Landmålingsrapport, der hvor GNSS er benyttet, skal utføres i henhold til standarden «Satellittbasert Posisjonsbestemmelse»

7.2.3 Utføring av datainnsamling

Til forskjell fra flyfotografering, kan laserskanning utføres uavhengig av solvinkel og sollys. Laserskanneren er en aktiv sensor som skaper sin egen belysning av overflaten. Dette medfører at laserskanning i utgangspunktet kan utføres hele året og når som helst på døgnet. Det er likevel viktig å vurdere når på året det er ønskelig å fly med hensyn til vegetasjon og snø. Best gjennomtrengning til bakken vil oppnås før løvsprett eller etter løvfall. Dersom man ønsker å ha en god terrengmodell bør skanningen gjennomføres før åkrene og bunnvegetasjon i skog har kommet for langt i vekst.

Laserskanning kan gjerne gjennomføres dersom det er skyer over flyet. Ved fuktighet mellom fly og bakke (snø, regn, tåke eller lavt skydekke) vil imidlertid lyset reflekteres og medføre svært få eller ingen retursignaler fra bakken. FLS bør derfor ikke gjennomføres ved slike forhold. For å unngå skjev punktfordeling og redusert nøyaktighet bør FLS heller ikke gjennomføres ved sterk vind (i flyhøyden) eller ved mye turbulens.

Krav 40 Utføring av laserskanning	<ul style="list-style-type: none"> • Krav til GNSS/INS sensor ref kap 6.3.1.2 • Krav til GNSS/INS datafangst ref kap 6.3.2.2 • Parallele nabostriper skal som hovedregel flys i motsatt retning for å bestemme ev. systematiske avvik mellom stripene.
--	---

7.3 Prosessering av georeferert punktsky

7.3.1 Prosessering av GNSS/INS data

Krav til GNSS/INS prosessering for LiDAR baserer seg på krav til GNSS/INS prosessering for Fotogrammetri og det vises til relevante paragrafer i kap 6.3.3.

Krav til rapportering er detaljert i kap 6.3.5, kategori «GNSS/INS».

7.3.2 Matching av punktsky

For å oppnå god nøyaktighet på punktskyen er det nødvendig å utføre matching av laserdataene. Denne prosessen innebærer å beregne og korrigere for systematiske og tilfeldige avvik i punktskyen. Ved matching av laserdata skilles det på daglig kalibrering og stripejustering.

7.3.2.1 Dokumentasjon på daglig kalibrering

Daglig kalibrering er en utvidelse av kalibrering av laserskanneren som er relatert til den enkelte flygning. De innsamlede data i tverrstripeområdene brukes for å beregne gjenværende vinkelavstander mellom de ulike koordinatsystemene og korreksjonsfaktorer for skannermekanismens retningsmåling.

```

Used loaded tie lines
Trajectories: J:\Laserprosjekt
Solution for line groups
Combined solution for all scanners

Starting avg 3d mismat 0.04715
Starting avg xy mismat 0.00000
Starting avg z mismatc 0.04715

Final avg 3d mismatch: 0.03266
Final avg xy mismatch: 0.00000
Final avg z mismatch: 0.03266

Execution time: 8.5 sec
Number of iterations: 5

Group          Z shift H shift R shift P shift      Scale
1              -0.015 -0.0031 -0.0014 +0.0008 +0.00016
2              +0.019 +0.0029 -0.0014 +0.0021 +0.00018

Number of usable observations
Group          Z Heading      Roll      Pitch      Scale
1             118234      89301     118234     89301     118234
2              95983      64219     95983      64219     95983

```

Figur 10 Eksempel på dokumentasjon av utført daglig kalibrering

<p>Krav 41 Dokumentasjon på daglig kalibrering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av benyttet metode for daglig kalibrering. • Beregnede korreksjonsparametere med standardavvik før og etter korrigerings. Se figur 10. • Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet. • Dersom daglig kalibrering ikke påføres skal dette begrunnes.
---	---

7.3.2.2 Stripejustering

Etter utført daglig kalibrering kan det være gjenværende tilfeldige avvik mellom flystripene i prosjektet. De innsamlede dataene i tverrstripeområder og overlappsområder mellom flystripene benyttes til å beregne stripevise korreksjoner.

```

Used loaded tie lines
Trajectories: J:\Laserprosjekt\
Solution for individual strips
Combined solution for all scanners

Starting avg 3d mismat 0.03064
Starting avg xy mismat 0.00000
Starting avg z mismatc 0.03064

Final avg 3d mismatch: 0.02390
Final avg xy mismatch: 0.00000
Final avg z mismatch: 0.02390

Execution time: 19.1 sec
Number of iterations: 6

Flightline      Z shift R shift
1               -0.036 -0.0014
2               -0.000 -0.0013
3               -0.005 -0.0004
4               -0.027 -0.0006
5               -0.024 -0.0001
6               -0.028 -0.0016
7               +0.021 +0.0003
8               +0.047 +0.0003
9               +0.002 -0.0002
10              +0.018 -0.0006

Number of usable observations
Flightline      Z      Roll
1               12628 12628
2               15628 15628
3               14822 14822
4               15304 15304
5               19512 19512
6               22289 22289
7               21204 21204
8               21688 21688
9               21217 21217
10              22755 22755

```

Figur 11 Eksempel på dokumentasjon av utført stripejustering

<p>Krav 42 Dokumentasjon på stripejustering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av benyttet metode for stripejustering. • Beregnede korreksjonsparametere per flystripe med standardavvik før og etter korrigerings. Se figur 11. • Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet. • Dersom stripejustering ikke påføres skal dette begrunnes.
--	---

7.3.3 Kontroll av punktsky, systematiske avvik

Erfaring viser at det ofte er behov for korreksjon for systematiske avvik i de enkelte prosjekter.

Ulike Feilkilder som kan gi systematiske avvik er:

- GNSS/INS løsningen
- Systematisk avvik fra stripejustering
- Ytre væravhengige faktorer som trykk og temperatur
- Kalibrering av instrumentet

Med bakgrunn i dette stilles det i det følgende krav om bruk av kontrolldata. For å kontrollere høydenøyaktighet benyttes kontrollflater og for å kontrollere grunnriss benyttes kontrollprofiler.

7.3.3.1 Kontroll av høydenøyaktighet

Kontrollflater skal benyttes for å kontrollere og eventuelt justere for systematisk avvik i høyde på punktskyen. Analysen mot kontrollflaten skal utføres mot alle klasser med unntak av klasse 7 «støy-punkter».

Oppdragstaker skal begrunne årsak til at en kontrollflater som skiller seg fra resterende flater forkastes. Benyttede kontrollflater i justering og statistikk skal være i henhold til antall spesifisert i godkjent flyplan. Ved avvik uten åpenbare forklaringer (terrengendringer) skal det utføres kontrollmåling.

<p>Krav 43 Dokumentasjon på høydekontroll</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av benyttet metode for høydekontroll. • Dokumentasjon av beregnet og påført høydejustering på laserdataene. • Det kan maksimalt justeres for ett systematisk avvik i øst, nord og høyde per prosjektområde. • Endelig resultat etter eventuell høydejustering skal dokumenteres med høyderapport per kontrollflate, samt en sammenfattet oversikt med statistisk informasjon for alle flater. Se figur 12 og 13. • Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet. • Kontrollflatenes navngiving skal følge navngiving i landmålingsrapporten.
--	--

Standarder Geografisk Informasjon

Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

J:\laserprosjekt\KF02.txt					
Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
14	515081.655	6874054.489	896.696	896.710	+0.014
3	515079.505	6874055.131	896.578	896.590	+0.012
2	515079.754	6874054.228	896.548	896.550	+0.002
8	515080.702	6874054.297	896.618	896.620	+0.002
25	515083.935	6874054.049	896.880	896.880	+0.000
13	515081.718	6874053.629	896.673	896.670	-0.003
20	515082.886	6874054.719	896.815	896.810	-0.005
1	515079.912	6874053.454	896.526	896.520	-0.006
7	515080.866	6874053.577	896.606	896.600	-0.006
26	515083.991	6874054.984	896.917	896.910	-0.007
15	515081.444	6874055.555	896.749	896.740	-0.009
19	515082.967	6874053.816	896.789	896.780	-0.009
32	515085.767	6874055.267	897.080	897.070	-0.010
21	515082.680	6874055.628	896.855	896.840	-0.015
33	515085.518	6874055.984	897.098	897.080	-0.018
9	515080.519	6874055.226	896.668	896.650	-0.018
4	515079.331	6874056.011	896.584	896.560	-0.024
27	515083.853	6874055.889	896.964	896.940	-0.024
10	515080.374	6874056.050	896.675	896.650	-0.025
29	515083.588	6874057.711	896.895	896.870	-0.025
31	515086.053	6874054.420	897.065	897.040	-0.025
35	515085.033	6874057.850	897.016	896.990	-0.026
17	515081.190	6874057.218	896.707	896.680	-0.027
30	515083.442	6874058.703	896.830	896.800	-0.030
28	515083.716	6874056.610	896.962	896.930	-0.032
5	515079.194	6874056.777	896.542	896.510	-0.032
22	515082.446	6874056.333	896.853	896.820	-0.033
6	515079.051	6874057.740	896.495	896.460	-0.035
16	515081.337	6874056.290	896.767	896.730	-0.037
34	515085.312	6874056.716	897.098	897.060	-0.038
36	515084.836	6874058.897	896.940	896.900	-0.040
11	515080.248	6874056.985	896.631	896.590	-0.041
23	515082.245	6874057.459	896.791	896.750	-0.041
18	515081.054	6874058.204	896.654	896.610	-0.044
24	515082.081	6874058.435	896.727	896.680	-0.047
12	515080.247	6874058.187	896.582	896.530	-0.052
Average dz					-0.021
Minimum dz					-0.052
Maximum dz					+0.014
Average magnitude					0.023
Root mean square					0.027
Std deviation					0.017

Figur 12 Eksempel på dokumentasjon per kontrollflate

Kontrollflate	Gjennomsnitt dZ (m)	Maksimum dZ (m)	Minimum dZ (m)	RMS (m)	Standardavvik (m)
KF01	0,026	0,039	0,013	0,027	0,006
KF02	-0,021	0,014	-0,052	0,027	0,017
KF03	0,014	0,029	-0,003	0,016	0,008
KF04	-0,009	0,001	-0,029	0,012	0,007

Figur 13 Eksempel på samlet oversikt over statistikk fra kontrollflatene

7.3.3.2 Kontroll av grunnrissnøyaktighet

For å dokumentere de aktuelle prosjektenes kvalitet i grunnriss skal målte kontrollprofiler benyttes for grunnrisskontroll.

Oppdragstaker skal undersøke og kommentere eventuelle avvik i grunnrisskontrollen som overstiger kravet til grunnrissnøyaktighet for det aktuelle prosjekt.

Krav 44 Dokumentasjon på grunnrisskontroll	<ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av benyttet metode for grunnrisskontroll • Dokumentasjon på beregnede avvik i grunnriss i sammenfattet oversikt. Se figur 14. • Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet. • Kontrollprofilenes navngivning skal følge navngivning i landmålingsrapport.
---	---

Kontrollprofil	Type profil	Retning (grader)	Målt avvik (m)	Avvik dN (m)	Avvik dE (m)
KP01	Mønelinje	6	0,08	0,01	0,08
KP02	Mønelinje	97	0,10	0,10	-0,01
KP03	Terrenglinje	13	0,09	0,02	0,09
KP04	Mønelinje	290	0,09	-0,08	0,03
KP05	Terrenglinje	9	0,11	0,02	0,11
KP06	Mønelinje	95	0,17	0,17	-0,01

Figur 14 Eksempel på samlet oversikt over målte avvik i grunnriss

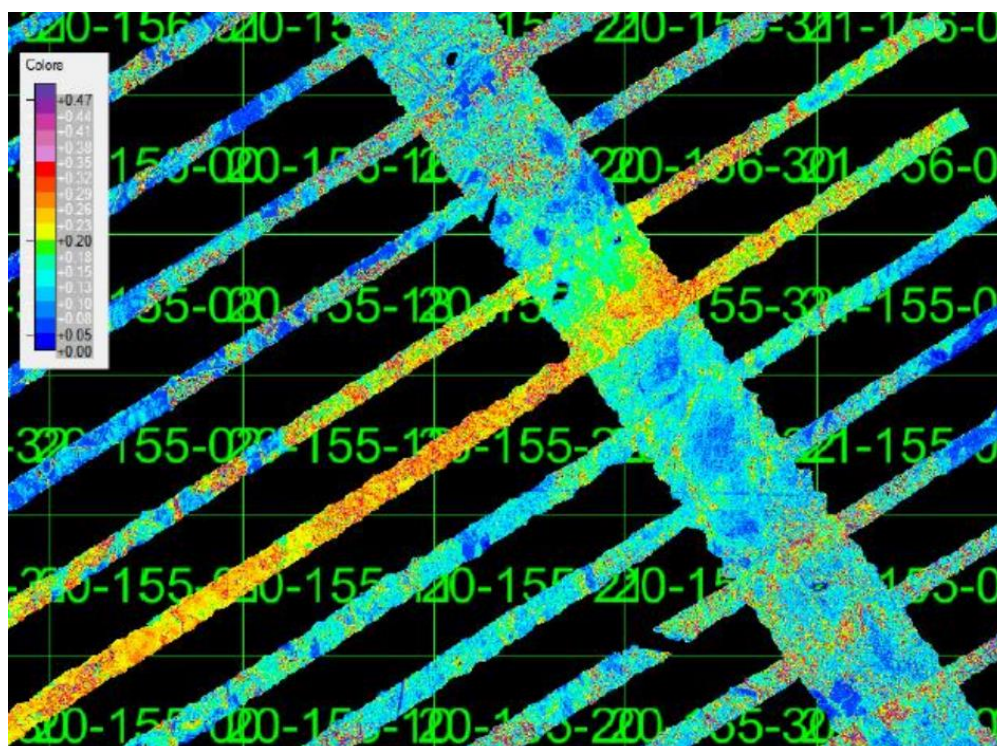
7.3.4 Dokumentasjon av Homogenitet

Punktskyen må kontrolleres for tilfeldige feil. Dette er viktig for å avdekke mulige grove feil og manglende homogenitet i punktskyen.

Typiske feilkilder er:

- Drift i GNSS/INS løsningen
- Stripejustering
- Kalibrering av instrumentet

Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet. Resultatet skal være homogent, eventuelle mønster skal ikke forekomme.



Figur 15 Eksempel på plott over beregnede høydeavvik mellom flystriper

<p>Krav 45 Dokumentasjon på kontroll av punktsky</p>	<ul style="list-style-type: none"> • I overlapsområder skal det beregnes høydeavvik mellom stripene ved sammenligning av automatisk klassifisert terrengmodell for hver flystripe. • Resultatet skal dokumenteres numerisk i tabell • Resultatet skal dokumenteres visuelt ved kartbladvis georefererte TIF-filer med oppløsning 1 m. Benyttet fargeskala skal inkluderes i kartleggingsrapport • Oppdragstaker skal gi sin vurdering av resultatet.
---	--

7.4 Bearbeiding av laserdata (klassifisering)

Hvert punkt i punktskyen kan klassifiseres i separate klasser. Vanligste form for klassifisering er å klassifisere en terrengmodell ved å skille punkter som er treff på bakken fra de øvrige punktene i punktskyen. Avhengig av formålet med laserskanningen vil oppdragstakeren kunne klassifisere punktene i ulike lag, f.eks. bygninger, broer, vann, objekter 0–2 m over bakken.

Gjeldende versjon av dokumentet Produktspesifikasjon Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser) detaljerer hvilke klasser som tillates.

For å sikre et godt sluttresultat må datasettet gjennomgå en manuell etterkontroll for å fange eventuelle feil introdusert ved kjøring av automatiske klassifiseringsrutiner.

7.4.1 Grovfeilsøk

I laserdata vil det forekomme feil av type atmosfæriske treff og lave punkter som skyldes "multipath" eller gal bestemmelse av siste puls. Punkter av den siste feiltypen vil ofte bli inkludert i terrengmodellen siden mange klassifiseringsrutiner bygger på det prinsippet at det laveste punktet innen et gitt areal antas å tilhøre terrengmodellen. Prosessen med å oppdage lave punkter omfatter både automatiske rutiner og visuell betraktning av f.eks. skyggelagte relieffbilder.

7.4.2 Klassifisering av terrengmodell

Klassifisering av terrengmodell innebærer å skille punkter som er treff på bakken fra de øvrige punktene i punktskyen. Oppdragstaker optimaliserer parametersettingen på automatiske klassifiseringsrutiner for å redusere behovet for manuelt etterarbeid.

7.4.3 Klassifisering av andre objekter

Ved behov kan oppdragsgiver etterspørre klassifisering av objekter utover terrengmodell. Mulig klassifisering kan være bruer, store steiner, bygninger, kraftledninger. Supplerende vektordata kan være til støtte ved klassifisering av objekter.

<p>Krav 46 Klassifisering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Oppdragstaker skal dokumentere benyttet programvare for feilsøking. • Oppdragstaker skal dokumentere benyttet programvare for automatisk klassifisering av terrengmodell. • Ved klassifisering av andre objekter kan det benyttes FKB-data og andre vektordata for å sikre samsvar mellom konstruksjon og klassifisert punktsky. • Manuell inspeksjon av laserdataene skal utføres for å sikre at feilklassifiseringer og mangelfull klassifisering fra de automatiske klassifiseringsrutinene korrigeres.
--------------------------------------	---

7.5 Egenkontroll og rapportering (laserskanning)

Krav 47 Rapportering - Laserskanning	Rapport for laserskanning skal som minimum inneholde informasjonen spesifisert i tabell 18.
---	---

Kategori	Element	Innhold
Generell informasjon	Oppdragsgiver	(adresse, prosjektleder)
	Oppdragets navn og nummer	
	Dekningsnummer	
	Oppdragstaker	(adresse, prosjektleder, fagansvarlig, underleverandører)
	Beskrivelse av oppdraget	(produkt, areal, referanse til standarddokumenter) (eventuelle endringer/ utvidelser til opprinnelig teknisk spesifisering)
	Antall eksemplar av rapport	(antall og oppbevaringssted)
	Datering og signatur	
Landmålingsrapporter	Rapport innmåling Kontrollflater	Dokumentasjon iht krav stilt i kap 7.2.2.3
	Rapport innmåling Kontrollprofiler	Dokumentasjon iht krav stilt i kap 7.2.2.4
Gjennomføring av Laserskanning	Fly	(fabrikat, type, kallesignal, trykkabin j/n)
	Skannersystem	<ul style="list-style-type: none"> ● Skanner: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr., ev. revisjonsnr. ○ Leverandørkalibreringer: Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.2.1 ● Gyromount: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type ● GNSS-mottaker og antenne: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr. Benyttet loggerate ● IMU: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabrikat, type, serienr., benyttet loggerate ● Beskrivelse av hvordan antenneeksentrisitet er bestemt, dokumentasjon av andre eksentrisiteter (f.eks. IMU montering) ● Installasjonskalibreringer: Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.2.1. ● Beskrivelse av utført initialisering av GNSS/INS-utstyr
	Klarmelding	<ul style="list-style-type: none"> ● Tidspunkt for avgitt klarmelding(er) for laserskanning ● Kopi av klarmelding(er) og flyfirmaets bekreftelse på denne/disse
	Progresjon	Oversikt over flydager med skannede flystriper per flydag.
	Værforhold	Beskrivelse av generelle forhold, inkl. skyforhold, sikt, vind og turbulens. Ved vanskelige forhold skal det rapporteres hvilke striper dette kan angå.

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

	Avvik	Ev. problemer ifb. gjennomføringen: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av problemer, inkl. årsaker til disse, som vil eller kan resultere i negative konsekvenser for mellom- og/eller sluttprodukter • Beskrivelse av tilhørende utførte tiltak • Beskrivelse av mulige konsekvenser av problemene
	Vurdering av resultat	En samlet vurdering av utføringen av skanningen og kvaliteten på arbeidene mht. bestilling og øvrige krav.
Bearbeiding av Laserdata	GNSS/INS Beregning	<ul style="list-style-type: none"> • Beregningsdato (dato for ferdigstilling av beregning) • Programvare (fabrikat, versjonsnr) • Prinsipp/metode for beregning av GNSS/INS-løsning • Eventuelle geodetiske transformasjoner • Eventuelle høydetransformasjoner/høydeskaleringer • Eventuelle andre transformasjoner eller korreksjoner • Vurdering av resultatet
	Matching av punktsky	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.3.2
	Kontroll av Punktsky Systematiske Avvik	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.3.3
	Kontroll av Punktsky Homogenitet	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.3.4
	Bearbeiding av Laserdata Klassifisering	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjon iht. krav stilt i kap 7.4
Leveranser	Produktspesifikasjon	Versjon av produktspesifikasjon og objektkatalog.
	Leveranser	En fullstendig oversikt over alle leverte data, metadata og ev. medfølgende dokumentasjon skal stilles opp. Oversikten skal minimum inneholde: <ul style="list-style-type: none"> • Spesifikasjon av leveranseformat, medium og ev. inndeling i kataloger og filer • Spesifikasjon av enheter (koordinater, rotasjoner, avstander, osv.)

Tabell 18 Krav til rapportering av konstruksjonsarbeider

8 Konvertering av analoge kart til digitale vektordata

8.1 Generelt

De metoder som omtales her, manuell digitalisering og skanning/vektorisering, gir kun x- og y-koordinater. Om dataene i tillegg skal tildeles z-koordinat (høyde), må dette gjennomføres ut fra behov og muligheter.

I dette kapitlet behandles ikke produksjonsmetoder for etablering av rasterdata (georeferert digitalt kartbilde) som produkt.

8.2 Manuell digitalisering

Manuell digitalisering av eksisterende kart blir ofte benyttet som en rask og enkel måte å skaffe til veie et digitalt kart. Kartet blir digitalisert av en operatør som følger alle linjer/punkter og tildeler objekttype og egenskaper basert på sin tolking.

Dette kapitlet omfatter digitaliseringen direkte på skjerm, metoden forutsetter at kartet som skal digitaliseres er skannet og georeferert.

8.2.1 Innpassing

Ved skjermdigitalisering er kartbildet normalt allerede innpasset. Man skal likevel, så langt som mulig, kontrollere innpassingen. Dette gjøres ved at man digitaliserer 2 kontrollpunkter, f.eks. rutenettkryss.

Opplysninger om målemetode og nøyaktighet kommer til syne under kvalitetsangivelsen som blir lagt til hver gruppe som blir digitalisert.

8.2.2 Tildeling av objekttype

Alt som digitaliseres, skal gis en objekttype og ev. andre egenskaper (f.eks. ..HØYDE) i henhold til gjeldende spesifikasjoner for oppdraget. Det normale vil være at operatøren tolker kartet og gir objekttype i henhold til denne tolkingen, eller at kartet er utarbeidet som et manuskart der kodingen går klart frem av farge- eller symbolbruk.

8.2.3 Registreringsmetode

Registrering av enkeltpunkter gir x- og y-koordinater og tilhørende objekttype. Registrering av linjer kan gjøres på ulike måter:

- Kontinuerlig registrering: Dette innebærer et gitt antall punkter pr. tidsenhet eller pr. avstandsenhet. Denne metoden kan gi svært mange punkter, men blir ofte benyttet fordi den er rask. Antall punkter som registreres pr. sekund, må sees i sammenheng med aktuell målestokk som benyttes. Likeså må en ev. punktsiling, dvs. reduksjon av antall punkter uten at linjens utseende endres, tilpasses til den aktuelle målestokk som benyttes.
- Enkeltpunkter i sekvens: Dette gir færre punkter, men kan gi en noe kantete kurve og ta noe lenger tid enn ovenstående metode.

Ved digitalisering benyttes de samme registreringsmetodene som ved fotogrammetrisk kartlegging. I Produktspesifikasjon FKB er det for hver objekttype angitt hvilken metode som fortrinnsvis skal benyttes.

8.2.4 Topologi

Under digitaliseringen er det viktig å ta hensyn til hvilken topologi det ferdige resultatet skal ha, og hvilke metoder som skal benyttes for å etablere topologien. Produktspesifikasjoner vil angi krav til topologi.

Datsett med topologi vil være på SOSI-nivå 3 (linjenettverk) eller 4 (lukkede polygoner). Under digitaliseringen må alle linjer ende i et knutepunkt mot andre linjer. Dette kan skje ved at digitaliseringsprogrammet beregner knutepunktet under digitaliseringen, eller at det skjer i en prosess etter selve digitaliseringen. Danning av knutepunkt, under eller etter digitaliseringen, skjer ved at punkter som ligger innen en viss avstand (snapperadius), slås sammen. Linjer som krysser hverandre, eller som ender innen en viss avstand fra en annen linje, vil også få dannet knutepunkt. Hvis enkelte linjer har en høyere nøyaktighet enn andre, bør de gis en tyngre vektning i beregning av endelig plassering av knutepunktet.

8.3 Automatisk digitalisering

Automatisk digitalisering omhandler skanning, vektorisering og ev. mønster-/symbolgjenkjenning. Skanning gir rasterdata, mens vektorisering konverterer rasterdata til vektordata. Mønster-/symbolgjenkjenning konverterer rasterbilder av symboler, tekst og tall til meningsfylt informasjon. Metoden forutsetter ofte interaktiv styring og kontroll fra operatøren. Nøyaktighetsmessig vil det være liten praktisk forskjell på denne metoden i forhold til manuell digitalisering. Automatisk digitalisering kan resultere i en "dårlig datastruktur", f.eks. er det vanlig at rette linjer blir oppdelt i flere små linjebiter. Dette kan rettes opp ved etterprosessering.

Ved skanning av rissefolier blir det best resultat med gjennomlysning, altså underlys.

8.3.1 Skanneoppløsning

Kravet til oppløsning vil være avhengig av kartet som skal skannes. Oppløsningen skal være bedre enn halvparten av den tynneste linje eller detalj som skal skannes. Det betyr at hvis tynneste linje er 0,1 mm, skal oppløsningen være 0,05 mm eller bedre. Oppløsningen må oppgis i optisk verdi, altså det som leses direkte i skanneren, og ikke som en oppløsning som er et resultat av en beregning i etterkant.

8.3.2 Kalibrering av skanner

Skannere skal kalibreres for systematiske feil, og rasterfila fra skanningen skal korrigeres for systematiske feil ved hjelp av denne kalibreringen. Kalibreringen av skanneren foretas med jevne mellomrom, f.eks. en gang hvert år.

8.3.3 Innpassing/transformasjoner

Kartet som skal skannes, må ha klart definerte merker eller punkter (rammemerker), med kjente terrengkoordinater for at de skannede data skal kunne transformeres til terrengkoordinater. Det bør være minst 6 slike rammemerker på kartet, men av praktiske årsaker vil det ofte være vanskelig å få flere enn 4. Dette kan godtas hvis kartet er av stabilt fysisk materiale (f.eks. kartfolier) og nøyaktighetskravet ikke er for høyt.

8.3.4 Vektorisering

8.3.4.1 Topologi

På samme måte som ved manuell digitalisering må det spesifiseres hvilken topologi som skal ligge i det ferdige resultatet. Krav for danning av knutepunkt (avstand mellom punkter og linjer) må oppgis.

8.3.4.2 Klipping mot kartkant

Alle linjer skal klippes eksakt mot kartkant. Kartkant skal være oppgitt eller mulig å beregne. Linjer som slutter innenfor en gitt avstand til kartkant (f.eks. 2 mm), forlenges til skjæring med kartkant. Punkter eller linjer som går utenfor kartkanten, skal ikke med i det endelige resultatet med mindre det er spesielt avtalt og kodet på en spesiell måte.

8.3.4.3 Punkttetthet

Linjer kan representeres ved et punkt i hvert knekkpunkt, dvs. der linjen endrer retning, ved en serie punkter med konstant avstand eller en serie punkter med avstand varierende med hvor mye linjen endrer retning. Måten linjer representeres på, skal oppgis.

8.3.4.4 Gap

I linjer som skal være sammenhengende, kan det være små brudd. Det skal oppgis hvor store gap som skal "tettes". Det normale vil være inntil 2 mm, men dette vil variere med kartets kompleksitet og innhold. Linjer med gap som lukkes, gis en kvalitetskode som viser at automatisk lukking er foretatt.

8.3.5 Mønster-/symbolgjenkjenning

Det kan utføres automatisk eller halvautomatisk mønstergjenkjenning på det skannede kartet. Normalt vil mønstergjenkjenningen være best å utføre på rasterfila, men det vil avhenge av hvilket program som benyttes. Objekter som er mønstergjenkjent, skal kodes i henhold til de egenskaper objektet har. Det må fremgå klart av kvalitetsinformasjonen (i hodet på fila) hvilket program og hvilken metode som er benyttet. Usikre gjenkjenninger må kodes spesielt.

8.4 Kvalitetskoding

Det er viktig å registrere kvalitetskode under digitaliseringen. Med kvalitetskoding menes at alle registrerte objekter skal ha registrert målemetode, f.eks. digitalisert på digitaliseringsbord fra papirkart, og stedfestingsnøyaktighet. Det påhviler operatøren et ansvar for at alle vurderinger og tolkinger som blir gjort, kommer til kjennskap for de som skal benytte dataene senere.

9 Arkivering og sikring

9.1 Generelle bestemmelser

Kart og geodata (herunder flybilder (originaler, kopier og digitale opptak), kart (folier, papir) og måledata) er i utgangspunktet offentlig informasjon som skal arkiveres og behandles etter generelle lover og standarder. De viktigste lovene er:

- Arkivlova som inneholder generelle bestemmelser for offentlige og private arkiver med viktig forvaltningsmessig informasjon.
- Personopplysningsloven som skal sikre at personopplysninger blir behandlet i samsvar med grunnleggende personvern hensyn.
- Sikkerhetsloven som skal bidra til å verne om nasjonale sikkerhetsinteresser.

Av standarder og veiledere kan spesielt nevnes:

- "Noark 4 standarden" som spesifiserer kravene til elektroniske arkivsystemer i offentlig forvaltning.
- Miljøverndepartementets veileder "Det offentlige kartgrunnlaget" som beskriver etablering og drift av kommunens kartgrunnlag i henhold til kapittelet om kartverk i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven.

9.1.1 Arkivering

Ved arkivering av både analogt og digitalt materiale skal:

- arkivet være enkelt å vedlikeholde.
- arkivet gi en fullstendig og systematisk oversikt over innholdet. Informasjonen skal være lett tilgjengelig.
- det foreligge instruks for arkivtjenesten og rutiner som skal følges.
- arkivet ha en ansvarshavende som plikter å påse at rutinene følges.

9.1.2 Sikring

Arkivmaterialet er offentlig informasjon som alle har rett til innsyn i. I noen tilfeller må imidlertid behandling og utlevering vurderes i forhold til personvernet (se veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen").

Materialet skal oppbevares på en sikkerhetsmessig forsvarlig måte, og det skal jevnlig tas sikkerhetskopier av digitale data. Lagring, behandling og tilgang til materialet skal inngå i beredskapsplan der slike planer er pålagt. For øvrig vises til KS som har gitt ut en egen veileder om datasikkerhet, "Rapp.3a/97-Datasikkerhet.Hvorfor det?" og "Rapp. 3b/97-Datasikkerhet.Veileder."

Arkivmaterialet skal være sikret mot uforsvarlig behandling og forhold som kan forringe eller tilintetgjøre det, slik som ikke-kontrollerte uttak, ikke-autoriserte endringer og ødeleggelser.

Originaler skal sikres ved kopiering på godkjent datamedium. Originaler og sikkerhetskopier skal oppbevares på hvert sitt geografiske sted.

9.1.3 Historisk lagring

Historisk lagring skal gjennomføres etter arkivlova med forskrifter og de bestemmelser som gis av arkivverket (Riksarkivet eller statsarkivene).

Det skal lagres årsversjoner av alle datasett. Ved full datering i datasettene (også når objekter fjernes) er det tilstrekkelig med lagring av versjoner hvert 3. til 5. år.

9.1.4 Sikkerhetsgradert materiale

Arkivet vil normalt ikke inneholde opplysninger som må beskyttes av sikkerhetsmessige grunner.

Flybilder og annet materiale som inneholder informasjon av betydning for landets sikkerhet, skal oppbevares på en slik måte at de ikke kommer uvedkommende i hende. Det skal foreligge egen instruks for flytting/tilintetgjørelse av sikkerhetsgradert arkivmateriale ved katastrofer. Det vises til lov om forebyggende sikkerhetstjeneste (sikkerhetsloven) med forskrifter.

Oppdragsgivere for fotografering som mottar billedata, skal sikre disse mot uvedkommende i henhold til lov om forebyggende sikkerhetstjeneste (sikkerhetsloven) med forskrifter. Slikt materiale skal ikke bringes ut av landet uten forutgående samtykke fra Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM).

9.2 Originalt materiale

Inntil levering har funnet sted, har oppdragstaker risikoen for alt originalt materiale, ref. "Avtale for geodataarbeider".

9.2.1 Film og digitale opptak

Her omtales både analogt og digitalt filmmateriale og opptak med digitale sensorer. Oppdragstakeren for fotografering skal oppbevare originalmaterialet ved jevn og riktig temperatur og relativ fuktighet (klimarom), slik at plastiske deformasjoner og skader på dataene unngås. Oppbevaringen skal være slik at materialet ikke utsettes for nedstøving eller kjemisk og fysisk påvirkning som resulterer i at emulsjon, base eller data skades eller deformeres. Data må sikres mot avmagnetisering, samt tap pga. lang lagringstid på datamediet.

Oppdragstaker skal oppbevare originalmaterialet i minimum 4 år etter fotograferingsåret. Deretter skal det overføres til Statens kartverk Sentralarkivet for vertikalbilder.

Oppdragstakers arkiv skal godkjennes av Statens kartverk og NSM. NSM gir instruks for og kontrollerer den sikkerhetsmessige behandlingen av materialet. Dersom arkivet ikke blir godkjent, plikter oppdragstaker å overføre originalmaterialet til et godkjent arkiv tilvist av Statens kartverk.

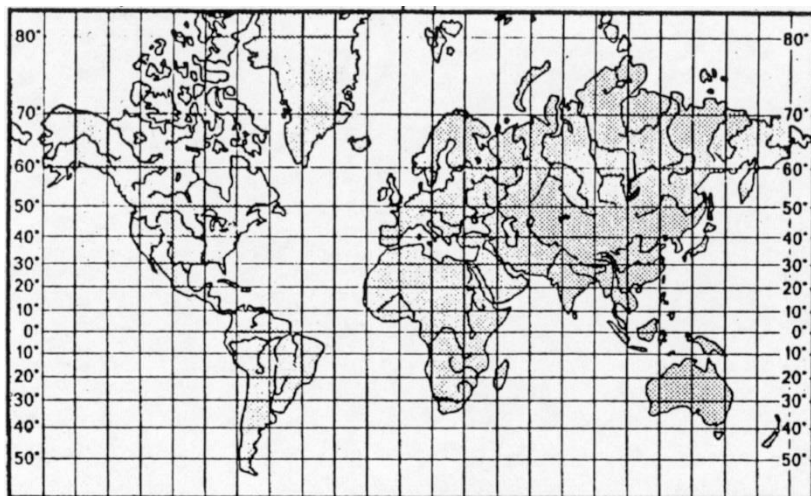
9.2.2 Kartmateriale og geodata

Originalt kartmateriale og geodata skal oppbevares på en slik måte at det til enhver tid kan fremstilles kopier uten at kvaliteten forringes.

9.2.3 Måledata og beregninger

Med måledata og beregninger forstås observasjonsbøker, originale digitale måledata, observasjonsriss, beregninger utført på grunnlag av disse måledataene, samt punktskisser. Materialet skal oppbevares og sikres på en slik måte at det til enhver tid kan fremstilles kopier uten at kvaliteten forringes. Digitale data skal oppbevares på en slik form at nyberegninger kan foretas umiddelbart. Materialet skal være tydelig merket med eierens navn.

Vedlegg A. (informativt) Solhødetabell



Datotabell	21/12	6/12-7/1	21/11-22/11	5/11-7/2	21/10-22/2	8/10-8/3	22/9-23/3	7/9-7/4	22/8-22/4	7/8-7/5	22/7-23/5	7/7-7/6	21/6
Nordlig halvkule	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
Sydlig halvkule	N	M	L	K	I	H	G	F	E	D	C	B	A

$\phi = 60^\circ$	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00 18.00							1	6	10	14	18	19	20
6.30 17.30							4	9	14	18	21	23	24
7.00 17.00						3	8	13	18	22	25	27	28
7.30 16.30					2	7	12	17	22	26	29	31	31
8.00 16.00				1	5	10	15	20	25	29	32	34	35
8.30 15.30			0	4	8	13	18	24	29	33	36	38	39
9.00 15.00		0	2	6	11	16	21	27	32	36	39	41	42
9.30 14.30	1	20	5	9	13	19	24	29	35	39	42	44	45
10.00 14.00	3	4	7	11	16	21	26	32	37	42	45	47	48
10.30 13.30	5	6	8	12	17	23	28	34	39	44	47	49	50
11.00 13.00	6	7	9	14	19	24	30	35	41	45	49	51	52
11.30 12.30	6	7	10	14	19	25	30	36	42	46	50	52	53
12.00	7	8	10	15	20	25	31	36	42	47	50	53	53

$\phi = 70^\circ$	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00 18.00							1	6	11	16	19	21	22
6.30 17.30							3	9	14	18	22	24	24
7.00 17.00						0	6	11	16	21	24	26	27
7.30 16.30						3	8	14	19	23	27	29	30
8.00 16.00					0	5	10	16	21	26	29	31	32
8.30 15.30					2	7	13	18	24	28	32	34	34
9.00 15.00					4	9	15	20	26	30	34	36	37
9.30 14.30				1	6	11	16	22	27	32	36	38	39
10.00 14.00				2	7	12	18	24	29	34	37	39	40
10.30 13.30				3	8	13	19	25	30	35	39	41	42
11.00 13.00			0	4	9	14	20	26	31	36	40	42	43
11.30 12.30			0	4	9	15	20	26	32	36	40	42	43
12.00			0	5	10	15	21	26	32	37	40	43	43

Standarder Geografisk Informasjon
Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

$\phi = 80^\circ$	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00 18.00							1	6	12	16	20	22	23
6.30 17.30							2	8	13	18	21	24	24
7.00 17.00							3	9	14	19	23	25	26
7.30 16.30							4	10	16	20	24	26	27
8.00 16.00						0	6	11	17	21	25	27	28
8.30 15.30						1	7	12	18	23	26	28	29
9.00 15.00						2	8	13	19	24	27	30	30
9.30 14.30						3	9	14	20	24	28	30	31
10.00 14.00						4	9	15	21	25	29	31	32
10.30 13.30						4	10	16	21	26	30	32	33
11.00 13.00						5	10	16	22	26	30	32	33
11.30 12.30						5	11	16	22	27	30	33	33
12.00					0	5	11	16	22	27	30	33	33

Tabell 19 Solhøydetabell, solvinkel gitt i grader

Eksempel: Man søker solhøyden 60° nord den 7. september kl. 11.00.
 Av Datotabellen får man bokstaven H for 7. september, nordlig
 halvkule. For 60° nord, bokstav H og klokkeslett 11.00, får man da en
 solhøyde lik 35° .

Vedlegg B. (informativt) – Valg av bildeoppløsning (GSD)

Bildeoppløsning (GSD) bestemmer hvilken kvalitet som kan forventes ved kartkonstruksjon (jf. Produktspesifikasjon FKB), aerotriangulering, fremstilling av DTM eller ortofoto osv.

Bildeoppløsningen må være god nok til at kartkonstruktøren kan identifisere alle objektene som skal konstrueres, og til at nøyaktigheten blir som forutsatt.

På denne bakgrunn benyttes som oftest følgende GSD til de ulike FKB-standardene, se tabell 9.

FKB-standard	GSD
A	4 – 8
B	10 – 12
C	20 - 25
D	25 - 50

Tabell 20 Eksempler på sammenheng mellom FKB-standard og GSD

Tabell 21 gir informasjon om begrensninger i muligheten til å tolke bildene. Tabellen er basert på analog fotografering, tilsvarende tabell er ikke utarbeidet for fotografering med digitalt kamera. (Kilde: «Handbok till mätningsskunnjörelse – Fotogrammetri»).

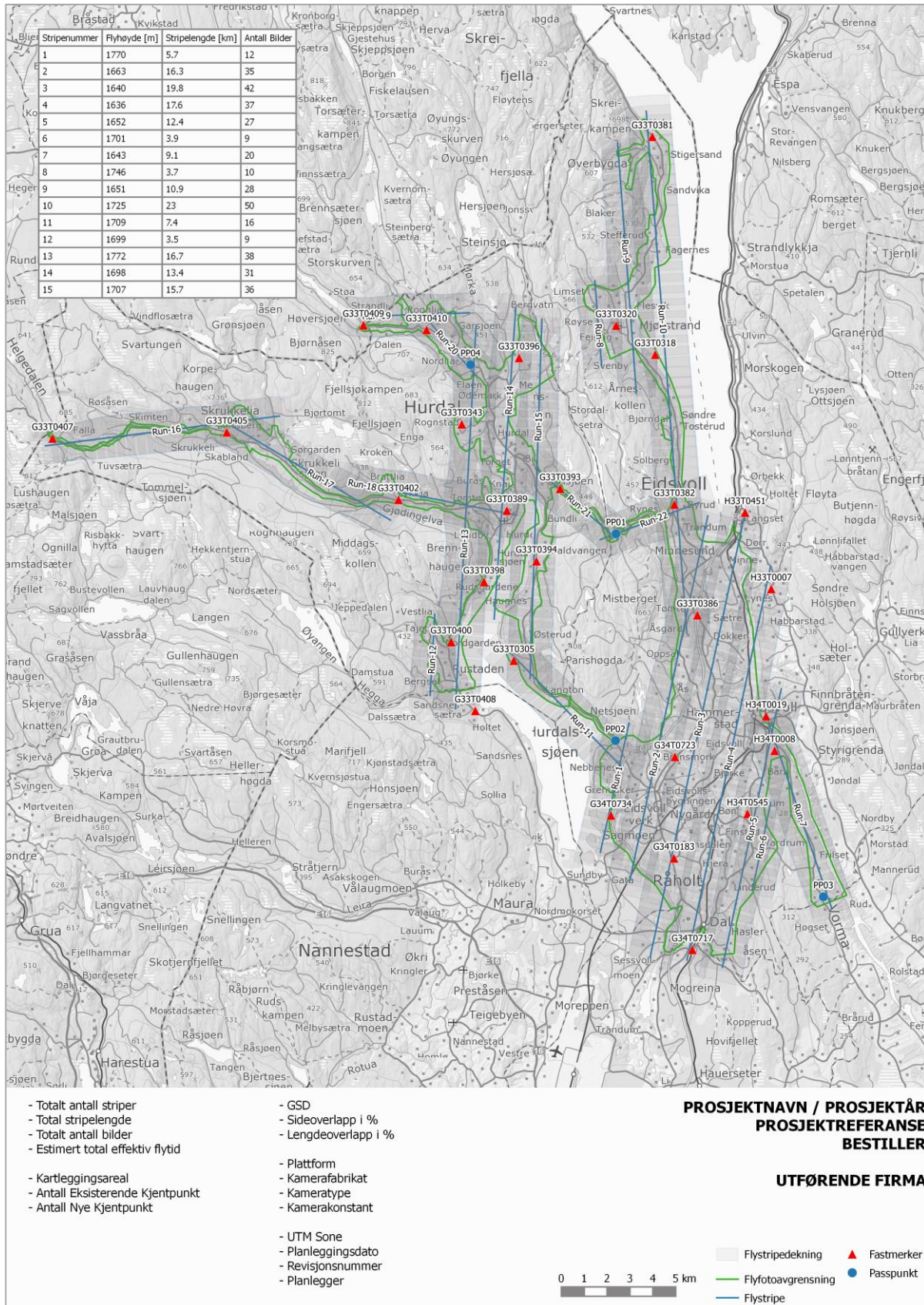
Eksempel på tolkingsvanskeligheter	Flyhøyde (m.o.t.) (vidvinkelkamera)	Bildemålestokk
noe tap av trådgjerder mulig å tolke ikke-signalerte kummer	600	1:4000
noe tap av fortauskanter betydelig tap av trådgjerder usikker tolking av ikke-signalerte kummer	800	1:5300
betydelig tap av fortauskanter usikker tolking av stakittgjerder og hekker noe tap av stolper	1000	1:6500
noe tap av trapper noe tap av stakittgjerder og hekker	1200	1:8000
usikker tolking av bygningstype noe tap av tilbygg mindre grøfter mistes helt	1500	1:10 000
betydelig tap av tilbygg	2300	1:15 000

Tabell 21 Eksempler på vanskeligheter ved tolking av objekter i bildene fra ulike flyhøyder

Vedlegg C. Eksempel fly- og signaleringsplaner

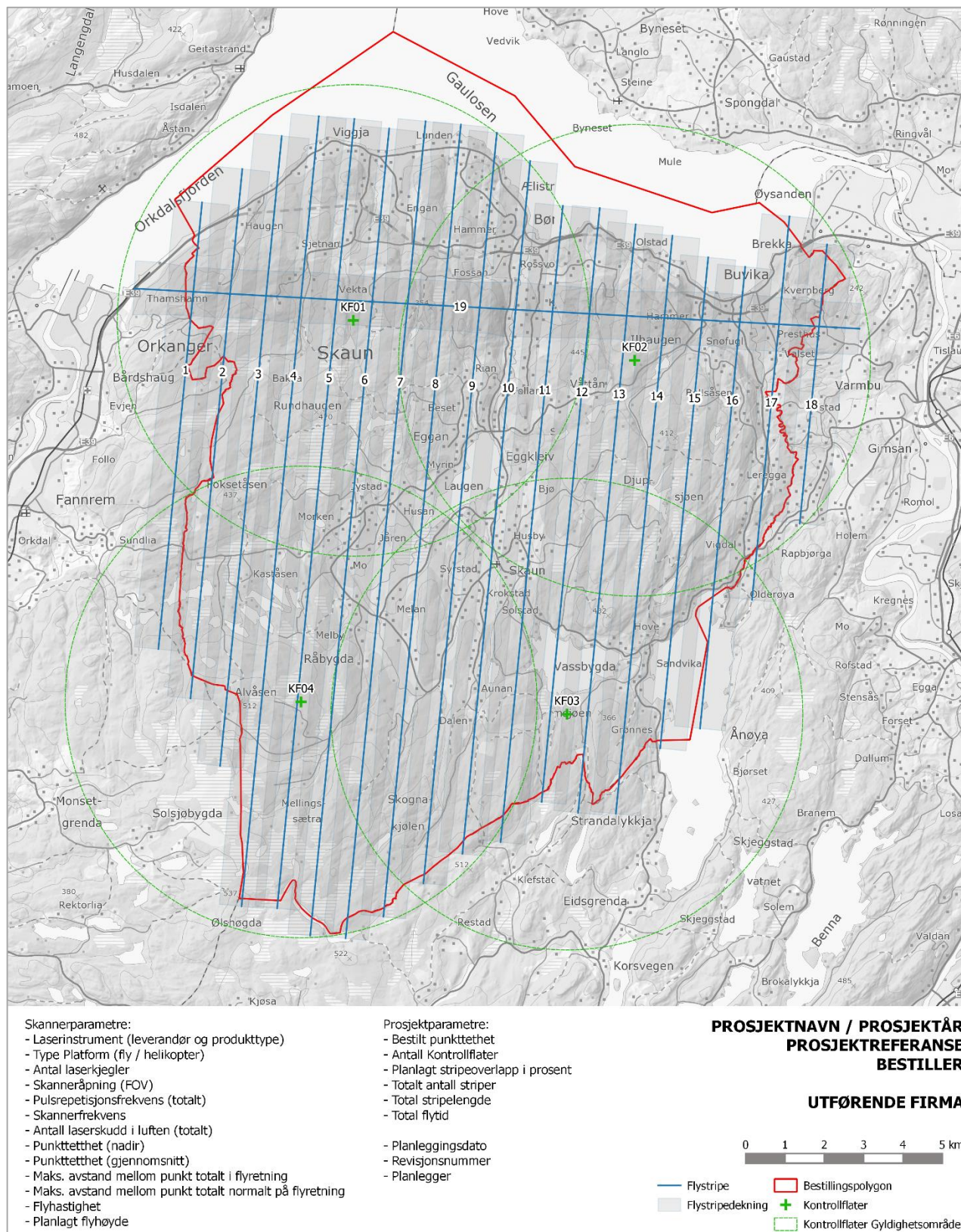
Standarder Geografisk Informasjon Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

C.1 Eksempel fly- og signaleringsplan (foto)



Standarder Geografisk Informasjon Produksjon av basis geodata, versjon 1.0

C.2 Eksempel flyplan laserskanning



Utgitt av:
Statens kartverk

ISBN
978-82-7945-546-2