

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 1 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

# SATELLITTBASERT

# POSIJONSBESTEMMELSE

Versjon 2.0

Henvendelser kan rettes til:

**Statens kartverk  
Geodesidivisjonen  
Kartverksveien 21  
3511 Hønefoss**

**Telefon: 32 11 81 00**

**Telefaks: 32 11 81 01**

**E-post: [firmapost@statkart.no](mailto:firmapost@statkart.no)**

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

Hensikten med standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" er å bidra til at brukerne innen kart- og oppmålingsbransjen lettere og mer entydig skal kunne bruke ulike satellittmetoder til posisjonsbestemmelse.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 2 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## Forord

Etter ønske fra Brukerforum for standardisering, som ledes av Sverre Steen fra Statens kartverk, ble det våren 1998 nedsatt en arbeidsgruppe som skulle utarbeide en standard for satellittbasert posisjonsbestemmelse. Arbeidsgruppen har bestått av:

Per Christian Bratheim	Statens kartverk, Geodesidivisjonen
Asbjørn Eilefsen	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Hallstein Vegard Elden	Sande kommune, teknisk etat (første utgave)
Bjørn Geirr Harsson	Statens kartverk, Geodesidivisjonen
Per Erik Opseth	Statens kartverk, Geodesidivisjonen (revidert utgave)
Trygve Skadberg	Fjellanger Widerøe Kart AS (første utgave)
Pål Skogedal	Asker kommune, teknisk etat og Statens kartverk
Petter Solli	Terratec AS (revidert utgave)
Jon Glenn Gjevestad Svendsen	Norges Landbrukshøgskole, Institutt for Matematiske realfag og teknologi
John Sundsby (leder)	Statens kartverk, Geodesidivisjonen

Versjon 1.0 av standarden, utgitt i 2000, var på to høringsrunder, en våren 1999 og en ved årsskiftet 1999/2000. I 2001 ble noen definisjoner endret slik at de stemte overens med definisjonene i "Geodatastandarden." I 2003/2004 ble standarden revidert, grunnet nye metoder og endring av gamle metoder. Et nytt kapittel med generelle retningslinjer for bruk av GNSS ble lagt inn. Den reviderte versjonen var på høring i mars/april 2004.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 3 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>2</b>
<b>INNHold</b> .....	<b>3</b>
<b>0 ORIENTERING</b> .....	<b>5</b>
<b>1 OMFANG</b> .....	<b>5</b>
<b>2 REFERANSER</b> .....	<b>6</b>
<b>3 DEFINISJON AV TERMER OG FORKORTELSER</b> .....	<b>6</b>
<b>4 METODER FOR SATELLITBASERT POSISJONSBESTEMMELSE</b> .....	<b>7</b>
4.1    GENERELL OVERSIKT OVER METODER .....	7
4.2    OVERSIKT OVER METODER SOM BENYTTET KODEMÅLING .....	8
4.3    OVERSIKT OVER METODER SOM BENYTTET FASEMÅLING .....	9
4.4    VALG AV METODE FOR POSISJONSBESTEMMELSE.....	11
4.5    MULIGE MÅLEMETODER I FORHOLD TIL KRAVENE I "GRUNNLAGSNETT" .....	12
<b>5 GENERELLE RETNINGSLINJER FOR BRUK AV GNSS</b> .....	<b>13</b>
5.1    FAKTORER SOM PÅVIRKER ALL MÅLING MED GNSS.....	13
5.1.1 Satellittdekning.....	13
5.1.2 Satellittgeometri .....	13
5.1.3 Forstyrrelser i atmosfæren .....	13
5.1.4 Flerveisinterferens (multipath).....	14
5.2    KVALITETSSIKRING AV MÅLEARBEIDET .....	14
5.2.1 Grove feil.....	14
5.2.2 Systematiske feil .....	14
5.2.3 Korrelerte målinger.....	14
5.3    TRANSFORMASJON MELLOM KOORDINATSYSTEMER .....	15
5.3.1 Direkte bestemmelse i et beregningsprogram med utjevning og analyse av vektorkomponenter	15
5.3.2 Estimering av en matematisk sammenheng mellom WGS84/EUREF89 og det lokale koordinatsystemet .....	15
5.3.3 Høydebestemmelse .....	16
5.3.4 Kontrollfunksjoner .....	16
5.3.5 Spesielt om transformasjoner ved bruk av nettverks-RTK .....	16
<b>6 RETNINGSLINJER FOR KODEMÅLING</b> .....	<b>18</b>
6.1    ENKELTPUNKTBESTEMMELSE I SANNTID .....	18
6.2    DIFFERENSIELL KODEMÅLING MED EN BASESTASJON.....	18
6.2.1 Planlegging og feltarbeid.....	18
6.2.2 Etterarbeid ved sanntidsmåling.....	20
6.3    DIFFERENSIELL KODEMÅLING I ET GNSS-NETTVERK.....	20
<b>7 RETNINGSLINJER FOR FASEMÅLING</b> .....	<b>21</b>
7.1    PREIS ENKELTPUNKTBESTEMMELSE .....	21
7.2    KLASSISK STATISK MÅLING.....	21
7.2.1 Planlegging .....	21
7.2.2 Feltarbeid .....	23
7.2.3 Beregning.....	23
7.2.4 Rapportering .....	25
7.3    KORTTIDSSTATISK MÅLING.....	25
7.4    TRADISJONELL RTK (REAL TIME KINEMATIC) .....	25
7.4.1 Planlegging .....	25
7.4.2 Feltarbeid .....	27
7.4.3 Beregning og rapportering .....	29
7.5    NETTVERKS-RTK (REAL TIME KINEMATIC).....	29

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 4 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

7.5.1 Planlegging .....	29
7.5.2 Feltarbeid .....	30
7.5.3 Beregning og rapportering .....	30
7.6 OPPSUMMERING RTK .....	31
TILLEGG A LITTERATUR OG AKTUELLE INTERNETTSIDER (INFORMATIVT) .....	32
TILLEGG B TERMER OG FORKORTELSER (NORMATIVT) .....	33
TILLEGG C ETABLERING AV NYE FASTMERKER (NORMATIVT) .....	43
TILLEGG D. EKSEMPEL PÅ MÅLEBOK/LOGGBOK (INFORMATIVT) .....	44
TILLEGG E SPESIELT OM BRUK AV SATELLITTMETODER TIL HØYDEBESTEMMELSE (INFORMATIVT) .....	45
TILLEGG F MAL FOR RAPPORTERING (NORMATIVT) .....	47

## Figurliste:

Figur 1 Eksempel på nett .....	22
Figur 2 Eksempel på "enkelt nett" .....	26
Figur 3 Eksempel på enkeltvektorer .....	26
Figur 4 Eksempel på måling med VRS .....	30
Figur 5. Sammenhengen mellom geoide og ellipsoide .....	46

## Liste over tabeller:

Tabell 1 Metoder som benytter kodemåling .....	8
Tabell 2 Metoder som benytter fasemåling .....	9
Tabell 3 Valg av metode for posisjonsbestemmelse .....	11
Tabell 4 Mulige målemetoder i forhold til kravene i "Grunnlagsnett" .....	12
Tabell 5 Eksempel på nettgeometri .....	22
Tabell 6 Hva er RTK egnet til, og hvordan kan man gjennomføre målingene? .....	31

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 5 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 0 Orientering

Mange brukere har ønsket retningslinjer for måling med satellittbaserte metoder. I de siste årene har det russiske satellittnavigasjonssystemet GLONASS blitt tatt i bruk som et supplement til GPS. Andre satellittsystemer er også blitt aktuelle for bruk til posisjonsbestemmelse. Europa arbeider for tiden med et nytt sivilt navigasjonssystem som har fått navnet GALILEO. Standarden er derfor kalt "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" istedenfor "GPS-måling", som var det opprinnelig planlagte navnet.

GNSS (Global Navigation Satellite System) brukes som felles betegnelse på globale navigasjons- og stedfestingssystem som kan brukes til å bestemme posisjonen for en satellittantenne/-mottaker hvor som helst på jorden.

Standarden er bygget opp etter retningslinjene for standardiseringsarbeidet i Kartverket. Dette innledende kapitlet gir informasjon om innholdet i standarden og bakgrunnen for at den er utarbeidet. Kapittel 1 presiserer hva standarden handler om, og avgrenser bruksområdet, mens kapitlene 2 og 3 inneholder referanser, henholdsvis termer og deres definisjoner. Kapittel 4 omhandler metoder for satellittbasert posisjonsbestemmelse og gir tabelloversikter over metoder brukt ved kode- og fasemåling. I dette kapitlet finnes også tabeller med råd om hvilke metoder som bør brukes, avhengig av hvilken nøyaktighet man er ute etter. Kapittel 5 gir generelle retningslinjer for bruk av GNSS. Kortfattede retningslinjer for kodemåling er gitt i kapittel 6. Mer detaljerte retningslinjer for fasemåling følger i kapittel 7. Standarden har flere normative og informative tillegg.

## 1 Omfang

Metodene for satellittbasert posisjonsbestemmelse varierer mye, men gjennomføringen av posisjonsbestemmelsen kan deles inn i fire faser:

- **Planlegging**
- **Feltarbeid**
- **Beregning**
- **Rapportering**

I standarden er det satt opp generelle retningslinjer for hver fase, og i tillegg er det tatt med noen praktiske råd. For detaljer vedrørende utstyr og instrumentbehandling henvises det til dokumentasjon fra utstyrsleverandører.

Standarden omfatter ikke høypresisjonsmåling, f.eks. for jordskorpebevegelser, men fokuserer på praktisk bruk av satellittbasert posisjonsbestemmelse for landmåling og innmåling av objekter for kartlegging og registrering.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 6 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 2 Referanser

Følgende lover, standarder og forskrifter berører standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse":

- Lov om anbringelse av signaler og merker for målearbeider (signalloven) av 9. juli 1923 nr. 1 med endringer, sist ved lov av 4. april 2003 nr. 83.
- ISO 19111-2003 "Geographic information – Spatial referencing by coordinates".
- Statens kartverk, Norges Karttekniske Forbund, Rådet for teknisk terminologi, 1989: Ordbok for kart og oppmåling, RTT 57, 353 sider.
- Statens kartverk, 2000: Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser, versjon 13.06.2000, 29 sider.
- Statens kartverk, 2001: Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastandarden), versjon 2001, 75 sider.
- Statens kartverk, 2001: Fastmerkenummerering og fastmerkeregister, versjon 2.1 2001, 21 sider.
- Statens kartverk, 2001: Grunnlagsnett, versjon 1.nov. 2001, 25 sider.
- Statens kartverk, 2002: Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon – SOSI-standarden, Del 1-4, versjon 3.4, 2002.
- Statens kartverk, 2002: Norges offisielle høydesystem og referansenivåer, versjon 2.0 2002, 46 sider.
- Statens kartverk, 2002: Plassering og beliggenhetskontroll, versjon 19.08.2002, 76 sider.
- Statens kartverk: "Retningslinjer for innføring av EUREF89." Geovekst-veiledningsperm, kapittel 16, 2002, 15 sider.
- Statens kartverk, 2004: Koordinatbasert referansesystem, versjon 2.0 2004, 40 sider.
- Statens kartverk, 2003: Kart og geodata , versjon 1.0 2003, 113 sider.
- Radio Technical Commission for Maritime Services, Alexandria, VA, U.S.A 1994: Recommended Standards for Differential Navstar GPS-service, versjon 2.1, RTCM PAPER 194-93/SC 104-STD.
- Standardiseringskommissionen i Sverige, 1994: Satellitbaserad positionsbestämning – GPS – Terminologi, Svensk standard SS 63 70 01, 27 sider.

## 3 Definisjon av termer og forkortelser

Forkortelser og termer brukt i standarden finnes forklart i Tillegg B Termer og forkortelser (normativt).

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 7 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 4 Metoder for satellittbasert posisjonsbestemmelse

### 4.1 Generell oversikt over metoder

I prinsippet finnes det to hovedmetoder for måling med GNSS, henholdsvis enkeltpunktbestemmelse, hvor kun én mottaker er nødvendig for å gjøre en posisjonsbestemmelse, og differensiell (relativ) GNSS, hvor posisjonsbestemmelsen gjennomføres ved måling relativt til en annen mottaker, eller flere.

Enkeltpunktbestemmelse går ut på at mottakeren bestemmer sin/antennens posisjon kun ved hjelp av målinger mot de satellitter den får signaler fra.

Enkeltpunktbestemmelse i sanntid gir en nøyaktighet i grunnriss på 15 m eller bedre, ved bruk av en enkelt håndholdt mottaker. En annen variant av enkeltpunktbestemmelse kalles gjerne presis enkeltpunktbestemmelse og krever at det logges data kontinuerlig i et døgn med en to-frekvent GNSS-mottaker. Metoden krever etterberegning av de innsamlede data og har et nøyaktighetspotensial på 2-4 mm. Den er nærmere beskrevet i underkapitlene 4.3 og 7.1.

Kreves det høyere nøyaktighet i sanntid enn det som er oppnåelig ved enkeltpunktbestemmelse, må målingene gjøres ved differensiell GNSS. Her blir målingene mot satellittene korrigert med data fra en annen mottaker (basestasjon) i et kjentpunkt, eller fra et nettverk av basestasjoner.

Grovt sett kan vi si at det finnes to observasjonstyper, henholdsvis kodeobservasjoner (kodemåling) og faseobservasjoner (fasemåling). De målte observasjoner kan behandles (beregnes) på mange forskjellige måter, hvorav noen gir posisjonsbestemmelse i sanntid, mens andre gir posisjonsbestemmelse i ettertid. De forskjellige metodene er tabellert i underkapitlene 4.2 og 4.3.

Enkelte GNSS-mottakere er i stand til å kombinere kodemåling og fasemåling. Teknikken kalles faseglattet kode og er en forbedret variant av den tradisjonelle kodemålingsteknikken.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0 Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	Side 8 av 49

## 4.2 Oversikt over metoder som benytter kodemåling

**Tabell 1 Metoder som benytter kodemåling**

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighetspotensial ( $2\sigma$ , 95%) i grunnriss	Kommentar
Enkelpunktbestemmelse i sanntid.	En mottaker, f.eks. håndholdt, beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i avstandsmålinger mellom satellitter og mottaker.	1	1-200 s  De fleste mottakere kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	15 m eller bedre	Posisjonsbestemmelse i sanntid.
Tradisjonell differensiell kodemåling med én basestasjon.	En mottaker (rover) beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i korrigerede avstandsmålinger mellom satellitter og mottaker.  Avstandsmålingene korrigeres differensielt, ved hjelp av data fra en annen mottaker (base) i nærheten.	2	1-200 s  De fleste mottakere kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	0.5-5 m  Oppnåelig nøyaktighet avtar med økende avstand mellom rover og base.  Mottakere som benytter teknikken faseglattet kode, gir bedre resultater enn de som kun benytter kodemålinger.	Posisjonsbestemmelse i sanntid og/eller i ettertid.  Sanntidsbruk krever kommunikasjon mellom rover og base.
Differensiell kodemåling i et GNSS-nettverk.	En mottaker (rover) beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i korrigerede avstandsmålinger mellom satellitter og mottaker.  Avstandsmålingene korrigeres differensielt, ved hjelp av data fra nettverkets kontrollsenter.	1 + tilgang til data fra et nettverk av basestasjoner.	1-200 s  En mottaker kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	0.5-1 m  Mottakere som benytter teknikken faseglattet kode, gir bedre resultater enn de som kun benytter kodemålinger.	Posisjonsbestemmelse i sanntid og/eller i ettertid.  Sanntidsbruk krever kommunikasjon mellom rover og kontrollsenter.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0 Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	Side 9 av 49

### 4.3 Oversikt over metoder som benytter fasemåling

**Tabell 2 Metoder som benytter fasemåling**

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighets – potensial ( $2\sigma$ , 95%) i grunnriss	Kommentar
Presis enkeltpunktbestemmelse.	<p>Tofrekvente GNSS-rådata logges på døgnbasis.</p> <p>I tillegg til observasjonsdata (faseobservasjoner) brukes nøyaktige satellittbancparametre og satellittklokkekorreksjoner, som direkte eller indirekte kan gi posisjon i en global referanseramme, f.eks. ITRF.</p> <p>Det spesielle ved presis enkeltpunktbestemmelse er at referanserammerealiseringen gjøres globalt.</p> <p>Dersom en ønsker å få referert koordinatene til EUREF89, må det gjennomføres en transformasjon fra ITRF common epoch.</p>	1	1 døgn	2-4 mm	Posisjonsbestemmelse i ettertid.
Klassisk statistisk.	<p>Samtidig måling med to GNSS-mottakere i hvert sitt punkt.</p> <p>Målingene logges internt i hver av mottakerne.</p> <p>Etter endt måling samstilles de to datasettene i et beregningsprogram hvor vektoren mellom de to punktene bestemmes.</p>	2	20-120 min	5 mm + 1 ppm	<p>Vektorbestemmelse i ettertid.</p> <p>Avstanden mellom de to mottakerne bør normalt ikke overskride 50 km.</p> <p>Brukes blant annet ved måling i Landsnettet og Stamnettet.</p>
Korttids statistisk.	<p>Samtidig måling med to tofrekvente GNSS-mottakere i hvert sitt punkt.</p> <p>Målingene logges internt i hver av mottakerne.</p> <p>Etter endt måling samstilles de to datasettene i et beregningsprogram hvor vektoren mellom de to punktene bestemmes.</p>	2	5-20 min	10 mm + 1 ppm	<p>Vektorbestemmelse i ettertid.</p> <p>Avstanden mellom de to mottakerne bør normalt ikke overskride 10 km.</p>

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0 Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	Side 10 av 49

Tradisjonell RTK (Real Time Kinematic).	<p>Samtidig måling med to tofrekvente GNSS-mottakere i hvert sitt punkt (base og rover).</p> <p>Basestasjonen settes opp i et punkt med kjente koordinater. Basestasjonen sender sine GNSS-målinger til roveren.</p> <p>Roveren samstiller egne GNSS-målinger med GNSS-målingene fra basestasjonen og benytter dette til å bestemme vektoren mellom de to mottakerne.</p>	2	<p>Minimum 1 epoke.</p> <p>Ved statisk måling kan midling over noen sekunder til en viss grad forbedre resultatet.</p>	10-20 mm + 2ppm	<p>Vektor og/eller posisjonsbestemmelse i sanntid.</p> <p>Avstanden mellom base og rover bør normalt ikke overskride 10 km.</p> <p>Det kreves kommunikasjon mellom rover og base for overføring av data.</p>
Nettverks-RTK (Real Time Kinematic).	<p>Måling med en tofrekvent GNSS-mottaker (rover) som mottar data fra et nettverk av basestasjoner.</p> <p>Et kontrollcenter vil med utgangspunkt i data fra et nettverk av basestasjoner estimere GNSS-observasjonsdata for et virtuelt punkt i nærheten av brukeren. Brukerens GNSS-mottaker vil oppfatte dette som om dataene kom fra en virkelig basestasjon like i nærheten. Derav begrepet virtuell referansestasjon (VRS).</p> <p>Roveren samstiller egne GNSS-målinger med GNSS-målingene fra en VRS og benytter dette til å bestemme vektoren mellom rover og VRS.</p>	1 + tilgang til data fra et nettverk av basestasjoner	<p>Minimum 1 epoke.</p> <p>Ved statisk måling kan midling over noen sekunder til en viss grad forbedre resultatet.</p>	10-20 mm + 1ppm	<p>Vektor og/eller posisjonsbestemmelse i sanntid.</p> <p>Det kreves kommunikasjon mellom rover og kontrollcenter for overføring av data.</p>



<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 12 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 4.5 Mulige målemetoder i forhold til kravene i "Grunnlagsnett"

De angitte målemetoder gjelder krav i grunnriss, ikke høyde.

**Tabell 4 Mulige målemetoder i forhold til kravene i "Grunnlagsnett"**

Område	Klassisk statistisk	Korttidsstatisk	Tradisjonell og nettverks-RTK
<b>Stamnett</b>  p = 3 ppm k = 3 mm	Avstand: 10-50 km Måletid: >240 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Trekantnett Minimum antall uavh. vektorer: 5		
<b>Landsnett</b>  p = 6 ppm k = 6 mm	Avstand: 3-10 km Måletid: 60-120 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Trekantnett Minimum antall uavh. vektorer: 4		
<b>Områdetype 1</b> Byområde  p = 10 ppm k = 10 mm	Avstand: < 10 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 3	Avstand: < 10 km Måletid: 10-20 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 3	
<b>Områdetype 2</b> Tettbygd/ utbyggingsområder  p = 20 ppm k = 20 mm	Avstand: < 10 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 10 km Måletid: 10-20 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 10 km Måletid: > 30 sek Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Enkeltvekt. Minimum antall uavh. vektorer: 3
<b>Områdetype 3</b> Spredtbygd/dyrket mark/skog  p = 50 ppm k = 50 mm	Avstand: < 30 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 30 km Måletid: 5-20 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 30 km Måletid: > 5 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Enkeltvekt. Minimum antall uavh. vektorer: 2
<b>Områdetype 4</b> Fjell/ekstensiv arealutnytting  p = 100 ppm k = 100 mm	Avstand: < 50 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 50 km Måletid: 5-20 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 50 km Måletid: > 5 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Enkeltvekt. Minimum antall uavh. vektorer: 2

\* Parametrene p og k er hentet fra standarden Grunnlagsnett.

\*\* Ved Korttidsstatisk og RTK forutsettes det at både kode- og faseobservasjoner benyttes i beregningen. Ved klassisk statistisk kan faseobservasjoner benyttes alene.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 13 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 5 Generelle retningslinjer for bruk av GNSS

### 5.1 Faktorer som påvirker all måling med GNSS

Ved all måling med GNSS er det flere faktorer som kan påvirke kvaliteten til målingene. Det er viktig å være klar over dette, da det kan være farlig å stole blindt på den posisjonen mottakeren oppgir.

#### 5.1.1 Satellittdekning

Antall synlige satellitter varierer gjennom døgnet. I perioder med få satellitter kan målinger med GNSS bli vanskeligere og i noen tilfeller umulig. Ved bruk av planleggingsprogram, der man legger inn en almanakk lastet ned fra en mottaker eller fra Internett, kan man på forhånd oppdage vanskelige perioder.

Statisk måling krever at minimum 4 satellitter er synlige (Bør være 5-6). Kinematisk fasemåling krever at minimum 5 satellitter er synlige (Bør være 6-7).

#### 5.1.2 Satellittgeometri

Hvor god satellittgeometrien er, gjenspeiles av verdien som kalles "Dilution of Precision" (DOP). DOP-verdien gir en indikasjon på satellittgeometrien for de tilgjengelige satellittene. Med en god geometri vil en feil i observasjonene i mindre grad forplante seg til feil i bestemmelse av punktets posisjon.

Dårlig satellittgeometri vises gjennom en høy DOP-verdi, mens en lav DOP-verdi representerer god satellittgeometri. Satellittgeometrien vil variere med satellittdekningen gjennom døgnet.

PDOP < 4.0 :	god nøyaktighet på posisjonene
PDOP 4.0 – 8.0:	akseptabel posisjonsnøyaktighet
PDOP > 8.0 :	dårlig nøyaktighet på posisjonene

Generelt vil måling med RTK være mindre robust overfor svak satellittgeometri enn de klassiske statiske måleteknikkene. Ved svak satellittgeometri øker sannsynligheten for gal heltallsløsning, samt at effekten av en eventuell gal heltallsløsning på koordinatene blir svært stor.

Ved RTK-måling bør derfor PDOP-verdien være mindre enn 4.0

#### 5.1.3 Forstyrrelser i atmosfæren

Signalene som sendes fra satellittene, påvirkes ved passering gjennom ionosfæren og troposfæren. Av disse er det ionosfæren som har størst påvirkning. Satellitter som står lavt på himmelen, påvirkes mest, siden signalet fra dem har en lengre vei gjennom ionosfæren. Derfor bør man måle med en grense for høydevinkelen, slik at satellittene som står nær horisonten, ikke tas med i beregningene. Nedre grense for høydevinkelen bør normalt være på 10-15 grader.

I perioder er ionosfæren mer aktiv enn vanlig. Målinger med GNSS kan da bli vanskelig. GNSS-brukere bør derfor merke seg dager med slik aktivitet, og ta sine forholdsregler i disse periodene. Det finnes tjenester tilgjengelig på Internett som gir varsler om høy ionosfærisk aktivitet. Se Tillegg A Litteratur og aktuelle Internettssider (informativt).

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 14 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

#### 5.1.4 Flerveisinterferens (multipath)

Ved flerveisinterferens mottar antennen satellittsignaler som er reflektert fra bygninger, biler eller andre gjenstander i nærheten, i tillegg til eller i stedet for signaler direkte fra satellittene. I slike tilfeller registrerer ikke mottakeren riktige avstander mellom satellittene og antennen. Under planleggingen av målingene må derfor operatøren være oppmerksom på mulige refleksjonskilder. En god antenne vil redusere effekten noe.

### 5.2 Kvalitetssikring av målearbeidet

Ved all landmåling, både med GNSS og andre metoder, er det den som utfører arbeidet, som har ansvaret for at nødvendig kvalitetssikring er utført og at resultatet oppfyller kravene. Kravene varierer med hvilken type punkt som skal måles og hvilken nøyaktighet som skal oppnås. Det er viktig å måle med kontroll, slik at nøyaktigheten kan dokumenteres.

Aktuelle problemstillinger som landmåleren må være oppmerksom på, er muligheten for grove eller systematiske feil, og korrelerte målinger.

For å redusere muligheten for feil bør det gjennomføres uavhengige målinger. Gjentatte målinger vil avdekke målinger som skiller seg ut med store avvik i forhold til de øvrige.

#### 5.2.1 Grove feil

Grove feil skyldes ofte menneskelig svikt. Eksempler på slike feil er:

- Avlesningsfeil (f.eks. i antennehøyden)
- Oppstilling i feil punkt eller bruk av feil koordinater
- Unøyaktig oppstilling av utstyret (ikke sentrisk over bolt)
- Feil i datumsparametre

#### 5.2.2 Systematiske feil

Systematiske feil er feil i selve målingene som skyldes ukontrollerte faktorer.

Systematiske feil vil som regel gjentas innenfor samme måleserie og er vanskelige å oppdage.

Eksempler på systematiske feil er:

- Effekten av ionosfære og troposfære
- Flerveisinterferens
- Feil initialisering/falsk fix (kinematisk måling)
- Signaler fra sterke radiosendere, mobiltelefoner, etc.
- Skjerming fra vegetasjon, bygninger eller andre fysiske hindringer

#### 5.2.3 Korrelerte målinger

Generelt vil RTK-målinger være korrelerte i tid, noe som bryter med forutsetningene for pålitelighetsanalysens krav om uavhengige målinger. Disse korrelasjonene vil imidlertid avta over tid, slik at man kan redusere korrelasjonen betraktelig ved å la det gå noe tid mellom hver måling. Hvor mye korrelasjonene avtar, avhenger bl.a. av lokale forhold.

Erfaring viser at følgende prosedyrer for RTK-målinger i mange tilfeller vil kunne gi rimelige betingelser for en pålitelighetsanalyse:

1. To målinger: Minimum 45 minutter mellom hver måling

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 15 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

eller

2. Tre målinger: Minimum 15 minutter mellom hver måling

### 5.3 Transformasjon mellom koordinatsystemer

For informasjon om koordinatsystemer henvises det til standarden ”Koordinatbasert referansesystem” (KRS). Se [Kapittel 2 Referanser](#).

Måling i lokale koordinatsystemer vil nesten alltid føre til en forringelse av kvaliteten på resultatene. Man får derfor full nytte av måling i sanntid først etter overgang til EUREF89. Sanntidsmåling i lokalt koordinatsystem (f. eks NGO48) forutsetter at man er i stand til å gjennomføre en transformasjon fra WGS84 eller EUREF89 til det lokale systemet. Ved inhomogene nett og store måleområder vil transformasjonsparametrene ofte passe dårlig.

Transformasjon til lokalt koordinatsystem kan gjøres på to prinsipielt forskjellige måter:

#### 5.3.1 Direkte bestemmelse i et beregningsprogram med utjevning og analyse av vektorkomponenter

Vektorkomponentene tas inn i et utjevningsprogram, og de nymålte punktene bestemmes i forhold til lokalt system. Ukjente størrelser som må estimeres før eller under beregning, er målestokks- og rotasjonsukjente i grunnriss og loddavviksukjente i høyde. Disse parametrene kan legges direkte inn dersom de er kjente, eller estimeres under beregning. Ved estimering vil det være nødvendig med målinger i tilstrekkelig antall fastmerker, slik at de ukjente kan estimeres.

#### 5.3.2 Estimering av en matematisk sammenheng mellom WGS84/EUREF89 og det lokale koordinatsystemet

Vi trenger transformasjonspunkter med kjente koordinater i begge referansesystem. Basert på disse koordinatsettene beregnes det en matematisk sammenheng. Skal transformasjonen innbefatte høydekomponenten, er det nødvendig å kjenne både ortometrisk og ellipsoidisk høyde.

Den vanligste fremgangsmåten er å benytte en 7-parameter-transformasjon eller adskilt transformasjon i grunnriss og høyde. Det enkleste er likevel å benytte en 3-parameter-transformasjon (et datumskift). Slik transformasjon kan benyttes ved bruk av én lokal referansestasjon i et lokalt homogent nett og måling av korte vektorer. Begrensningene ved 3-parameter-transformasjon tilsier at fremgangsmåten må brukes med forsiktighet.

##### a) Beregning av transformasjonsparametre

Velg ut et tilstrekkelig antall transformasjonspunkter (minimum 5). Antall punkter velges ut fra formen og størrelsen på måleområdet. Punktene skal være jevnt fordelt i måleområdet og helst dekke hele området i utstrekning nord-sør og øst-vest. Beregning av transformasjonsparametrene kan utføres i prosesseringsprogram fra utstyrsleverandør, eller direkte i satellittmottakerne.

Kjenner vi koordinatene i begge referansesystemene, kan disse benyttes. Koordinater relatert til EUREF89 kan fremskaffes ved sanntidsmåling i transformasjonspunktene.

##### b) Bruk av kjente transformasjonsparametre

- En 7- eller 3-parameter-transformasjon kan legges direkte inn i måleutstyret.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 16 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

- Punktene kan også transformeres direkte med et offisielt transformasjonsbibliotek, som regel en fylkes- eller kommuneformel.

### 5.3.3 Høydebestemmelse

All måling med GNSS gir ellipsoidiske høyder eller høydeforskjeller. For å bestemme høyder i det nasjonale høydedatum, NN1954, må de målte høydeforskjellene eller de beregnede høydene korrigeres. Se figur 5 i Tillegg E Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse (informativt).

Dette kan gjøres på følgende måter:

- Beregning av loddavviksukjente i et utjevningsprogram.
- 7-parameter-transformasjonsformel på grunnlag av fellespunkter. Fellespunktene har EUREF89-koordinater kombinert med ellipsoidiske høyder og koordinater i lokalt system kombinert med høyder i NN1954 (eller lokale høyder).
- Måling i EUREF89 ved at transformasjonsparametrene bare endrer høydene. Denne metoden har lett for å være unøyaktig, særlig i store måleområder og i områder med stor variasjon i geoidehøyden.
- Ellipsoidiske høyder transformeres til NN1954 ved bruk av en høydereferansemodell.
- Noen mottakere har nå en høydereferansemodell innebygget, slik at ellipsoidiske høyder kan korrigeres til NN1954 i sanntid.

### 5.3.4 Kontrollfunksjoner

Generelt sett er det viktig med tilstrekkelig antall transformasjonspunkter og hensiktsmessig plassering av disse. Ved mange overbestemmelser minker faren for grove feil. Uansett må det også utføres kvalitetssjekk ved f.eks.:

- Kontroll av transformasjonen ved å vurdere transformasjonsparametrene og restfeil i transformasjonspunktene.
- Under målearbeidet skal man oppsøke et antall grunnlagspunkter i måleområdet for å kontrollere transformasjonen. Dette bør være grunnlagspunkter som ikke har inngått i beregningen av transformasjonsparametrene.

### 5.3.5 Spesielt om transformasjoner ved bruk av nettverks-RTK.

Ved måling med nettverks-RTK kan man utføre transformasjon fra EUREF89 til NGO1948 (eller et annet lokalt system) på to forskjellige måter.

Metoden det anbefales å bruke, innebærer å utføre alle målinger i EUREF89. I ettertid transformerer man sluttresultatet med en fylkes- eller kommuneformel og en høydereferansemodell. Dette kan gjøres med programmet WSKTRANS eller andre transformasjonsprogram som benytter Kartverkets transformasjonsbibliotek. Fylkes- eller kommuneformlene kan eventuelt suppleres med ekstra fellespunkter, for å gi bedre nøyaktighet. Dette kan være nødvendig i områder der det eksisterer lokale variasjoner fra det offisielle NGO1948. Konverteringen av ellipsoidiske høyder til NN1954-høyder skjer ved hjelp av en høydereferansemodell (HREF-flate). HREF-flaten er basert på en geoidmodell og inneholder informasjon om høydeforskjellen mellom NN1954 og ellipsoiden (GRS80). Dette ligger også inne i WSKTRANS. Ved utstikking kan

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 17 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

stikningsdataene transformeres til EUREF89 og ellipsoidiske høyder på forhånd (ved bruk av de samme transformasjonsprogrammene). Fordelen med WSKTRANS er at den tar opp i seg lokale variasjoner (er mer dynamisk) og kan som oftest benyttes for større områder enn f.eks. en 7-parameter-transformasjon. Dessuten er det ryddig å kjøre målinger og transformasjon i to operasjoner. Da har man mer kontroll på om eventuelle feil skyldes selve målingen eller transformasjonen. (WSKTRANS kan ikke legges på målebøkene, da programmet er for stort).

En alternativ metode vil være å legge inn transformasjonsparametre i måleboken. Denne transformasjonen må transformere mellom NGO1948 og EUREF89, og samtidig konvertere mellom ellipsoidiske høyder og høyder i NN1954. For mange målebøker vil dette være en lokal 7-parameter-transformasjon. Denne kan enten beregnes på forhånd, basert på kjente fellespunkter, eller opprettes ute i felten ved å måle fellespunkter med fortløpende beregning av transformasjonsparametre (feltkalibrering). Leverandør av GPS-utstyret kan gi informasjon om hvordan dette gjøres for det enkelte utstyr. Ved bruk av en lokal 7-parameter-transformasjon (eller tilsvarende transformasjonsmetoder) er det viktig at man har inngående kjennskap til kvaliteten på de punktene som benyttes. Slike transformasjoner vil ikke være gyldige utenfor det området der de er beregnet. I områder med mye variasjon i høyden kan transformasjonen kun beregnes for små områder om gangen, og man kan bli nødt til å beregne en ny transformasjon på hvert nytt sted man måler. Normalt blir resultatet dårligere desto større område transformasjonen (parametersettet) omfatter. Dersom man ikke har god nok kunnskap om kvaliteten på punktene i området, anbefales det ikke å benytte denne metoden.

En del målebøker har liggende inne generelle transformasjonsparametre for hele landet mellom NGO1948 og EUREF89. Dette kan fungere til en viss grad ved vanlig RTK-måling mot lokal base hvor avstanden til basen er kort. Ved måling mot CPOS må denne metoden ikke benyttes!

Høydereferansemodellene fra Statens kartverk er basert på de sist beregnede høydene i NN1954. Vanligvis er de siste beregningene foretatt samtidig med beregning av landsnettet i EUREF89. Kommuner eller andre som benytter eldre høyder, vil ofte oppleve at høydereferansemodellen ikke stemmer. Det er derfor viktig at man baserer sine beregninger på de nyeste høydene i NN1954.

Der det benyttes eldre høyder, kan man i mange tilfeller oppnå et bedre resultat med en 7-parameter-transformasjon.

Enten man benytter WSKTRANS eller en 7-parameter-transformasjon, er det viktig å sjekke hvor godt transformasjonen stemmer i det aktuelle området, ved å måle på kjente punkter.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 18 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 6 Retningslinjer for kodemåling

### 6.1 Enkelpunktbestemmelse i sanntid

#### Planlegging

Enkelpunktbestemmelse i sanntid kan f.eks. gjøres med håndholdt mottaker.

Før feltarbeidet starter, må man velge hvilket geodetisk datum og hvilken kartprojeksjon man vil arbeide i. Dette er ofte avhengig av hvilket koordinatsystem kartet som skal benyttes, refererer seg til. Det finnes nå håndholdte mottakere der topografiske kart, f.eks. i serien Norge 1:50 000, kan legges inn.

For en innføring i hvordan man håndterer ulike norske datumer og kartprojeksjoner, se artikkelen av Strand og Øvstedal nevnt i Tillegg A Litteratur og aktuelle Internettsider (informativt).

#### Feltarbeid

Under feltarbeidet må man passe på at mottakeren får inn signaler fra minst 4 satellitter, for bestemmelse både i grunnriss og høyde. Man bør også kontrollere at kvalitetsindikatorer ligger innenfor anbefalte grenser gitt i brukerveiledningen for hver enkelt mottakertype.

Ved bruk av håndholdt mottaker kan det ventes en nøyaktighet på 10-15 m for posisjonsbestemmelsen. Bedre nøyaktighet oppnås vanligvis når minst 6 satellitter blir brukt, eventuelt når PDOP er 5.0 eller mindre. Som kontroll kan bestemmelsen gjentas senere.

Kapittel [5](#) har mer om forstyrrende innflytelser, satellittgeometri etc.

#### Etterarbeid

Dersom man har lagret posisjoner og fastmerkeinformasjon i mottakeren, kan det være aktuelt å overføre disse til en datamaskin og legge dem inn i en database eller et geografisk informasjonssystem.

### 6.2 Differensiell kodemåling med en basestasjon

#### 6.2.1 Planlegging og feltarbeid

##### Planlegging

Dersom man skal benytte en egen basestasjon, må man planlegge plasseringen av denne stasjonen. Retningslinjer for valg av gunstige basestasjoner er gitt i underkapittel 7.4.1. Kodebasert mottaker brukes. Alternativt går det an å fremskaffe korreksjonsdata fra en leverandør av GNSS-data. Det anbefales da at man på forhånd finner ut hvor leverandøren har sine stasjoner lokalisert.

Alle typer GNSS-mottakere som er utstyrt slik at de kan ta i mot differensielle korreksjoner etter RTCM-standard, kan brukes som rover for sanntidsmålinger. Men nøyaktigheten på posisjonsbestemmelsen er avhengig av kvaliteten på mottakerne – både i basestasjon og rover.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 19 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

Man kan f. eks. bruke en håndholdt mottaker som rover. De fleste nye kommersielle håndholdte mottakere er utstyrt slik at de kan ta imot differensielle korreksjoner. Ca. 5 meters nøyaktighet kan da oppnås med håndholdt rover. Med gode kodebaserte mottakere kan man oppnå en nøyaktighet på 0.5 meter. Dette forutsetter at mottakeren benytter teknikken faseglattet kode (beskrevet i underkapittel 4.1) og at avstanden mellom base og rover ikke blir for lang.

For sanntids posisjonsbestemmelse med en basestasjon er det nødvendig med radiokontakt mellom base og rover. Mobiltelefon (GSM) eller lokalt radiosamband (UHF/VHF) ) er aktuelle kommunikasjonsmedier.

### Feltarbeid

Samtidig måling med to mottakere gir en polar måling ut fra det kjente punktet – basestasjonen. For å få kontroll av det nye punktet må uavhengige målinger foretas, dvs. at man også bør benytte data fra en annen basestasjon. For å unngå korrelasjon bør punktet som skal bestemmes, måles flere ganger med separasjon i tid. Se underkapittel [5.2.3](#).

Ved måling av mange detaljpunkter er det god kontroll å måle inn punkter med kjente koordinater mellom detaljpunktene. Man får da ikke kontroll på hvert detaljpunkt, men en kontroll på utgangspunktet for alle målingene (kontroll av antennehøyde osv.)

Under feltarbeid kan det oppstå problemer med å få inn korreksjoner over radio. Problemet kan reduseres/løses ved å bruke en forsterker (se underkapittel 7.4.1). Man kan også lagre data i roveren og beregne posisjonen i ettertid. Men da må mottakeren i basestasjonen være satt opp slik at den også lagrer data.

### **6.2.2 Posisjonsberegning i ettertid**

Beregning i ettertid er aktuelt hvis man ikke trenger å bruke posisjonene med en gang. For ettertidsberegning trenger man mottakere som logger kodeobservasjoner i mottakeren. Disse kodeobservasjonene kan korrigeres ved hjelp av data fra en annen basemottaker i nærheten. Før beregningene startes, må det legges inn riktige koordinater for basestasjonene.

Dersom man ikke har tilgang til egen basestasjon, kan posisjonsberegning i ettertid gjøres ved kjøp av eksterne basedata eller nedlasting av gratis data fra Internett. Ved bestilling av data er det viktig å spesifisere observasjonsintervall og hvilke observasjonsstørrelser man ønsker. Undersøk med utstyrsleverandøren eller foreta et søk på nettet. Se underkapittel [5.3](#) hvis transformasjon til lokalt koordinatsystem er nødvendig.

Ved posisjonsberegning i ettertid bør man benytte de program instrumentleverandøren leverer sammen med mottakeren. Mottakere logger gjerne rådata i sitt spesielle format, og dette formatet kan normalt kun leses av program som er spesielt tilpasset mottakeren. Basedata fra eksterne leverandører vil normalt bli levert i RINEX-format. Dette er et utvekslingsformat for GNSS-rådata som kan leses og tolkes av de fleste programpakker på markedet.

Når posisjonsberegningene er gjennomført, er det gjerne ønskelig å eksportere disse posisjonene med tilhørende attributter ut av programmet, for bruk i andre applikasjoner.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 20 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

De fleste programpakker kan som et minimum eksportere data i et fritt format, som i sin tur kan leses av andre applikasjoner.

#### Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

#### **6.2.2 Etterarbeid ved sanntidsmåling.**

Ved sanntidsmåling lagres de ferdig målte posisjoner i mottakerutstyret. De fleste typer mottakere leveres med program for å få eksportert disse posisjonene ut av mottakerutstyret etter endt feltarbeid. Enkelte leverandører har også tilpasset seg en rekke av GIS-applikasjonene på markedet, slik at det skal være enkelt å få nybestemte punkter inn i det GIS-verktøyet man måtte bruke.

#### Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

### **6.3 Differensiell kodemåling i et GNSS-nettverk**

Et alternativ til å benytte seg av en egen basestasjon er å benytte data fra en leverandør av tjenester basert på et nettverk av GNSS-basestasjoner. Fordelen med dette er at man kan måle uten å sette opp og drifte egen basestasjon.

For måling i et nettverk gjelder de samme retningslinjer som ved tradisjonell differensiell kodemåling (underkapittel 6.2.1.) Som tilleggsutstyr må brukeren ha med seg utstyr for mottak av data fra den aktuelle tjenesteleverandør. Utstyret varierer fra leverandør til leverandør. Man vil ved å ta kontakt med aktuell leverandør få vite mer om hva som er nødvendig for å få tilgang til dataene.

Oppnåelig nøyaktighet ved bruk av slike tjenester vil igjen variere fra leverandør til leverandør og være avhengig av hvordan tjenesten er bygget opp. Vær spesielt oppmerksom på at også din egen mottaker, roveren, må være av god kvalitet for å kunne oppnå optimal nøyaktighet. Se underkapittel 5.1.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 21 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## 7 Retningslinjer for fasemåling

### 7.1 Presis enkeltpunktbestemmelse

Med begrepet presis enkeltpunktbestemmelse menes at brukeren benytter kun én GNSS-mottaker for å bestemme sin posisjon. I tillegg til observasjonsdata (faseobservasjoner) brukes nøyaktige baneparametre og klokkekorreksjoner for satellittene. Man kan da, direkte eller indirekte, finne posisjonen i en global referanseramme (ITRF).

P्रेसis enkeltpunktbestemmelse fungerer i prinsippet på samme måte som enkeltpunktbestemmelse med en vanlig håndholdt GNSS-mottaker. Håndholdt mottaker benytter også baneparametre og klokkekorreksjoner, men disse kommer fra "broadcast"-meldinger som satellittene sender ut, og det benyttes vanligvis bare kodeobservasjoner og ikke faseobservasjoner. Derfor gir ikke enkeltpunktbestemmelse med håndholdt GNSS-mottaker så nøyaktig posisjon at den kan betegnes presis enkeltpunktbestemmelse.

På den annen side er ikke presis enkeltpunktbestemmelse en sanntidstjeneste i dag, men en etterprosesserings-tjeneste. Mye tyder på at den i nær fremtid vil bli en sanntidstjeneste.

Ved bruk av en tofrekvent GNSS-mottaker kan man ved å observere i 24 timer oppnå en nøyaktighet på 2-4 mm i grunnrisskoordinater og 7-8 mm i høyde. En reduksjon av observasjonstiden vil ha størst innvirkning på høydenøyaktigheten. Selv med en vesentlig reduksjon av observasjonstiden vil grunnrissnøyaktigheten kunne beholdes. Dersom man benytter en enfrekvent GPS-mottaker, vil nøyaktigheten reduseres noe.

Det er verdt å merke seg at realiseringen av referanserammen gjøres globalt. Tidligere har man brukt betegnelsen "absolutt posisjonsbestemmelse" på denne metoden. Men dette kan oppfattes som noe upresist, fordi bestemmelsen gjøres relativt til en global referanseramme som på ingen måte kan sies å være "absolutt". Til sammenlikning vil den tradisjonelle absolutte posisjonsbestemmelsen med denne argumentasjonen kunne sies å være "relativ" til *WGS84* (G1150).

### 7.2 Klassisk statistisk måling

#### 7.2.1 Planlegging

##### Måleplan

I forkant av feltarbeidet bør det utarbeides en måleplan som viser hvilke målepunkter man vil benytte og hvilke vektorer som skal måles. Dersom man ikke kjenner punktene, bør man rekognosere for å undersøke om punktene egner seg for satellittmåling. Opplysninger om hva som kjennetegner punkter egnet for satellittmåling, er gitt i Tillegg C Etablering av nye fastmerker (normativt).

Et nett skal legges opp slik at det får best mulig geometri. Det innebærer måling i lukkede polygoner og med minimum to, tre eller fire vektorer til nye punkter som skal bestemmes, avhengig av kravene til nettet. Antall polygonsider og antall vektorer til hvert punkt vil avhenge av hvilke krav som stilles til punktene. De nye punktene skal ligge

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 22 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

mellom grunnlagspunktene. Unngå ekstrapolering av nettet!

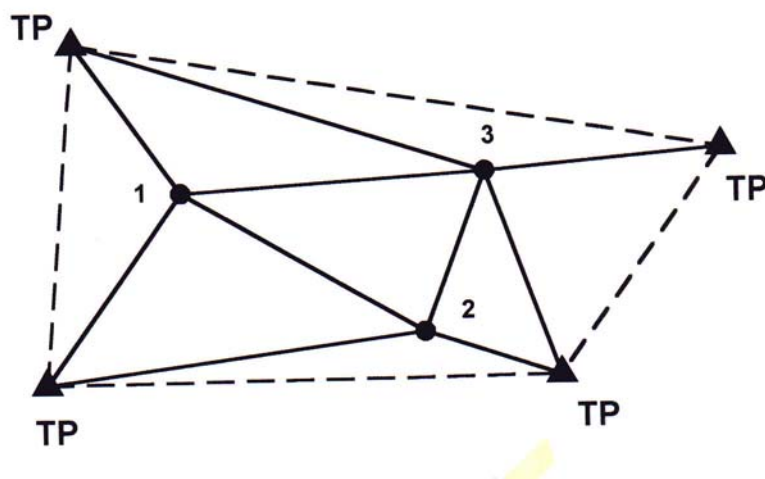
Tabell 5 Eksempel på nettgeometri

Netttype	Geometri	Måletid
Landsnettet	Trekanter og firkanter med minimum fire vektorer til hvert punkt.	Minimum 60 min.
Overordnet kommunalt nett	Opptil femkanter med minimum tre vektorer pr. punkt.	Minimum 60 min.
Passpunkter, polygonpunkter	Minimum to vektorer pr. punkt.	Minimum 30 min.

Korte forbindelser skal måles for å ta vare på nabonøyaktigheten mellom punktene.

Behovet for grunnlagspunkter vil variere. Normalt skal det måles i minst 4 fastmerker som er kjent i grunnriss og høyde. Dersom loddavvikskomponenter skal bestemmes, er det spesielt viktig at grunnlagspunktene har god utstrekning i nord-sør og øst-vest. Et eksempel på nett er vist i Figur 1. Grunnlagspunktene skal være bestemt med bedre nøyaktighet enn kravet til nypunktene, og man bør unngå å blande punkter av forskjellig kvalitet og opprinnelse. Det er viktig at nettets ytterkant har forbindelse til grunnlagspunktene. To eller flere besøk i hvert punkt vil styrke nettets pålitelighet.

Ved høydebestemmelse er det viktig med tilknytning til høydegrunnlag av god kvalitet i hele nettet, og spesielt langs ytterkanten. Det anbefales å bruke en høydereferansemodell til å korrigere de GNSS-målte høydeforskjellene til NN1954. I de fleste tilfeller vil denne metoden gi et bedre resultat enn bruk av loddavviksparametre. Spesielle retningslinjer for bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse er gitt i Tillegg E Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse (informativt).



Figur 1 Eksempel på nett

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-3. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Målingene er bygget opp som et nett med forbindelser både mellom nye punkter, fra nye punkter til grunnlagspunkter og mellom grunnlagspunkter. Målinger til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 23 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

Stativer og annet utstyr kontrolleres før feltarbeidet starter. Treføttens optiske lodd og dåselibelle skal kontrolleres før og etter feltarbeidet og ved mistanke om skade/slag. Nummerer treføttene og la dem følge samme mottaker.

### Kalibrering

Det utstyret og den programvaren som benyttes, bør være testet på en kalibreringsbasis for satellittmottakere, eller ved måling mellom kjente punkter med bedre nøyaktighet enn det som kreves for den aktuelle oppgaven. Formålet med kalibrering er å kontrollere at man oppnår den nøyaktigheten som kreves, eller om fabrikantens angivelser av nøyaktighet er korrekte. Kalibrering er ikke nødvendig dersom det samme utstyret er testet på tilsvarende måte tidligere. Et alternativ til kalibrering er at importøren av utstyret tester dette og kan dokumentere testen før utstyret sendes ut på markedet.

### Måletid

Ved måling av vektorer lengre enn ca. 10-15 km anbefales tofrekvente vektorløsninger. I perioder med stor ionosfæreaktivitet vil denne grensen være lavere. Måletiden avhenger av vektorlengde, satellittgeometri og lokale forhold. Ut fra erfaring anbefales minimum 30- 60 minutter ved avstander opp til ca. 10 km. Ved lengre vektorer (10-20 km) bør tiden økes med 50-100 %. Brukes målepunkter der det er store hindringer, kreves det også at måletiden økes med 50-100 %.

## **7.2.2 Feltarbeid**

### Oppstilling

- Les punktbeskrivelsen nøye og vær sikker på at det stilles opp i riktig punkt. Bruk fortrinnsvis lave og stødige oppstillinger.
- Dersom bolten er slått skjev, skal man sentrere til fot bolt. For bolter med kjørnemerke skal man sentrere til kjørnemerket. Dette forutsetter kort og ubøyelig bolt. I nivellementsfastmerker settes kjørnemerke på boltens høyeste punkt ved første oppstilling på punktet.
- Antennen skal orienteres mot nord.
- Bolthøyden skal måles og noteres
- Antennehøyde måles fra topp bolt, og høyden skal også måles med forskyving av målebåndets nullpunkt, som kontroll mot grove avlesningsfeil. I stamnett punkter eller andre punkter med skrubolt måles antennehøyden til topp plate/fot skrue. Man kan gjerne tegne skisse som viser hvordan målingen er utført. Høyden kontrolleres også før målingen avsluttes.

### Oppstart

- Data som punktnummer og antennehøyde bør legges inn på mottakeren.
- Målebok (loggbok) skal utfylles mens man er på punktet. Et eksempel på målebok er gitt i Tillegg D. Eksempel på målebok/loggbok (informativt).
- Før man forlater mottakeren, skal man kontrollere at den registrerer data og at disse lagres.

## **7.2.3 Beregning**

### Vektorberegning

- Vektorene bør beregnes snarest mulig etter at målingene er utført.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 24 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

- Ved overføring av data skal man ta sikkerhetskopi av dataene og kontrollere at punktnummer og antennehøyde som er lagt inn på mottakeren, stemmer med måleboken.
- Vektorene skal beregnes med best mulige EUREF89-koordinater på valgt grunnlagspunkt for vektoren. Det anbefales å bruke punkter med kjente koordinater og kjent høyde som utgangspunkter. Koordinater og høyder bør være kjent innenfor 10 m. Bruk av enkeltpunktposisjoner direkte fra mottakeren er som regel ikke godt nok.
- Velg beregningsstrategi: enfrekvent eller tofrekvent løsning, uavhengige vektorer eller alle mulige kombinasjoner. Uavhengige vektorer medfører at antall vektorer for hver måleperiode skal være én mindre enn antall mottakere. I tillegg skal ikke alle vektorer i en lukket figur være målt i samme periode. Velges alle kombinasjoner, må man ha mulighet til å behandle korrelasjoner mellom vektorene, både ved vektorberegningen og ved utjevning av nettet. De fleste vektorberegningsprogram har pr. i dag ikke mulighet til å håndtere disse korrelasjonene. Brukes vektorer i alle kombinasjoner uten korrelasjonsmatrise i utjevningen, vil en pålitelighetstest av nettet vise en bedre pålitelighet enn nettet har i virkeligheten. Det anbefales derfor å bruke uavhengige vektorer.
- Kun vektorer med anbefalte heltallsløsninger godkjennes. Resultatene kontrolleres ved å se på vektorenes kvalitetsangivelse (standardavvik e.l.), ved summering av vektorer i trekant-/mangekanter, eller ved hjelp av et utjevningsprogram. Programmene har ulike måter for å angi kvaliteten på heltallsløsninger og beregnede vektorer, se derfor brukerveiledningen for nærmere detaljer.

### Utjevning og analyse

- De beregnede vektorene overføres til et utjevningsprogram, eventuelt i kombinasjon med tradisjonelle målinger. En nettberegning skal normalt omfatte utjevning av grunnrisskoordinater og høyder, samt grovfeilsøk, test av grunnlag, og pålitelighetsanalyse.
- Grovfeilsøk  
Kontroll av observasjonene utføres normalt på et fritt nett separat i grunnriss og høyde. Dersom viktige observasjoner utelates (kasseres), må man måle disse om igjen.
- Test av grunnlag  
Kontroll av grunnlagskoordinatene utføres ved en globaltest for å avsløre om det er tvang i grunnlaget, og test av endringer for å vurdere om det er nødvendig å fristille noen av grunnlagspunktene.
- Pålitelighetsanalyse  
Analysen omfatter analyse av indre pålitelighet (hvor godt observasjonene gjensidig kontrollerer hverandre) og analyse av ytre pålitelighet (virkningen på de ukjente av en feil i observasjonene).
- Utjevning  
Utjevningen utføres med valgt kombinasjon av tilleggsukjente (målestokk, rotasjon og loddavvik) og grunnlagspunkter (etter resultat fra test av grunnlag), og eventuelt med enkelte observasjoner utelatt (etter resultat fra grovfeilsøk).
- Ved ovennevnte analyser må resultatene sammenlignes med krav. Disse kravene finnes i andre standarder som "Grunnlagsnett", "Geodatastandarden" osv.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 25 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

#### 7.2.4 Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

### 7.3 Korttidsstatisk måling

Metoden har mange likhetstrekk med klassisk statisk måling, og retningslinjene gitt her kommer i tillegg til retningslinjene i underkapittel 7.2. Metoden kan være et godt alternativ til RTK, ved måling i vanskelige måleområder.

#### Planlegging

Målemetoden er ikke egnet til vektorer over 10 km. Den egner seg bra i tilfeller der man skal samle inn mye data i et forholdsvis lite område. Metoden krever at man er nøye med å unngå punkter som kan gi flerveisinterferens, og man er i sterkere grad enn ved klassisk statisk måling avhengig av god satellittgeometri. Punkter nær hindringer (f.eks. husvegger, nettinggjerder, trær) er spesielt utsatt for flerveisinterferens.

#### Feltarbeid

Måletiden er en funksjon av lengden på vektoren. Typisk måletid er fra 5-20 minutter, med den korteste tiden for vektorer < 5 km og med 6 eller flere satellitter.

#### Etterarbeid

Retningslinjer for beregning og rapportering er gitt i henholdsvis underkapittel 7.2.3 og Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

### 7.4 Tradisjonell RTK (Real Time Kinematic)

RTK er velegnet ved måleoppdrag der det er behov for ferdig beregnede koordinater i sanntid, f.eks. ved utstikking. RTK benyttes også som en effektiv metode for måling av vektorer, fordi observasjonstiden er kort, kvaliteten på målte vektorer er verifiserbar i felt, og man unngår beregning av vektorene i ettertid.

#### 7.4.1 Planlegging

##### Måleplan

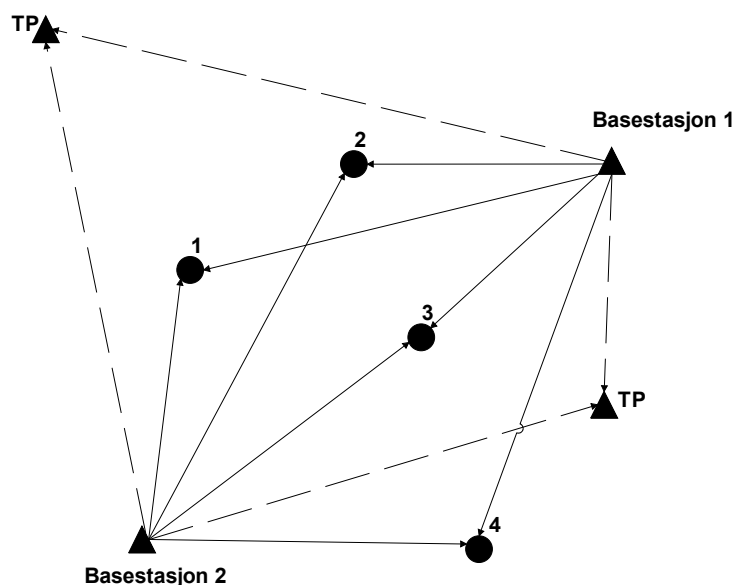
Utforming av måleplan følger retningslinjer gitt i underkapittel 7.2.1, men vil i de fleste tilfeller være mindre omfattende ved RTK-måling. Det er spesielt viktig å vurdere hvilke grunnlagspunkter det er gunstig å benytte som basestasjoner, med hensyn til egnethet for måling med satellittmottaker og forholdene for å sende ut radiosignaler. Basestasjoner skal ha "optimale" forhold, dvs. lite skjerming i form av vegetasjon eller andre hindringer for å kunne motta signaler fra alle tilgjengelige satellitter. Man bør unngå punkter nær mobiltelefonsendere eller andre støykilder, samt punkter nær metallflater eller liknende som kan gi flerveisinterferens. Basestasjoner bør ligge skjernet for ferdsel, for å redusere faren for hærverk eller forstyrrelser under målearbeidet.

Grunnlagspunktene skal være av god kvalitet, fortrinnsvis stamnett-/landsnettpunkter eller kommunalt hovednett. De skal ha gunstig beliggenhet i måleområdet, for å oppnå best mulig geometri på målingene. Ved måling i nett med deformasjoner er det viktig at basestasjonen ikke ligger langt fra punktene som skal måles inn. Ellers kan innmålte punkter få koordinater med dårlig naborøyaktighet i forhold til eksisterende punkter i området.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 26 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

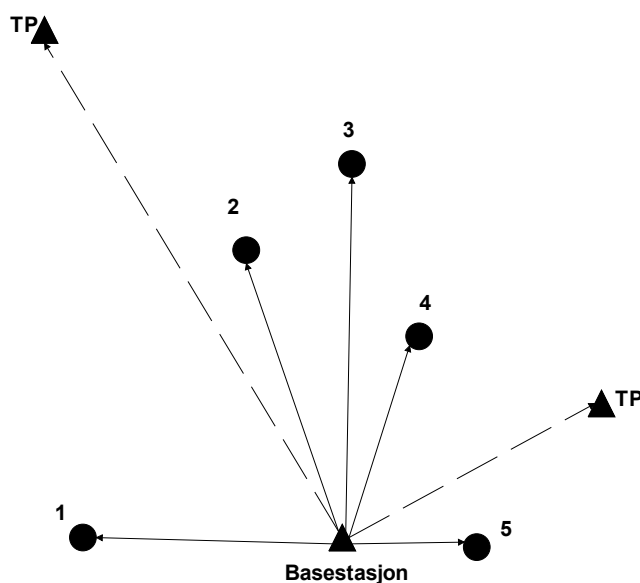
Dersom det i måleområdet ikke finnes grunnlagspunkter egnet som basestasjon, bør man etablere nye punkter. Bruk av lite egnede grunnlagspunkter kan føre til problemer med gjennomføring av feltarbeidet, og måleresultatene kan bli dårlige.

Målingene bygges opp i form av "enkelt" nett ved bruk av flere basestasjoner ([Figur 2](#)), eller enkeltvektorer fra én basestasjon ([Figur 3](#)).



**Figur 2 Eksempel på "enkelt nett"**

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-4. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn fra to basestasjoner kalt Basestasjon 1 og Basestasjon 2. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer.



**Figur 3 Eksempel på enkeltvektorer**

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-5. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn polart fra én basestasjon og er uten kontroll. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 27 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

Selv om utformingen av nett ofte forenkles ved RTK-måling, må krav til kontroll og overskytende målinger tilfredsstilles. Enkeltvektorer benyttes kun i tilfeller hvor det ikke er krav om å måle med kontroll. Man må også spesielt avklare hvordan man skal ta vare på nabonøyaktighet og fremskaffe gode høyder på nye punkter. Høydebestemmelse ved RTK-måling gir normalt dårligere resultat enn ved statistisk måling.

#### Andre forberedelser

RTK-måling krever valg av gunstige måleperioder for å sikre god satellittdekning. Se underkapittel 5.1.2. Til dette arbeidet kan man benytte et planleggingsprogram.

Dersom man skal operere mer enn ca. 10 km fra basestasjonen eller i et område med store topografiske hindringer, bør man sette opp forsterker for å sikre radiodekning. Alternativt kan man benytte utstyr basert på mobiltelefon (GSM), men dette forutsetter at det er dekning for mobiltelefon i området.

Ved bruk av ulike antenner i basestasjon og rover er det spesielt viktig å sjekke at antenneparametrene er riktige.

#### **7.4.2 Feltarbeid**

Basestasjonene plasseres i fastmerker med sentral beliggenhet i måleområdet. Bruk fortrinnsvis punkter i stamnett/landsnett/kommunalt hovednett, eller andre fastmerker med dokumentert god kvalitet.

#### Metoder

- *Metoder med bruk av én basestasjon:*

- 1) En permanent basestasjon i et sentralt fastmerke hvor hele måleområdet dekkes; f.eks. fra taket av rådhuset i en kommune
- 2) En lokal basestasjon i et fastmerke med sentral beliggenhet i måleområdet.

Fordelen med permanent basestasjon er sikker identifisering, tidsbesparelse og redusert risiko for tyveri eller hærverk.

Til tross for mange fordeler med permanent basestasjon vil de fleste kommuner ha en så stor utstrekning at man ikke dekker hele kommunen med én basestasjon.

Avstandsbegrensninger skyldes radiodekning, inhomogene nett eller ionosfærens innvirkning.

- *Metoder med bruk av flere basestasjoner:*

- 1) Målingene kan utføres ved å flytte basestasjonen til et nytt punkt og gjenta målingene. Det blir mer uavhengighet desto lengre tidsintervall det er mellom disse målingene. Måleprosedyren i underkapittel [7.2.2](#) bør følges.
- 2) Målingene kan også utføres ved bruk av flere baser og en rover (eventuelt flere) med mulighet for frekvensskifte. Ved frekvensskifte kringkaster basestasjonene sine observasjoner på ulike frekvenser (kanaler). Den mobile mottakeren kan veksle mellom å måle/motta signaler fra de ulike basestasjonene ved å skifte kanal. Måling ved bruk av frekvensskifte gir ikke uavhengige observasjoner. Målingene vil være sterkt korrelerte med tanke på flerveisinterferens og satellittgeometri, ettersom de utføres i en begrenset tidsperiode. Frekvensskifte gir

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 28 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

kontroll på initialiseringen og oppstillingen i basestasjonene, men ikke på oppstillingen i nye punkter.

Metoden med bruk av flere basestasjoner er fordelaktig i inhomogene nett, fordi nyinnmålte fastmerker blir knyttet til flere eksisterende fastmerker i området.

## Målerutiner

### *Oppstart av basestasjon*

- Følg beskrivelse av oppstilling gitt i underkapittel 7.2.2.
- Plasser radioantennen høyt og fritt, slik at forholdene for å sende ut radiosignaler blir best mulig.
- Legg inn punktnavn, kjente koordinater for basestasjonen og antennehøyde. Vær spesielt omhyggelig med å gi inn riktige verdier ved måling i sanntid.

### *Måling med rover*

- *Oppstart av rover*

Benytt målestang, eventuelt med støtteben, eller vanlig stativ (avhengig av nøyaktighetskrav).

Legg inn punktnavn, antennehøyde og eventuelle egenskapsdata før oppsøking av punkter som skal måles.

- *Kontroll av oppstilling i basestasjon og parametre i målebok*  
Kontrollen utføres ved å måle i punkter med kjente koordinater og sammenlikne målte koordinater med kjente koordinater.

Kontroll utføres én gang for hvert oppdrag, samt hvis nye basestasjoner blir tatt i bruk eller parametrene i måleboken blir endret.

- *Kontroll av initialisering*

Innarbeid rutiner for kontroll av initialisering under målearbeidet. Dette er spesielt viktig ved polare målinger uten overbestemmelser. Ved feil initialisering er målingene tilsynelatende gode, men gir feil på meter-/desimeternivå.

Kontroll av initialisering kan utføres på følgende måter:

- 1) Automatisk i mottakeren dersom slik programvare finnes. Kontrollen skjer ved at mottakeren først bestemmer en heltallsløsning, for deretter å bestemme en ny løsning som sammenliknes med den første løsningen. Prosessen med beregning av ny heltallsløsning og sammenlikning foregår under hele målearbeidet. Kriteriene for når en fix-løsning kan "frigis" kan variere, avhengig av instrumenttype.
- 2) Måling i punkter med kjente koordinater. Avviket mellom målte koordinater og kjente koordinater skal være på cm-nivå for at man skal være rimelig sikker på at riktig heltallsløsning er bestemt.
- 3) Måle mot en annen basestasjon ved frekvensskifte.

Man skal utføre kontroll hver gang man mister heltallsløsningen og må initialisere på nytt.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 29 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

- *Kontroll av observasjonskvalitet*  
Man skal kontrollere at observasjonskvaliteten er tilfredsstillende under målearbeidet. Antall tilgjengelige satellitter bør være minimum 5 (helst 6-7). Indikatoren på horisontal og vertikal nøyaktighet (eventuelt 3D), samt indikasjonen på kvalitet i satellittgeometri (GDOP eller PDOP) skal være lavere enn anbefalte grenser gitt i brukerveiledningen for hver enkelt mottakertype.
- *Tiltak ved dårlig observasjonskvalitet eller ugunstige måleforhold*  
Dersom observasjonskvaliteten er dårlig eller måleforholdene ugunstige, er det ikke forsvarlig å måle, og man må utsette måling til forholdene har bedret seg. En indikasjon på ugunstige måleforhold er lang initialiseringstid, og i slike tilfeller kan man oppleve feil initialisering.

Dersom man har problemer med radio-/GSM-dekning i et punkt, men mottar signaler med god kvalitet fra et tilstrekkelig antall satellitter, kan man lagre rådata i 10-20 minutter og beregne vektoren i ettertid som en form for korttidsstatisk måling (underkapittel 7.3). Dette forutsetter at basestasjonen er satt til å lagre rådata og at man har frigjort tilstrekkelig lagringsplass på minnekortene i forkant av målearbeidet.

### 7.4.3 Beregning og rapportering

Rådata lagret under feltarbeidet behandles etter retningslinjer gitt for vektorberegning i underkapittel 7.2.3. Eventuell utjevning og analyse utføres etter retningslinjer gitt samme sted.

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

## 7.5 Nettverks-RTK (Real Time Kinematic)

Et alternativ til å benytte seg av en egen basestasjon for RTK er å benytte data basert på et nettverk av GNSS-basestasjoner, fra en leverandør av tjenester. Fordelen med dette er at en kan operere uten å sette opp og drifte egen basestasjon. Som tilleggsutstyr for å få brukt tjenesten må brukeren ha med seg kommunikasjonsutstyr for mottak av data fra tjenestens kontrollsenter. Kontrollsenderet vil med utgangspunkt i data fra et nettverk av basestasjoner estimere GNSS-observasjonsdata for et virtuelt punkt i nærheten av brukeren. Brukerens GNSS-mottaker vil oppfatte dette som om dataene kommer fra en virkelig basestasjon like i nærheten. Derav begrepet virtuell referansestasjon (VRS).

For måling i et slikt nettverk gjelder i hovedsak de samme retningslinjer som for tradisjonell RTK (underkapittel 7.4.)

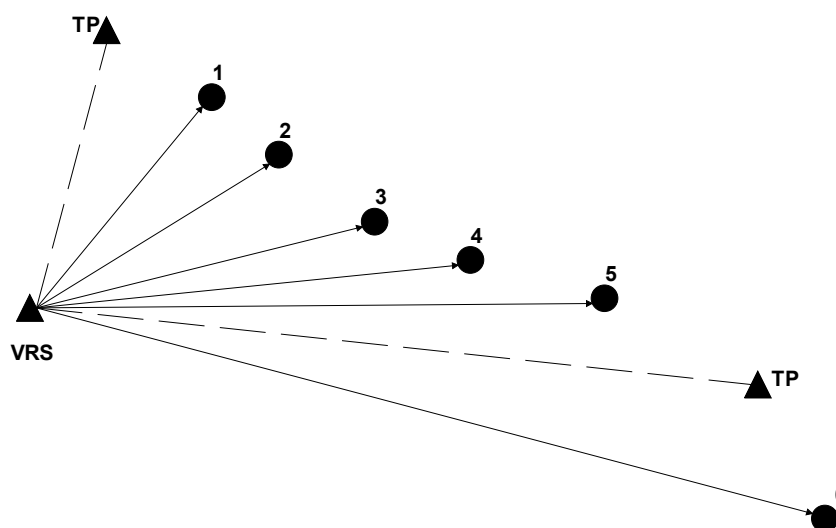
### 7.5.1 Planlegging

Ved bruk av nettverks-RTK behøver man ikke å være bekymret over dårlig satellittdekning ved basestasjonene. Disse er optimalt plassert. Roveren krever imidlertid akseptabel satellittdekning, så et planleggingsprogram bør likevel benyttes for å finne ut når på dagen dekningen er god.

Ved nettverks-RTK mottas data fra et kontrollsenter ofte via mobiltelefon eller annet nasjonalt/globalt distribusjonsmedium. I motsetning til ved måling med tradisjonell RTK er man ikke avhengig av å sette opp egen basestasjon i et kjentpunkt, men kjentpunkter bør likevel oppsøkes så langt det lar seg gjøre, for kontroll.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 30 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

[Figur 4](#) er en skisse av et eksempel på hvordan måling med VRS kan gjøres.



**Figur 4 Eksempel på måling med VRS**

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-6. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn fra en virtuell referansestasjon (VRS), med kontroll til grunnlagspunkter. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner til grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer. Ved å opprette en ny forbindelse til kontrollsenderet blir det etablert en ny VRS som punktene kan måles inn i fra. For å redusere faren for korrelerte målinger bør måleprosedyren i underkapittel [5.2.3](#) følges.

### 7.5.2 Feltarbeid

De kontrollrutiner som er beskrevet i underkapittel 7.4.2, gjelder også her.

Ved denne type måling er det spesielt viktig å sette riktige antenneparametre. De fleste GNSS-antenner har en vertikal differanse mellom referansepunkt for måling av antennehøyde og antennens fasesentrum. Fasesenteret har også en horisontal bevegelse, avhengig av satellittenes posisjon. Disse størrelsene varierer, avhengig av antenntype. Dataene fra kontrollsenderet vil være referert til en ”null-antenne”. Dette må legges inn i måleboken, noe som de fleste målebøker har en mulighet for.

Ved oppkobling mot kontrollsenderet vil roveren motta data som oppfattes som om de kom fra en fysisk basestasjon like i nærheten – en VRS med kjente koordinater.

Mottakeren kan lagre roverens koordinater og/eller vektorkomponenter mellom base og rover. Husk å kontrollere mottakerens innstilling for lagring, da det i enkelte tilfeller kan være hensiktsmessig å ta vare på vektorkomponentene for å få gjennomført nødvendig utjevning og analyse i ettertid.

### 7.5.3 Beregning og rapportering

Analyse og dokumentasjon av de målingene som gjennomføres, kan utføres på to forskjellige måter:

#### 1. Utjevning og analyse på koordinatnivå

Roveren lagrer koordinater under målearbeidet. Disse kan importeres inn i et utjevnings- og analyseverktøy for videre bearbeiding. På markedet finnes flere slike verktøy, som enten har eller vil få moduler for å utjevne og analysere direkte på

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 31 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

koordinatnivå. I forhold til den tradisjonelle metoden, hvor man utjevner og analyserer på observasjonsnivå (vektorer), utgjør denne metoden en kraftig forenkling, som også kan benyttes for tradisjonell RTK. Metoden er forholdsvis enkel å implementere og finnes derfor også i enkelte målebøker. Dette gjør det mulig å få kontroll på målearbeidet også i felt.

## 2. Utjevning og analyse på observasjonsnivå (vektor)

I dette tilfellet må roveren lagre de observerte vektorkomponenter med tilhørende kovariansmatrise. Sammen med de kjente koordinatene for VRS-punktene vil vektorene kunne utjevnes og analyseres i et egnet program ved å betrakte koordinatene for VRS som kjente størrelser. Situasjonen blir identisk med situasjonen for en utjevningsberegning av vektorer målt med tradisjonell RTK, hvor basestasjonens koordinater ville blitt holdt fast som kjente størrelser i utjevningen. Siden VRS-koordinatene er å betrakte som en del av grunnlaget, må en test av grunnlaget også omfatte disse. Ved måling mot et nettverk etableres det en ny VRS for hver oppkobling som gjennomføres. Man bør derfor, så langt det lar seg gjøre, forbli oppkoblet under måling av de punkter som man ønsker referert til en felles VRS.

Når man benytter nettverks-RTK, vil roveren beregne koordinater i EUREF89 og oppgi ellipsoidiske høyder. Dersom man ønsker å referere seg til andre koordinatsystemer enn EUREF89, må man gjennomføre en eller annen form for transformasjon til dette systemet. Transformasjoner er nærmere beskrevet i underkapittel 5.3.5.

Den virtuelle referansestasjonens koordinater er kun kjent i og referert til EUREF89. Beregning og analyse av grunnlagspunkter i lokalt nett lar seg derfor ikke gjennomføre ved bruk av nettverks-RTK. I slike tilfeller må utjevning og analyse gjennomføres i EUREF89, før man eventuelt transformerer de endelige koordinatverdiene til et lokalt system.

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg F Mal for rapportering (normativt).

## 7.6 Oppsummering RTK

**Tabell 6 Hva er RTK egnet til, og hvordan kan man gjennomføre målingene?**

Oppgave	Antall observasjoner	Observasjonstid	Krav
Måling av fastmerke (polygonpunkt, passpunkt, hjelpepunkt og liknende).	2-3 uavhengige målinger til forskjellig tid fra overordnede punkter. Se underkapittel <a href="#">5.2.3</a> for anbefalt måleprosedyre.	5-60 sek.	Standarden "Grunnlagsnett".
Måling av grensemerke.	2 eller flere uavhengige målinger. Se underkapittel <a href="#">5.2.3</a> for anbefalt måleprosedyre.	2-10 sek.	Standarden "Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser".
Måling av annet detaljpunkt (terrengdetalj og liknende).	En måling. Ved denne type måling er det spesielt viktig å kontrollere initialiseringen (underkapittel <a href="#">7.4.2</a> ).	2-10 sek.	Standarden "Kart og geodata".
Utstikking.	Stikk ut punktet. Foreta ny initialisering og mål inn punktet som		

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 32 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	
	kontroll.	

## Tillegg A Litteratur og aktuelle Internetsider (informativt)

### Litteratur

- Geodetic Survey Division of Geomatics Canada, 1993/1995: GPS Positioning Guide, A user's guide to the Global Positioning System. GSC, Ottawa, 110 sider.
- B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, 1992/1993: Global Positioning System. Theory and Practice, 326 sider.
- Ola Øvstedal, 1993: GPS-metoder anvendt til landmålingsformål, 35 sider.
- Statens vegvesen Vegdirektoratet, 1998: Oppmåling og kartlegging. Avtalebestemmelser for 1998, 65 sider.
- Günter Seeber, 2003: Satellite Geodesy, Foundations, Methods and Applications. Walter de Gruyter, Berlin-New York, 2<sup>nd</sup> edition, 2003 . 575 sider.
- Geir Harald Strand og Ola Øvstedal: Bruk av NGO koordinater på håndholdte GPS mottakere, Kart og plan nr.1, 2003. Se Internetside under.

### Internetsider med GNSS-linker og GNSS-informasjon

- Omfattende oversikt over Internetsider med GNSS-informasjon fra Richard Langley, University of New Brunswick, Canada:  
<http://gauss.gge.unb.ca/GPS.INTERNET.SERVICES.HTML>
- GPS-system overview (University of Colorado):  
<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>
- Håndholdte GPS-mottakere:  
<http://www.gps.no/>  
<http://gpsinformation.net/>
- Internetside til IGS (International GPS Service) :  
<http://igsceb.jpl.nasa.gov/>
- Statens kartverks Internetside for standardisering:  
<http://www.statkart.no/IPS/?template=standard>
- Termdatabasen i Statens kartverk:  
<http://www.statkart.no/IPS/IPS?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=874>
- Geir Harald Strand og Ola Øvstedal: Bruk av NGO koordinater på håndholdte GPS mottakere, Kart og plan nr.1, 2003:  
[http://www.nijos.no/Publikasjoner/NGO\\_GPS.pdf](http://www.nijos.no/Publikasjoner/NGO_GPS.pdf)
- Internetside til SATREF :  
<http://www.satref.no/>
- Internetside til ”ionosfæreværvarsling” :  
<http://www.sec.noaa.gov/today.html>

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 33 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## Tillegg B Termer og forkortelser (normativt)

Termer som er definert nedenfor, har angitt kilde slik:

- [FF] "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister"
- [G] "Geodatastandarden"
- [GN] "Grunnlagsnett"
- [KRS] "Koordinatbasert referansesystem", revidert 2003
- [H] "Norges offisielle høydesystem og referansenivåer", revidert 2002
- [O] "Ordbok for kart og oppmåling", utgitt 1989
- [SAT] "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" (denne standarden)
- [SS] Oversatt fra svensk standard "Satellitbasert positionsbestämning" (SS637001) 1993
- [T] Prosjektet "Termer for geografisk informasjon" (revisjon av "Ordbok for kart og oppmåling")

Termene er i stor grad definert slik at de er i samsvar med ISO-standardene, som f. eks. ISO19111 "Geographic Information - Spatial referencing by coordinates". Definisjoner av termer som datum/referanseramme/referansesystem finnes i [KRS]-standarden. Det er også etablert en database til bruk i standardiseringsarbeidet, hvor alle termer er samlet på ett sted. Database finnes på Kartverkets Internettside. Se Tillegg A Litteratur og aktuelle Internettider (informativt).

I termforklaringene er vanligvis andre termer som er oppført her i Tillegg B, *kursivert*.

### basestasjon

*fastmerke* med kjent *posisjon*, brukt som utgangspunkt ved *differensiell posisjonsbestemmelse* [SAT]

MERKNAD — I forrige utgave ble termen *referansestasjon* brukt om samme begrep. I denne utgaven har *referansestasjon* en videre betydning enn *basestasjon*. Se *VRS*.

### CPOS

CentimeterPOSisjon, tjeneste levert av Statens kartverk – SATREF®

MERKNAD — Tjenesten leverer virtuelle *GPS*-observasjoner for et punkt innenfor det området CPOS-nettverket utspenner. Når en bruker med sin *rover* benytter disse virtuelle dataene, vil beregningene internt i roveren fortone seg som om det var en virkelig *GPS*-basemottaker like i nærheten. Den videre beregningsgangen blir identisk med beregningsgangen ved tradisjonell *RTK*.

**datum** se [KRS]

### differensiell GPS (DGPS)

målemetode der *GPS*-data korrigeres ved hjelp av data fra en kjent *basestasjon*[SAT]

MERKNAD — Se *differensiell posisjonsbestemmelse*.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 34 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### **differensiell GNSS**

målemetode der *GNSS*-data korrigeres ved hjelp av data fra en kjent *basestasjon*[SAT]

MERKNAD — Se *differensiell posisjonsbestemmelse*.

### **differensiell posisjonsbestemmelse**

bestemmelse av *posisjonen* til ett eller flere punkter i forhold til ett eller flere punkter med kjent *posisjon* [SAT]

MERKNAD — I forrige utgave av standarden kalt relativ posisjonsbestemmelse.

### **DOP**

uttrykk for det geometriske bidraget til usikkerheten i en *posisjonsbestemmelse* [SAT]

MERKNAD — Engelsk: Dilution Of Precision. En lav DOP-verdi gir en mer nøyaktig *posisjonsbestemmelse* enn en høy DOP-verdi. De mest vanlige DOP-størrelsene er

GDOP (Geometric DOP)

PDOP (Position DOP)

### **DPOS**

DesimeterPOSisjon, tjeneste levert av Statens kartverk – SATREF®

MERKNAD — Tjenesten leverer korreksjoner via radio eller telefon i *sanntid* til *GPS*-målinger. Korreksjonene vil forbedre en *GPS*-mottakers egne målinger på en slik måte at høyere *nøyaktighet* kan oppnås. Oppnåelig *nøyaktighet* er imidlertid avhengig av lokale forhold såvel som av kvaliteten på egen *GPS*-mottaker. Tjenesten har et potensiale for å kunne oppnå desimeter-*nøyaktighet* (40cm  $2\sigma$ , 95%)

### **epoke**

tidsperiode for innsamling av data [SAT]

MERKNAD — Brukes også om starttidspunkt.

### **ETRS**

European Terrestrial Reference System

### **EUREF89**

betegnelsen på *geodetisk datum* brukt under utjevningen i *Stamnettet* [KRS]

MERKNAD — Koordinatene til 3D-*fastmerkene* i *Stamnettet* ble beregnet i en utjevning hvor koordinatene for fastmerker i *ITRF93* ble holdt fast. De publiserte hastigheter for den europeiske tektoniske platen ble benyttet for å henføre koordinatene til *ETRS89*, dvs. tidspunkt 1989.0. Disse 3D-*fastmerkene* utgjør *referanserammen* som realiserte *EUREF89*. *GRS80*-ellipsoiden inngår i *EUREF89*.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 35 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### **fasemåling**

måling av fasedifferansen mellom bærebølgen til det mottatte satellittsignalet og mottakerens egengenererte kopi av bærebølgen [SAT]

MERKNAD — En fasedifferanse uttrykker forskyvning mellom mottatt bølge og egengenerert bølge.

### **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* [FF]

### **flerveisinterferens**

interferens (samvirkning) mellom radiobølger som har gått forskjellige veier mellom sender og mottaker [SAT]

**GALILEO** se **GNSS**

**GDOP** se **DOP**

**geodetisk datum** se [KRS]

### **geodetisk landsnett**

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

MERKNAD — I dagligtale brukes betegnelsen "Landsnettet". Landsnettet 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.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 36 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## geoide

potensialflate i jordens tyngdefelt, sammenfallende med et idealisert havnivå hvor man tenker seg havet i fullstendig ro, uten ytre påvirkninger som tidevannsbevegelser, havstrømmer eller bølger [KRS]

MERKNAD — Geoiden følger havets tenkte forlengelse under kontinentene. I ethvert punkt på geoiden peker tyngdekraften langs geoidens normal. Geoiden er bl.a. referanseflate for høydeangivelse og astronomiske observasjoner.

## GLONASS

Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

MERKNAD — Russisk satellittnavigasjonssystem. Se også GNSS.

## GNSS

Global Navigation Satellite System

MERKNAD 1 — Felles betegnelse på globale navigasjons- og stedfestingssystem som kan brukes til å bestemme en satellitmottakers *posisjon* hvor som helst på jorden. To GNSS-system er for tiden i drift: GPS og GLONASS. Et europeisk system, GALILEO, er under utvikling og planlegges å være fullt operativt i 2008.

MERKNAD 2 — Systemer av geostasjonære satellitter som skaffer til veie differensielle korreksjoner til GPS-mottakere, regnes også som GNSS. Eksempler: EGNOS, WAAS, MSAS.

## GPS

Global Positioning System [KRS]

MERKNAD — På norsk: Globalt navigasjons- og stedfestingssystem. Betegnelse på et system av satellitter benyttet til navigasjon, stedfesting og geodetiske oppgaver. Systemet er etablert og administreres av USA. Det består av 24 satellitter i baner ca. 20 000 km over jordoverflaten, jevnt fordelt i 6 baneplan. Se også GNSS.

## GRS80

Geodetic Reference System 1980 [KRS]

MERKNAD — En samling definerte og avledede konstanter anbefalt av IAG og IUGG i 1979. Den tilhørende ellipsoide har parametrene:

Store halvakse ( $a$ ) = 6378137 m

Flattrykning ( $f$ ) = 1/298.257 222 101

## grunnlagsnett

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

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 37 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

MERKNAD — *Fastmerkene* utgjør grunnlag for innmåling av nye *fastmerker*, innmåling av objekter, plassering og påvisning.

### **høyde**

et punkts vertikale avstand over en fysisk eller matematisk definert referanseflate [H]

MERKNAD – Hvis referanseflaten er en ellipsoide, får man ellipsoidisk høyde. Hvis referanseflaten er *geoiden*, får man ortometrisk høyde. Normalhøyder refererer seg til en geoidelignende flate kalt kvasigeoiden. Den dagligdagse betegnelsen "høyde over havet" er en upresis samlebetegnelse for både normalhøyde og ortometrisk høyde.

### **initialisering**

bestemmelse av det hele antall bølgelengder mellom satellitt- og mottakerklokke ved henholdsvis utsending og mottaking av satellittsignalet ved målestart [SAT]

### **ITRF**

International Terrestrial Reference Frame [KRS]

MERKNAD — ITRF er International Earth Rotation Service (IERS) sin realisering av det konvensjonsbetingete terrestriske *referansesystemet* ITRS. Dette skjer ved at IERS offentliggjør geosentriske koordinater for et sett av internasjonalt aksepterte målepunkter. Pga. tektoniske bevegelser i jordoverflaten vil koordinatene for disse punktene endre seg med tiden. Derfor henføres koordinatene til starttidspunktet for hvert beregningsår, og beregningsåret føyes til ITRF med to siffer (f. eks. ITRF93, ITRF97)

### **kinematisk posisjonsbestemmelse**

*posisjonsbestemmelse* av noe som er i bevegelse i forhold til *referansesystemet* [O]

### **kodemåling**

måling av tidsdifferansen mellom en av kodene på det mottatte satellittsignalet og mottakerens egengenererte kopi av koden [SAT]

**konvertering** se [KRS]

**Landsnett** se *geodetisk landsnett*

### **loddavvik**

vinkelforskjell mellom stedets loddlinje og ellipsoidenormalen på stedet [O]

MERKNAD — Loddavviket angis vanligvis med en nord-sør-komponent ( $\xi$ ) og en øst-vest-komponent ( $\eta$ ).

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 38 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## NGO1948

Norges geografiske oppmålings *datum* av 1948 [KRS]

MERKNAD — Offisielt horisontalt *datum* brukt kun i Norge. Datumet ble realisert av Norges geografiske oppmåling ved en utjevning omkring 1948 av 133 første ordens trekantpunkter i Syd-Norge. Avbildning i kartplanet ble utført ved konform, transversal Mercator-projeksjon, kalt Gauss-Krüger-projeksjon. Lavere ordens trekantpunkter ble vanligvis beregnet direkte i kartplanet, med x-aksen positiv nordover fra 58° nordlig bredde og y-aksen positiv østover med verdien null ved tangeringsmeridianen. De tilhørende plane, rettvinklede koordinatene x og y brukes som offisielle, nasjonale koordinater i NGOs rutenettsystem. Pga. krav til maksimal målestokksfortegning i kartplanet er systemet basert på 8 projeksjonssoner, dvs. 8 akssystemer som dekker fastlands-Norge. Projeksjon og akser i NGOs rutenettsystem skriver seg opprinnelig fra 1913.

## NKG

Nordiska Kommissionen för Geodesi

## NN1954, normalnull 1954

*vertikalt datum* for Norge [KRS]

MERKNAD 1 — NN1954 er fysisk knyttet til ett bestemt *fastmerke* ved Tregde vannstandsmåler (nær Mandal). Dette fastmerket er fundamentalpunkt (se *vertikalt datum*). Dets høyde er basert på en utjevning fra 1954 av middelvannstandsberegningene for Oslo, Nevlunghavn, Tregde, Stavanger, Bergen, Kjølisdal og Heimsjø vannstandsmålere. I utjevningen er det benyttet mellom 18 og 53 årganger av data fra de ulike vannstandsmålerne. Det er vanlig å forkorte normalnull 1954 til NN1954.

MERKNAD 2 — Tidligere eksisterte NNN1957 som normalnull for Nord-Norge nord for Tysfjord. Da NN1954 og NNN1957 ble knyttet sammen ved nivellement i 1973, viste det seg at NNN1957 bare lå 28 mm lavere enn NN1954. Nærmere studier av forskjellen mellom NN1954 og NNN1957 viste at forskjellen ikke var signifikant. Derfor besluttet Statens kartverk at fra 1996 skulle NN1954 pr. definisjon dekke hele landet.

## nøyaktighet

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

MERKNAD — Den estimerte verdien er vanligvis målt eller beregnet. I Geodata-standardens kapittel 4 er de ulike nøyaktighetsmålene beskrevet.

## PDOP se DOP

## posisjon

stedsangivelse ved hjelp av koordinater i et geodetisk *referansesystem* [G]

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 39 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### **posisjonering**

bringe noe til en bestemt *posisjon* [O]

MERKNAD — Kan oppfattes som det motsatte av *posisjonsbestemmelse*.

### **posisjonsbestemmelse**

det å finne *posisjonen* til et punkt [O]

### **RINEX**

Receiver Independent Exchange

MERKNAD — RINEX-format er mottakeruavhengig utvekslingsformat for *GNSS*-rådata. [SAT].

### **referanseramme**

utvalgte *fastmerker* med kjente koordinater som realiserer et *referansesystem* [KRS]

### **referansestasjon**

*fastmerke* med kjent *posisjon* brukt som utgangspunkt ved *differensiell posisjonsbestemmelse* [SAT]

MERKNAD 1 — Hadde i forrige utgave samme betydning som *basestasjon*.

MERKNAD 2 — Brukt i denne standarden i forbindelse med nettverks-*RTK*. Se *VRS* (virtuell referansestasjon).

**referansesystem** se [KRS]

### **rover**

satellitmottaker som flyttes fra punkt til punkt hvor den måler *posisjon* direkte eller i forhold til mottakeren i en *referansestasjon* [SAT]

MERKNAD — Samme betydning som mobil satellitmottaker. Rover er engelsk og betyr streifer/vandrer. Termen mobil mottaker ble brukt i den første utgaven av standarden.

### **RTCM**

Radio Technical Commission for Maritime Services (USA)

MERKNAD — RTCM-format er mottakeruavhengig format for distribusjon av korreksjoner [SAT].

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 40 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### **RTK (Real Time Kinematic)**

kinematisk *fasemåling* med en eller flere rovere som får korreksjonene fra *referansestasjonen(e)* i *sanntid* [SAT]

### **sanntid**

(nær) samme tid [SAT]

MERKNAD — Engelsk: real time. At rapportering av en hendelse eller innsamling av data omkring en hendelse skjer i sanntid, betyr at det skjer (nær) samtidig som hendelsen finner sted [SAT]

### **sanntidsmåling**

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

MERKNAD — Resultatet (*posisjonsbestemmelsen*) foreligger vanligvis med inntil et par sekunders etterslep. Hvis man ikke har bruk for *posisjonen* med en gang, kan man beregne den i ettertid.

### **satellittbasert posisjonsbestemmelse**

det å finne *posisjonen* til et punkt ved bruk av satellitter som hjelpemiddel [O]

**Stamnettet** 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 — [O] definerer standardavviket i forhold til forventningsverdien.

### **transformasjon**

tilpasning av punkters koordinater i ett koordinatsystem med et gitt *datum*, til deres tilsvarende koordinater i et koordinatsystem med et annet datum [KRS]

MERKNAD — Tilpasningen kan inneholde elementer av ren translasjon, rotasjon og målestokksendring. (Kravet om at koordinatene knyttes til to forskjellige *datumer* gjelder innen geodesi.)

### **vektor**

linjestykke med lengde og retning, eller med koordinatdifferanser [SAT]

MERKNAD — I *satellittbasert posisjonsbestemmelse* mye brukt betegnelse på det målte tredimensjonale linjestykket mellom to mottakere/antenner.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 41 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### vertikalt datum

*datum* som beskriver forbindelsen mellom tyngdekraftrelaterte *høyder* og den fysiske jord [KRS]

MERKNAD 1 – Vanligvis inngår tre størrelser:

1. Referanseflate: I geodesien benyttes oftest *geoiden* eller *kvasigeoiden*. Se *høyde*.
2. Fundamentalpunkt: Et *fastmerke* som definerer 0-nivået.
3. Tidsreferanse: Høyder endres over tid som følge av landhevning. For å oppnå entydighet må derfor *datumet* ha en tidsreferanse, vanligvis et årstall.

MERKNAD 2 – Ellipsoidiske høyder (se *høyde*) er ikke tyngdekraftrelaterte og oppgis derfor ikke i noe vertikalt datum, men i et *geodetisk datum*.

MERKNAD 3 – *Høyder* i et vertikalt datum er såkalte "høyder over havet".

### VRS

virtuell referansestasjon

MERKNAD — Begrepet kommer av det engelske Virtual Reference Station og benyttes i forbindelse med tjenester som f.eks. *DPOS* og *CPOS*. Med utgangspunkt i data fra et helt nettverk av *basestasjoner* for *GNSS* beregnes virtuelle *GNSS*-data for en vilkårlig koordinat innenfor det området nettverket utspenner. For en *rover* vil dette fortone seg som om dataene kom fra en virkelig *GNSS*-basestasjon like i nærheten.

### WGS84

World Geodetic System 1984[KRS]

MERKNAD 1 — WGS84 er et terrestrisk *referansesystem* utviklet av forsvarsdepartementet i USA. WGS84 er også betegnelsen som *GPS* bruker om systemet satellittene opererer i.

MERKNAD 2 — WGS84(G1150), eller tilsvarende, betyr den realiseringen av WGS84 som ble tatt i bruk i GPS-uke 1150, eller tilsvarende. GPS-ukene telles fra 1980-01-06.

MERKNAD 3 — Koordinater i WGS84 avviker mindre enn ca. 0.5 m fra koordinater i *EUREF89*.

\*\*\*\*\*

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 42 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### Engelsk register:

baseline	vektor
base station/reference station	basestasjon
carrier phase measurements	fasemåling
code	kode
cycle slips	fasebrudd
differential positioning	differensiell posisjonsbestemmelse
initialisation	initialisering
kinematic positioning	kinematisk posisjonsbestemmelse
multipath interference	flerveisinterferens
obtain position (USA: positioning)	posisjonsbestemmelse
phase measurements	fasemåling
positioning	posisjonsbestemmelse(stedfesting) <i>eller</i> posisjonering
pseudorange measurements	kodemåling
pseudorange	pseudoavstand
real-time	sanntid
real-time kinematic (RTK)	RTK
reference station/base station	basestasjon
relative positioning	relativ posisjonsbestemmelse
rover	rover ( <b>tidligere mobil satellitmottaker</b> )
single point positioning	enkelpunktbestemmelse
Virtual Reference Station	virtuell referansestasjon

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 43 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## Tillegg C Etablering av nye fastmerker (normativt)

Følgende retningslinjer gjelder for etablering av fastmerker som skal måles med satellittmottaker:

### Egnethet

Stedet må være egnet for observasjon med satellittmottaker.

Dette innebærer at det må være god horisont sett fra fastmerket (ideelt sett ingen hindringer mer enn 15 grader over horisonten). Videre bør det være mest mulig fritt for vegetasjon i nærheten av fastmerket, og det må ligge i god avstand fra bygninger. Forstyrrende støykilder i nærheten av fastmerket bør unngås hvis det er mulig (radiosendere, transformatorer, høyspentlinjer e.l.).

### Varighet

Målepunktet må gis en varig og stabil markering med et entydig senter.

Bolter i fast fjell er å foretrekke (unngå om mulig bolt i stein og søyler/rør i løsmasser). Det må ikke være planer om utbygging eller nedfylling som kan ødelegge fastmerket i overskuelig fremtid.

### Identifiserbarhet

Fastmerket bør være påført identitet for sikker identifisering.

Dette innebærer at bolter som brukes, må ha varig merket navn, bokstaver (som forkortelser), tall eller tegn synlig for den som senere skal oppsøke fastmerket og kunne identifisere det.

Nye grunnlagspunkter bør gis nummer i henhold til standarden "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister".

### Tilgjengelighet

Et fastmerke bør være lett tilgjengelig fra kjørbar vei, ha hensiktsmessig beliggenhet for gjennomføring av målearbeid og være lett å finne. Det er fordelaktig med kortest mulig gangavstand/-tid.

### Informasjon om fastmerker

For alle nye fastmerker skal det utarbeides en punktbeskrivelse som tilfredsstillende punkt 36 i underkapittel 5.1.1 i standarden "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister", versjon 2.1, november 2001. For øvrig skal det gis så mye informasjon om hvert fastmerke at de obligatoriske opplysningene i nevnte underkapittel 5.1.1 blir tilfredsstilte.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 44 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

**Tillegg D. Eksempel på målebok/loggbok (informativt)**

<b>Prosjekt:</b> .....
<b>Mottakertype:</b> .....
<b>Mottaker nr.:</b> ..... <b>Antenne nr.:</b> .....
<b>Stasjon:</b>
<b>Navn:</b> ..... <b>Punktnummer:</b> .....
<b>Bolthøyde:</b> ..... <b>Bolttype:</b> .....
<b>Målesesjon:</b> ....
<b>Starttid:</b> .....
<b>Stopptid:</b> .....
<b>Antennehøyde før:</b> .....      .....      .....
<b>Antennehøyde etter:</b> .....      .....      .....
<b>Med forskyving:</b> ..... - ..... = .....
<b>Referansepunkt på antenne for antennehøyde:</b> .....
<b>Antenneradius:</b> .....
<b>Antenne mot nord?</b> .....
<b>GDOP/PDOP start:</b> ..... <b>GDOP/PDOP slutt:</b> .....
<b>Satellitter start:</b> ..... <b>Satellitter slutt:</b> .....
<b>Antall epoker:</b> .....
<b>Antall fasebrudd:</b> ..... (L1) ..... (L2)
<b>Observatør:</b> ..... <b>Dato:</b> .....
<b>Merknader/skisse:</b>

**Antennehøyden skal måles til 3 forskjellige steder, jevnt fordelt langs antennens ytterkant. Punktbeskrivelsen rettes hvis det oppdages feil eller mangler i den.**

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 45 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## **Tillegg E Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse (informativt)**

### **Antennehøyde**

Feil antennehøyder fører til feil høyde på punktene. I punkter med kun én oppstilling er det ikke mulig å oppdage slike feil. Omhyggelig måling og registrering av antennehøyder som beskrevet i underkapittel 7.2.2 er derfor svært viktig. Flere oppstillinger i hvert punkt vil også øke påliteligheten.

### **Troposfærekorreksjon**

Radiobølgene fra satellitter til jorden påvirkes av troposfæren. Det kan korrigeres ved å benytte passende troposfæremodell ved beregning av vektorene (Hopfield, Saastamoinen, m.fl.). Umodellerte effekter gjør seg mye sterkere gjeldende i høyde enn i grunnriss. I enkelte beregningsprogram er det mulig å estimere forbedringer til standardmodellen. En slik fremgangsmåte krever lang observasjonstid og må brukes med en viss forsiktighet, fordi forbedringene er korrelerte med høydeforskjellene mellom punktene. Praktisk erfaring har vist at man ved høydebestemmelse må være forsiktig med å bruke lange vektorer og vektorer mellom punkter med stor høydeforskjell.

### **Referanseflater**

Høydeforskjeller målt med satellittmetoder refererer seg til en ellipsoide. Til de fleste praktiske formål ønsker man ortometriske høyder, som refererer seg til referanseflaten i NN1954. Korrigert for landhevingen har NN1954 tilnærmet samme forløp som geoiden. For å bestemme høyder til praktisk bruk i Norge må de satellittmålte høydeforskjellene korrigeres, slik at de refererer seg til NN1954.

### **Estimering av loddavvik**

I en høydeutjevning kan helningsvinkelen mellom ellipsoiden og den benyttede høydereferanseflate (f.eks. NN1954) innføres som ukjent. Helningsvinkelen dekomponeres i østlig loddavvik og nordlig loddavvik, som innføres som tilleggsukjente i utjevningen. En slik fremgangsmåte betinger et godt høydegrunnlag, spesielt i ytterkanten av området. Det kreves minimum 4 grunnlagspunkter. Man bør for øvrig knytte seg målemessig til høydegrunnlag minst for hver 5. km. Til formål som krever stor nøyaktighet, er kun nivellerte fastmerker egnet som høydegrunnlag.

For større områder kan det estimeres flere loddavvikspar, men dette krever bedre høydegrunnlag, og må brukes med forsiktighet. I områder med relativt flatt terreng er det i de fleste tilfeller tilstrekkelig med ett loddavvikspar. I områder med store høydeforskjeller er det ofte nødvendig med en oppdeling, fordi geoiden kan ha et noe uregelmessig forløp. Bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse i slike områder kan være problematisk.

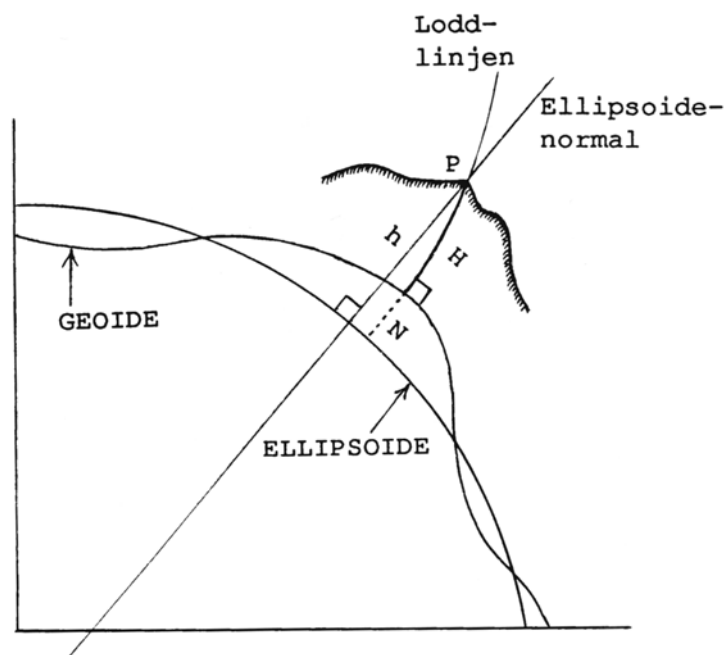
Ved mindre beregninger, f.eks. bestemmelse av enkeltpunkter, kan man sette inn loddavvik som er estimert i en tidligere større beregning for samme område. Denne metoden kan også brukes ved høydebestemmelse i sanntid. Mindre kommuner, f.eks. på Østlandet, vil antakelig kunne benytte ett loddavvikspar for hele kommunen.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 46 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### Bruk av høydereferansemodell

En høydereferansemodell modellerer høydeforskjellen mellom GRS80-ellipsoiden og NN1954 på Norges fastland. En slik modell blir bestemt ved å justere NKG-geoiden i forhold til punkter som har både NN1954-høyder og ellipsoidiske høyder. Ennå finnes ingen jevn og landsdekkende forekomst av fastmerker med høyde i begge høyde-systemene, og kvaliteten på modellen er derfor varierende. I områder langt fra slike fastmerker må modellen brukes med forsiktighet, fordi kvaliteten er usikker. Modellen kan brukes til å korrigere satellittmålte høydeforskjeller slik at de refererer seg til NN1954. I områder med uregelmessig geoidforløp og/eller svakt høydegrunnlag har metoden vist seg å være bedre egnet enn estimering av loddavvik. Korreksjonene beregnes ved interpolasjon, og nøyaktigheten vil derfor være avhengig av avstanden til grunnlagspunktene. Denne metoden kan også tenkes brukt ved RTK-måling.

Statens kartverk bestemmer nye justeringspunkter og gir ut nye høydereferansemodeller etter behov. Pr. juni 2003 brukes href2003b.



**Figur 5. Sammenhengen mellom geoid og ellipsoide**

Figuren viser geoiden, ellipsoiden og et punkt P på jordoverflaten.

h: Høyde over ellipsoiden (langs ellipsoidenormalen)

H: Høyde over geoiden, ortometrisk høyde (langs loddlinjen)

N: Geoidhøyde

Sammenhengen mellom h, H og N er gitt ved  $h = H + N$ .

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 47 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

## Tillegg F Mal for rapportering (normativt)

I denne malen har man forsøkt å gi rom for alle relevante opplysninger. Det er en viss forskjell mellom denne malen og malen i standarden "Grunnlagsnett". Det vil for de ulike målemetoder kun være nødvendig å ta med aktuell dokumentasjon.

Dersom ikke annet er bestemt av oppdragsgiver, skal det legges ved resultatfiler (ASCII) fra vektorberegning og prosjektfiler fra utjevningsprogram. Koordinater leveres på SOSI-format eller annet avtalt filformat. Rapporten skal dateres og underskrives.

For hvert enkelt fastmerke som er innmålt i et måleprosjekt, bør rapporten minst inneholde den obligatoriske informasjonen som er beskrevet i underkapittel 5.1.1 i standarden "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister" versjon 2.1, november 2001.

### 1 GENERELT

- 1.1 Oppdragets nummer og navn. Dato for tilbud og kontrakt/avtale.
- 1.2 Oppdragsgiver (adresse, prosjektleder og Geovekst-parter).
- 1.3 Oppdragstaker (adresse og fagansvarlig).
- 1.4 Benyttede underleverandører (adresse og fagansvarlig).
- 1.5 Eventuell lagring av observasjoner og koordinater på EDB hos oppdragstaker.
- 1.6 Antall eksemplarer av rapporten og oppbevaringssted.
- 1.7 Kopi av bestillingsskjema med bilag og kartutsnitt. Grunnlagspunktene skal være avlagt på kartutsnittet, og kartutsnittet skal være påført målestokk samt inneholde signatur og dato.

### 2 GEODETISK REFERANSE

- 2.1 Kartprojeksjon:  
Akse/sone:  
Sentralmeridian:
- 2.2 Horisontalt datum:  
Vertikalt datum:  
Type høyde (ellipsoidisk, ortometrisk):
- 2.3 Grunnlagspunkter i grunnriss:
- 2.4 Grunnlagspunkter i høyde:  
Det skal angis hvilke punkter som er benyttet i horisontalt og vertikalt grunnlag. Nøyaktigheten til grunnlagspunktene skal dokumenteres med en utlissing fra fastmerkeregisteret og eventuelt beregningsriss.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 48 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

### 3 **FELTARBEIDET**

- 3.1 Opplysninger om hvem som har utført feltarbeidene (planlegging, utsetting av punkter og måling) og tidsrommet for utførelsen.
- 3.2 Benyttet måleutstyr med instrumentnummer. Eventuelle kalibreringsdata for satellittmottakerne skal følge vedlagt.

Det skal angis om kontroll av treføtter er utført.

Måling av instrumenthøyde før og etter observasjonene. Hvor det er målt på antennen. Alle antenner orientert mot samme himmelretning under målingene. Flere oppstillinger i samme punkt.

- 3.3 Antall punkter som er bestemt.
- 3.4 Målemetode og måleprosedyre for innmåling (måletid pr. vektor, korrelerte eller uavhengige vektorer, geometri under måling). Måleperioder (dato, klokke, antall tilgjengelige satellitter). Eventuell nettsimulering.
- 3.5 Merking av punktene (bolt/rør). Eventuell angivelse av påslått nummer.
- 3.6 Vanskeligheter under planlegging og måling:
  - Eventuelle feil i grunnlagspunktene
  - Problemer med å gjenfinne grunnlagspunkter
  - Ryddingsarbeider osv.
  - Atmosfæriske forhold
  - Andre forhold
- 3.7 Nymåling av eldre punktgrunnlag skal dokumenteres ved tallmessig sammenlikning av nye og gamle koordinatverdier for identiske punkter.

### 4 **BEREGNING**

- 4.1 Opplysning om hvem som var ansvarlig/utførte beregningene.
- 4.2 Benyttet programvare, versjon og moduler.
- 4.3 Fremgangsmåte ved beregning av satellittobservasjoner.
- 4.4 Statistiske tester - beregningsrekkefølge og hva som testes.
- 4.5 Kommentarer til beregning i grunnriss.
- 4.6 Kommentarer til beregning i høyde.

### 5 **TRANSFORMASJON**

- 5.1 Opplysning om hvem som var ansvarlig/utførte beregningene.
- 5.2 Benyttet programvare, versjon og moduler.
- 5.3 Transformasjonstype.

<b>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</b>	<b>Standard</b>	<b>1</b>
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.0	Side 49 av 49
	Iverksettingsdato: 12. jan. 2005	

- 5.4 Plott av fellespunkter og transformerte punkter.
- 5.5 Utskrift av beregning av transformasjonsparametre med restfeil og transformerte punkter. Utskriften skal vise fellespunktene koordinater/høyder i begge systemer.

## **6 RESULTAT**

- 6.1 Sortert koordinatliste for grunnlagspunkter.
- 6.2 Sortert koordinatliste for nye punkter og nybestemte punkter. Ligger oppdraget nær et sonedele, skal koordinatene oppgis i begge soner etter avtale med oppdragsgiver.

## **7 VEDLEGG TIL RAPPORTEN**

- 7.1 Fullstendig utskrift av resultatet fra vektorberegning. Dersom utskriften blir omfattende, kan den leveres på diskett/CD. Dokumentasjon av polygonglutninger eller dokumentasjon av fri utjevning i vektorberegningsprogram.
- 7.2 Grunnriss
- 7.2.1 Fullstendig utskrift (signifikante og ikke-signifikante grovfeil) av resultatet etter grovfeilsøking (med opplysninger om eventuelle kasserte observasjoner).
- 7.2.2 Utskrift av resultatet fra test av grunnlaget med test av endringer.
- 7.2.3 Utskrift av resultatet av indre og ytre pålitelighetsanalyse.
- 7.2.4 Utskrift av resultatene fra nettberegningen. Standardavvik på vektenhet, utjevningstilleggene samt nypunktene standardavvik i grunnriss angis. Estimert målestokk og rotasjon skal dokumenteres.
- 7.3 Høyde
- 7.3.1 Fullstendig utskrift (signifikante og ikke-signifikante grovfeil) av resultatet etter grovfeilsøking (med opplysninger om eventuelle kasserte observasjoner).
- 7.3.2 Utskrift av resultatet fra test av grunnlaget med test av endringer.
- 7.3.3 Utskrift av resultatet av indre og ytre pålitelighetsanalyse.
- 7.3.4 Utskrift av resultatene fra nettberegningen. Standardavvik på vektenhet, utjevningstilleggene samt nypunktene standardavvik i høyde angis. Estimerte loddavvikskomponenter skal dokumenteres.
- 7.4 Utskrift av datumparametre.
- 7.5 Utskrift av instrumentparametre.
- 7.6 Skisser/punktbeskrivelse for nye punkter.

Kopi av grafisk oversikt.