

# Overbygning/Prosjektering/Utfesting og fastmerkenett

Fra Teknisk regelverk utgitt 1. februar 2018

< [Overbygning](#) | [Prosjektering](#)

Hopp til: [navigasjon](#), [søk](#)

## Innhold

[skjul]

- [1 Hensikt og omfang](#)
  - [1.1 Hensikt](#)
  - [1.2 Omfang](#)
  - [1.3 Grunnleggende krav](#)
    - [1.3.1 Utfestingsmetode](#)
    - [1.3.2 Fastmerkenett](#)
- [2 Varig utfesting av linjen](#)
  - [2.1 Generelt](#)
  - [2.2 VUL-merker](#)
    - [2.2.1 Generelt](#)
    - [2.2.2 Plassering og montering](#)
    - [2.2.3 Nummerering](#)
  - [2.3 Sporets beliggenhet](#)
    - [2.3.1 Kilometrering](#)
    - [2.3.2 Pilhøyder](#)
    - [2.3.3 VUL-data](#)
    - [2.3.4 Beregning](#)
    - [2.3.5 Sporjustering og nøytralisering](#)
    - [2.3.6 Registrering av sporets beliggenhet \(VUL\)](#)
  - [2.4 Rapportering](#)
    - [2.4.1 Banedata](#)
    - [2.4.2 Teknisk arkiv](#)
- [3 Geodetisk varig utfesting av linjen](#)
  - [3.1 Generelt](#)
  - [3.2 Sporets teoretiske beliggenhet](#)
    - [3.2.1 Nye baner/linjeomlegginger](#)
    - [3.2.2 Eksisterende baner](#)
      - [3.2.2.1 Registrering av nåværende beliggenhet](#)
      - [3.2.2.2 Beregning av ny teoretisk beliggenhet](#)
  - [3.3 Sporets faktiske beliggenhet](#)
    - [3.3.1 Sporjustering og nøytralisering](#)
    - [3.3.2 Registrering av sporets beliggenhet](#)
  - [3.4 Rapportering](#)
    - [3.4.1 Banedata](#)

- [3.4.2 Teknisk arkiv](#)
- [4 Geodetisk fastmerkenett](#)
  - [4.1 Generelt](#)
  - [4.2 Tidspunkt for etablering av fastmerkenett på nyanlegg](#)
  - [4.3 Fysiske krav](#)
    - [4.3.1 Fastmerkernes utforming og merking](#)
      - [4.3.1.1 Sikrings- og brukspunkt](#)
      - [4.3.1.2 Nivellements punkt](#)
      - [4.3.1.3 Nummerering og merking](#)
    - [4.3.2 Fastmerkernes plassering](#)
  - [4.4 Geodetiske krav](#)
    - [4.4.1 Koordinatsystem \(koordinatbasert referansesystem\)](#)
      - [4.4.1.1 Horisontalt \(grunnriss\)](#)
      - [4.4.1.2 Vertikalt \(høyde\)](#)
      - [4.4.1.3 Valg av koordinatsystemer](#)
    - [4.4.2 Geodetisk kvalitet](#)
      - [4.4.2.1 Grunnriss](#)
      - [4.4.2.2 Høyde](#)
    - [4.4.3 Målinger](#)
      - [4.4.3.1 Sikringspunkt](#)
      - [4.4.3.2 Nivellements punkter](#)
      - [4.4.3.3 Brukspunkt](#)
    - [4.4.4 Beregninger](#)
  - [4.5 Dokumentasjon](#)
  - [4.6 Rapportering](#)
    - [4.6.1 Banedata](#)
    - [4.6.2 Teknisk arkiv](#)
- [5 Vedlegg](#)

# 1 Hensikt og omfang

Kapitlet omhandler prosjektering og etablering av

- varig utfesting av linjen
- geodetisk varig utfesting av linjen
- geodetisk fastmerkenett

## 1.1 Hensikt

Utfesting av linjen registrerer beliggenheten til et helseveist spor med korrekt [nøytraltemperatur](#) i et ytre referansesystem. Dette kalles **sporets teoretiske beliggenhet**. Utfesting utføres på en slik måte at resultatene kan brukes til kontroll og justering av **sporets faktiske beliggenhet** i ettertid.

Ved å sammenstille tilhørende verdier for sporets teoretiske og faktiske beliggenhet beregnes sporets avvik fra teoretisk beliggenhet. Verdiene benyttes, sammen med resultater fra

målevognskjøring, for å vurdere om det er behov for justering av sporet og gir følgelig korreksjonsverdier ved sporjustering. Dette danner dermed utgangspunkt for rekonstruksjon av sporets teoretiske beliggenhet.

## 1.2 Omfang

a) Utfesting av linjen skal gjennomføres på alle hovedspor i det offentlige jernbanenettet.

b) Arbeidet skal prioriteres på følgende steder:

- Nye baner/linjeomlegginger
- Høyhastighetsbaner og baner med stor trafikkbelastning
- Strekningsavsnitt hvor det skal utføres operasjoner som kan påvirke skinnenes nøytraltemperatur, f.eks. ballastrensing, svillebytte, skinnebytte, større baks/løft og helsveising.
- Strekningsavsnitt hvor det er registrert tendenser til solslyng, særlig hvor sporet ligger på fylling slik at en avsporing kan få store konsekvenser.

## 1.3 ~~Grunnleggende krav~~ *Utfestingsmetoder*

### 1.3.1 ~~Utfestingsmetode~~

a) Utfesting av linjen kan utføres på to måter:


- varig utfesting av linjen - VUL
- geodetisk varig utfesting av linjen - GVUL
  - *basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett*
  - *basert på innmåling med satellittbasert måleteknikk støttet av posisjonsforbedrende data fra Statens kartverks permanente geodetiske stasjoner*

*For nærmere beskrivelse av VUL og GVUL henvises det til [Varig utfesting av linjen \[lenke\]](#) og [Geodetisk varig utfesting av linjen \[lenke\]](#).*

b) GVUL *basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett* skal benyttes på

- *alle K0-baner/strekninger (~~kun GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett~~)*
- *alle nye baner/strekninger (~~kun GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett~~)*
- *alle baner/strekninger med større linjeomlegginger (~~kun GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett~~)*

- baner/strekninger der infrastruktureier finner det ønskelig

c) *GVUL basert på innmåling med satellittbasert måleteknikk støttet av posisjonsforbedrende data fra Statens kartverks permanente geodetiske stasjoner eller  VUL skal benyttes på alle baner/strekninger der det ikke benyttes GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett.*

### **1.3.2 Fastmerkenett**

~~a) I forbindelse med etablering av GVUL på en strekning, skal det etableres et geodetisk fastmerkenett langs hele strekningen.~~

~~b) Krav til fastmerkenettet er beskrevet i Geodetisk fastmerkenett.~~

## **2 Varig utfesting av linjen**

### **2.1 Generelt**

Varig utfesting av linjen (VUL) har som formål å definere sporets beliggenhet i et ytre lokalt referansesystem. Metoden baseres på at sporets teoretiske beliggenhet refereres som relativ beliggenhet i forhold til VUL-merker langs banen.

a) Etablering av VUL skal resultere VUL-merker, informasjon om sporets beliggenhet i forhold til VUL-merker og informasjon om sporets karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP, FKP, HBP, LBP, SE) med tilhørende traséparametre (radier, lengde på overgangskurver, overhøyder)

b) VUL-/traséinformasjonen skal danne basis for kontroll og vedlikehold av sporets beliggenhet.

c) VUL-/traséinformasjonen skal forvaltes sentralt gjennom Banedata og gjennom teknisk arkiv.

d) Følgende operasjoner skal inngå i etablering av VUL på en bane/strekning:

- Etablering av VUL-merker
- Registrering av sporets nåværende faktiske beliggenhet
- Beregning av sporets nye teoretiske beliggenhet
- Etablering av sporets nye faktiske beliggenhet
- Rapportering av VUL-/traséinformasjon til Banedata og teknisk arkiv

### **2.2 VUL-merker**

#### **2.2.1 Generelt**

a) Langs sporet skal det etableres VUL-merker som danner utgangspunkt for utfestingen.

- b) For å gjøre systemet mest mulig pålitelig skal VUL-merkene gis mest mulig stabil forankring, helst fjell.
- c) Det skal benyttes VUL-merke for laseravstandsmåler for montering på vertikale flater (master, fjell m.v.).
- d) VUL-merke for laseravstandsmåler finnes i flere varianter, men skal ha et entydig siktepunkt (trådkors).
- e) Det kan benyttes VUL-merker for målestav ved supplerings av VUL på strekning hvor det tidligere er benyttet denne type VUL-merker.
- f) VUL-merker for målestav skal ha et fast referansepunkt til bruk under utfestingen.

VUL-merker for målestav finnes i to varianter:

- sidemerke for montering på vertikale flater (master, fjell m.v.).
- toppmerke for montering på horisontale flater (topp av lave søyler m.v.).

Se [Vedlegg/VUL-merker](#) for beskrivelse/tegning av VUL-merkene.

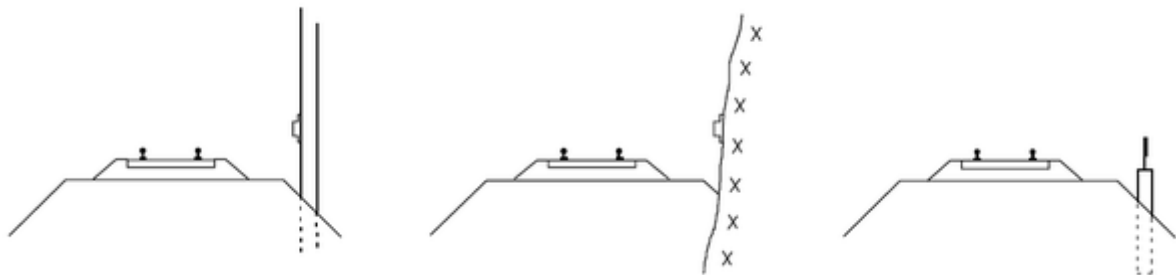
## 2.2.2 Plassering og montering

- a) Avstanden fra VUL-merkene til spormidtt bør være 3,0 - 4,5 m avhengig av de lokale forhold. Avstand mellom VUL-merkene bør være som angitt i Tabell 1.

Tabell 1: Anbefalt avstand mellom VUL-merkene

Kurveradius[m]	- 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 2000	2000 -
Avstand [m]	30	35	40	45	50	55	60	100

- b) VUL-merkene bør plasseres utenfor karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP osv).
- c) I kurver bør VUL-merkene plasseres på yttersiden av kurven.



Figur 1: Plassering av VUL-merker på kontaktledningsmast, fjell og eget fundament

d) Der det er mulig skal VUL-merkene festes i fjell. Dersom feste i fjell ikke kan oppnås, benyttes kontaktledningsmast eller eget fundament.

e) Fundamenter skal plasseres slik at de står stabilt og skal være forankret i telesikker grunn. VUL-merket skal festes på siden av fundamentet.

f) VUL-merkene skal festes i høyde med skinnetopp nærmeste skinne.

### **2.2.3 Nummerering**

a) VUL-merkene skal nummereres slik at de lett kan identifiseres i ettertid.

b) På elektrifiserte strekninger skal mastenummeret brukes, med prefiks “VUL-”, som nummer på VUL-merkene. Dersom VUL-merket ikke er festet til masten, benyttes mastenummer for den nærmeste masten. I tillegg brukes bokstavene M, F og A som for å markere om merket er festet i mast, i fjell eller til andre objekt.

Eksempel:

VUL-1714M VUL-merke på mast nr 1714

VUL-1715F VUL-merke ved mast nr 1715, festet i fjell

VUL-1716A VUL-merke ved mast nr 1716, festet i annet enn mast/fjell

c) På ikke-elektrifiserte strekninger skal VUL-merkene gis egne 5-sifrede nummer, sammensatt av to deler: Kilometerangivelse (3 siffer) og fortløpende nummer innen hver km (2 siffer).

Eksempel:

313-01 VUL-merke nr 1 mellom km 313,000 og km 313,999

## **2.3 Sporets beliggenhet**

### **2.3.1 Kilometrering**

a) Det skal etableres nøyaktig kilometrering på den aktuelle strekningen.

### **2.3.2 Pilhøyder**

a) Sporets pilhøyder skal måles for å danne grunnlag for beregning av ny teoretisk beliggenhet.

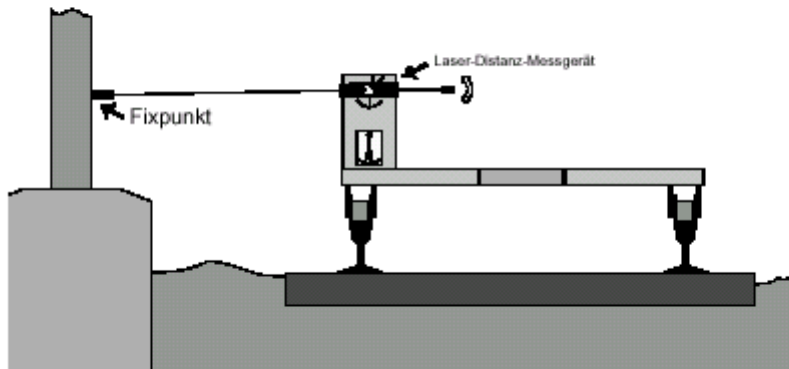
### **2.3.3 VUL-data**

a) Det skal registreres nøyaktig kilometer for hvert VUL-merke.

b) Den horisontale og eventuelt vertikale avstanden mellom spor og VUL-merke (VUL-data) skal måles umiddelbart før eller etter pilhøydemåling med laseravstandsmåler (ev. målestav).

c) Målingene skal utføres mellom referansepunktet på VUL-merket og innerkant nærmeste skinne, 14 mm under sporplanet.

d) Målingene skal utføres minst to ganger for hvert VUL-merke og deretter midles. Avvik mellom målingene skal ikke overskride er 5 mm.



Figur 2: Måling av VUL-data med laseravstandsmåler (prinsipp)

Av praktiske grunner velges ikke spormidten som referanse. Ved å velge kjørekanten, vil det som følge av sporutvidelse og skinneslitasje over tid bli en viss endring av sporets beliggenhet. Denne endringen kan imidlertid neglisjeres.

### 2.3.4 Beregning

Utarbeidelse av ny teoretisk beliggenhet vil ofte innebære en forskyvning/justering av eksisterende spor for å oppnå en gunstigere trasé. Med dette menes i alminnelighet en trasé med færre kurver, lengre overgangskurver og jevnere krumningsforløp gjennom kurvene.

a) Sporets nye teoretiske beliggenhet, dvs. nye karakteristiske trasépunkter og traségeometri, skal beregnes på grunnlag av målte verdier i eksisterende spor.

b) Det skal i tillegg beregnes korreksjonsverdier i form av avvik mellom nåværende beliggenhet og ny beliggenhet. Under arbeidet skal det tas hensyn til eventuelle tvangspunkter.

c) Nye VUL-data skal beregnes ved å korrigere målte VUL-data med korreksjonsverdier. De nye VUL-data definerer sporets nye teoretiske beliggenhet.

### 2.3.5 Sporjustering og nøytralisering

a) Etter beregning av ny teoretisk beliggenhet skal sporet justeres etter denne.

b) Umiddelbart før justeringen skal alle karakteristiske trasépunktets type og beliggenhet merkes i hht. den nye teoretiske beliggenheten. Dette skal gjøres i henhold til [Skilt/Plassering av skilt langs sporet/Skiltoversikt/Skilt for trasépunkt](#).

c) Gammel merking skal fjernes.

d) Avvikene mellom målte VUL-data (faktisk beliggenhet) og beregnede VUL-data (teoretisk beliggenhet) skal være innenfor kravene til nyjustert spors beliggenhet i [Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering og stabilisering](#)

e) Når sporet er ferdig justert skal det nøytraliseres i hht. [Overbygning/Bygging/Helsveist spor](#).

### **2.3.6 Registrering av sporets beliggenhet (VUL)**

a) Det nøytralisererte sporets nye faktiske beliggenhet skal snarest måles inn fra VUL-merkene.

b) Sporets faktiske beliggenhet i forhold til teoretisk beliggenhet skal dokumenteres.

## **2.4 Rapportering**

a) Etter at sporets nye beliggenhet er etablert, skal opplysninger om teoretisk og faktisk beliggenhet arkiveres i Banedata og teknisk arkiv.

### **2.4.1 Banedata**

a) Det skal rapporteres et utvalg av VUL-/traséinformasjonen til Banedata.

b) For hvert VUL-merke skal det rapporteres:

- baneidentitet
- nummer
- kilometer
- teoretiske VUL-data (horisontal og evt. vertikal avstand fra VUL-merke til spor)

c) For hvert karakteristiske trasépunkt skal det rapporteres:

- baneidentitet
- type trasépunkt (OB, OE, FOB, KP, FKP, SE, HBP, LBP, RB, RE)
- kilometer

d) For sporets geometri/trase skal det rapporteres:

- radier
- lengder på overgangskurver
- overhøyder



## 2.4.2 Teknisk arkiv

a) I teknisk arkiv skal mer utfyllende informasjon arkiveres:

- observasjonsdata til grunn for beregning av ny teoretisk beliggenhet
- nøytralisert spors faktiske beliggenhet
- kart og riss
- rapporter over øvrige VUL-arbeider

# 3 Geodetisk varig utfesting av linjen

## 3.1 Generelt

Geodetisk varig utfesting av linjen (GVUL) har som formål å definere og etablere sporets beliggenhet i et ytre referansesystem. Metoden baseres på at sporets teoretiske beliggenhet defineres som en matematisk koordinatbestemt linjeberegning.

*Sporets faktiske beliggenhet bestemmes med én av to metoder - polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett eller innmåling med satellittbasert måleteknikk støttet av posisjonsforbedrende data fra Statens kartverks permanente geodetiske stasjoner.*

*Førstnevnte metode forutsetter at det er etablert et geodetisk fastmerkenett langs sporet. Metoden kan benyttes til kontroll av sporets horisontale og vertikale beliggenhet.*

*Sistnevnte metode forutsetter kort avstand (ca 20 km) mellom de permanente geodetiske stasjonene, gode mottaksforhold for satellittsignaler og repeterte måleserier. Metoden kan kun benyttes til kontroll av sporets horisontale beliggenhet.*

a) Etablering av GVUL skal resultere i ~~et geodetisk fastmerkenett og~~ koordinatbestemt informasjon i grunnriss og høyde om sporets karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP, FKP, HBP, LBP, SE), med tilhørende traseparametre (radier, lengde på overgangskurver, overhøyder).

b) GVUL-/traséinformasjonen skal danne basis for kontroll og vedlikehold av sporets beliggenhet.

c) GVUL-/trasé informasjonen skal forvaltes sentralt gjennom Banedata og gjennom teknisk arkiv.

d) Følgende operasjoner skal inngå i etablering av GVUL for en bane/strekning:

- etablering av geodetisk fastmerkenett (*kun GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett*)
- registrering av sporets nåværende faktiske beliggenhet (gjelder oftest eksisterende baner)
- beregning/prosjektering av sporets nye teoretiske beliggenhet

- etablering av sporets nye faktiske beliggenhet
- rapportering av GVUL-/traséinformasjon til Banedatabanken og teknisk arkiv

## 3.2 Sporets teoretiske beliggenhet

### 3.2.1 Nye baner/linjeomlegginger

a) På nye baner, samt ved større linjeomlegginger, skal sporets beliggenhet prosjekteres, utstikkes og justeres på grunnlag av en linjeberegning.

b) Linjeberegningen gir koordinatbasert informasjon om karakteristiske trasépunkter i tillegg til sporgeometrisk informasjon. Disse opplysningene skal adopteres som sporets teoretiske beliggenhet.

### 3.2.2 Eksisterende baner

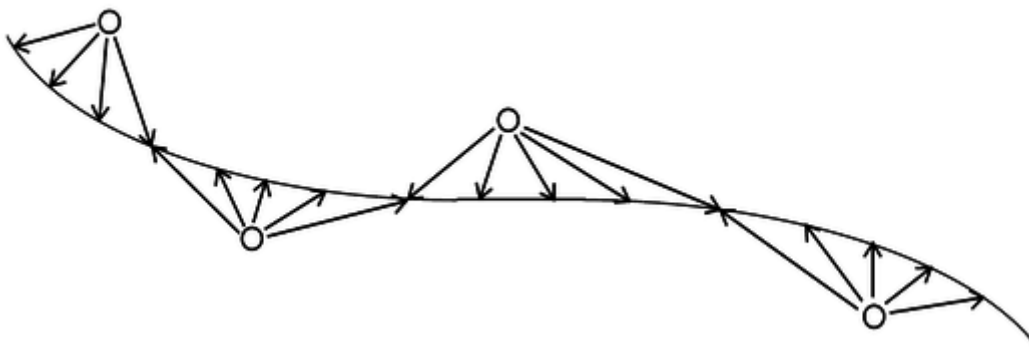
Ved etablering av sporets teoretiske beliggenhet der denne i utgangspunktet er ukjent (eller ikke kjent med tilstrekkelig sikkerhet), er det ofte hensiktsmessig å korrigere sporet i forbindelse med GVUL.

a) For å etablere GVUL skal sporets nåværende beliggenhet måles inn. Dette skal igjen danne grunnlag for beregning av sporets nye teoretiske beliggenhet.

#### 3.2.2.1 Registrering av nåværende beliggenhet

a) Sporet skal måles inn med polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett *eller med satellittbasert måleteknikk støttet av posisjonsforbedrende data fra Statens kartverks permanente geodetiske stasjoner*.

b) Sporet skal måles inn for hver 10. meter. I krappe kurver og ved komplisert kurvatur bør sporet måles inn med noe kortere intervall.



Figur 3: Innmåling av spor *fra geodetisk fastmerkenett*

c) Det skal måles inn alle karakteristiske trasépunkter, stokkskinneskjøt i sporveksler og bakkanter i sporveksler/kryssveksler/sporkryss.

d) Ved innmålingen skal det benyttes metode/utstyr som gjør det mulig å koordinatbestemme

- spormidt i grunnriss
- laveste skinnestreng i høyde (*kun GVUL basert på polar innmåling fra et geodetisk fastmerkenett*).

e) Innmålingen fra *geodetisk fastmerkenett* skal tilfredsstillende krav til geodetisk kvalitet angitt i Tabell 2a. (Se for øvrig [Geodetisk kvalitet](#))

Tabell 2a: Krav til geodetisk kvalitet ved innmåling av spor fra fastmerkenett

Kvalitetsklasse	p (ppm)	k (mm)
K0	0	3
K1-K5	0	5

*Den totale geodetiske kvaliteten ved innmåling av spor fra fastmerkenett består av to elementer - fastmerkenettets kvalitet [Geodetisk kvalitet](#), Tabell 5 og Tabell 6) og sporinnmålingens kvalitet (Tabell 2a). Dette medfører at den totale geodetiske kvaliteten (horisontalt) er om lag det dobbelte av det som er angitt i Tabell 2a.*

f) *Innmåling med satellittbasert posisjonsbestemmelse skal tilfredsstillende krav til geodetisk kvalitet angitt i Tabell 2b. (Se for øvrig [Geodetisk kvalitet](#))*

*Tabell 2b: Krav til geodetisk kvalitet ved innmåling av spor med satellittbasert måleteknikk*

Kvalitetsklasse	p (ppm)	k (mm)
K1-K5	0	10

fg) I tillegg til sporet skal det også måles inn detaljer som kan komme i konflikt med minste tverrsnitt ved mindre sporjusteringer, f.eks. plattformkant, master, fjellskjæringer, tvangspunkter og tvangsnivåer mm.

### 3.2.2 Beregning av ny teoretisk beliggenhet

a) Ved hjelp av innmålt spor- og detaljpunkter skal det utarbeides en linjeberegning for sporets nye teoretiske beliggenhet.

Utarbeidelse av ny teoretisk beliggenhet vil ofte innebære en forskyvning/justering av eksisterende spor for å oppnå en gunstigere trasé.

## 3.3 Sporets faktiske beliggenhet

### 3.3.1 Sporjustering og nøytralisering

a) Etter beregning av teoretiske beliggenhet skal sporet bygges/justeres etter denne.

b) Umiddelbart før sporjusteringen skal alle karakteristiske trasépunktets type og beliggenhet merkes iht. den teoretiske beliggenheten.

c) Merking skal gjøres både på selve skinnen (høyre skinne) og med sikrings/orienteringsmarkering til side for sporet (høyre side).

d) Evt. gammel merking skal fjernes.

e) Avvikene mellom teoretisk og faktisk beliggenhet skal etter justering være innenfor kravene til njustert spors beliggenhet i [Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering og stabilisering](#).

f) Når sporet er ferdig justert skal det nøytraliseres iht. [Overbygning/Bygging/Helsveist spor](#).

### 3.3.2 Registrering av sporets beliggenhet

a) Det ferdig nøytraliserte sporets faktiske beliggenhet skal måles inn, ~~med polar innmåling,~~ for hver 2010. meter ~~fra et geodetisk fastmerkenett~~.

b) Sporets faktiske beliggenhet i forhold til teoretisk beliggenhet skal dokumenteres.

## 3.4 Rapportering

a) Etter at sporets nye beliggenhet er etablert, skal opplysninger om teoretisk og faktisk beliggenhet arkiveres på både sentralt og lokalt nivå.

### 3.4.1 Banedata

a) Det skal rapporteres et utvalg av GVUL-/traséinformasjon til Banedata.

b) For hvert karakteristisk trasépunkt skal det rapporteres:

- baneidentitet
- type trasépunkt (OB, OE, FOB, KP, FKP, SE, HBP, LBP, RB, RE)
- kilometer
- koordinater (nord, øst, *ev.* høyde)

c) For sporets geometri/trase skal det rapporteres:

- radier
- lengder på overgangskurver
- overhøyder

### 3.4.2 Teknisk arkiv

I Teknisk arkiv arkiveres mer utfyllende informasjon:

- observasjonsdata til grunn for beregning av ny teoretisk beliggenhet
- *linjeberegning*
- nøytralisert spors faktiske beliggenhet
- kart og riss
- rapporter over øvrige GVUL-arbeider

## 4 Geodetisk fastmerkenett

### 4.1 Generelt

Det geodetiske fastmerkenettet er et selvstendig teknisk anlegg som tjener som felles og uavhengig referanse ved bygging og vedlikehold av ulike banetekniske anlegg.

Fastmerkenettet består av fastmerker delt inn i tre kategorier:

- sikringspunkt
- nivellements punkt
- brukspunkt

**Sikringspunktene** er hovednett i grunnriss og knytter fastmerkenettet til nasjonalt geodetisk grunnlag i grunnriss og danne grunnlag for brukspunktene (grunnriss og høyde).

**Nivellements punktene** er hovednett i høyde og knytter fastmerkenettet til nasjonalt geodetisk grunnlag i høyde samt sikre høydeoverføring til sikringspunktene.

**Brukspunktene** er de fastmerkene som i første rekke blir benyttet ved landmålingsarbeidene og knyttes til sikringspunktene.

Fastmerkene deles inn i fire klasser:

- A Sikrings- og nivellements punkt
- B1 Brukspunkt - høy kvalitet
- B2 Brukspunkt - middels kvalitet
- B3 Brukspunkt - lav kvalitet

Et komplett fastmerkenett består av alle tre kategorier fastmerker, dvs sikrings-, nivellements- og brukspunkter. Hvilken av de tre klassene for brukspunkter (B1-B3) som velges er avhengig av ønsket nøyaktighet og pålitelighet. Som regel vil krav til utfesting av linjen/sporjustering være dimensjonerende. Ved bruk av GVUL skilles det mellom K0-strekninger og øvrige strekninger:

- K0-strekninger: Sikringspunkt, nivellements punkt og brukspunkt med høy kvalitet A+B1
- Øvrige strekninger: Sikringspunkt, nivellements punkt og brukspunkt med middels kvalitet A+B2

### 4.2 Tidspunkt for etablering av fastmerkenett på nyanlegg

- a) Sikrings- og nivellementspunktene skal benyttes som grunnlag for stikningsarbeider på nyanlegg.
- b) Sikrings- og nivellementspunktene skal etableres (dvs. oppføres, koordinatbestemmes og dokumenteres) så tidlig i byggefasen som mulig.
- c) Brukspunktene skal etableres senest i siste del av byggefasen (ved sluttjustering av sporet) før anlegget settes i drift.

## 4.3 Fysiske krav

### 4.3.1 Fastmerkernes utforming og merking

#### 4.3.1.1 Sikrings- og brukspunkt

- a) Fastmerkene skal utformes og plasseres slik at observatør enkelt kan sentrere måleinstrumentet i forhold til fastmerket og deretter utøve aktuelle observasjoner effektivt.
- b) Fastmerkene skal utformes og fundamenteres som angitt i Tabell 3.

Tabell 3: Utforming og fundamentering av sikrings- og brukspunktene

Kvalitetsklasse	Fjell/Betong	Løsmasse	Tunnel	Bru
A + B1	Søyle	Søyle (telesikker)	Søyle/tunnelmerke	Søyle/lokal tilpassing
A + B2	Bolt	Bolt i telesikkert fundament	Bolt/hylsemerke	Bolt/lokal tilpassing
A + B3	Bolt	Bolt i telesikkert fundament	Bolt/hylsemerke	Bolt/lokal tilpassing

- c) Fastmerkene skal være fundamentert til et så stabilt underlag som mulig.
- d) Sikringspunktene skal fortrinnsvis fundamenteres til fast fjell.
- e) På bruer skal det tilstrebes en fundamentering og utforming av fastmerkene som er hensiktsmessig i forhold til bruas utforming.
- f) Tunnelmerke skal ha avviserbøyer merket med refleks.

Eksempler på utforming og fundamentering av fastmerker er vist i [Vedlegg/Geodetiske fastmerker](#)

- g) På søyler og tunnel-/hylsemerker skal det etableres en instrumentplate. I senter av platen skal det være en 5/8" UNC-skrue, der senter av skruen er grunnrissreferansen. Høydereferansen skal være en kul i ytterkanten av instrumentplaten, slik at entydig høyde sikres. På hylsemerker kan imidlertid kulen sløyfes pga. liten plass på instrumentplaten.
- h) Ved bruk av bolt skal det være boltens sentrum (markert med kors eller tilsvarende i boltens topp) som er grunnrissreferansen, mens høydereferansen skal være topp bolt.

### 4.3.1.2 Nivellementspunkt

- a) Nivellementspunktene skal alltid være stabilt fundamentert, fortrinnsvis i fast fjell. Fundamentering i løsmasse skal bare forekomme dersom fast fjell ikke er tilgjengelig.
- b) Fastmerkene skal plasseres slik at observatør enkelt kan benytte nivellementutstyr og utøve aktuelle observasjoner effektivt.
- c) Fastmerket skal etableres med særskilt bolt der høydereferansen er topp bolt.

### 4.3.1.3 Nummerering og merking

Nummereringen av fastmerker skal utføres i hht. Statens kartverks standard "Fastmerke-nummerering og fastmerkeregister". Hvert fastmerke tildeles et fastmerkenummer med 11 tegn som fordeles slik:

4-siffer	kommunennummer
1-bokstav	institusjon
1-bokstav	punkttype
4-siffer	nummer
1-siffer(/bokstav)	indikator

**Kommunennummer:** Det skal benyttes offisielt kommunenummer for den kommunen fastmerket ligger i.

**Institusjon:** Følgende bokstav skal benyttes: B: Bane NOR (bane)

**Punkttype:** Følgende bokstaver skal benyttes: N: Nivellementspunkt P: Brukspunkt (polygonpunkt), for nr. 0001-9999 T: Sikringspunkt (trekantpunkt)

**Nummer:** Følgende nummerserie skal benyttes: 0001-9999 (for nummer lavere enn 1000 skal venstrestilte nuller registreres)

**Indikator:** Følgende siffer skal benyttes: 0: Sentrumsfastmerket I spesielle tilfeller kan også bokstavene a-z (A-Z) benyttes

Eks:

0211BT02540	Vestby kommune, sikringspunkt (trekantpunkt) etablert av Bane NOR, nummer 254, sentrumsmerke
0605BP23710	Ringerike kommune, brukspunkt (polygonpunkt) etablert av Bane NOR, nummer 2371, sentrumsmerke
1804BN78460	Bodø kommune, nivellementspunkt etablert av Bane NOR, nummer 7846, sentrumsmerke

a) Fastmerkene skal nummereres etter følgende system/syntaks: *BBBB-KKKLL*

der *BBBB* = banenummer

*KKK* = påbegynt kilometer (heltall med ev. foranstilt null (f.eks 043 for km 43,000-43,999))

*LL* = løpenummer innenfor hver påbegynte kilometer (01-09 for sikringspunkter, 11-89 for brukspunkter og 91-99 for nivellementspunkter)

b) Fastmerkenummeret skal være angitt på fastmerket, på metallskive eller på annen varig måte, slik at observatør på stedet kan forvise seg om identiteten til fastmerket. ~~Eksisterende fastmerker (også de som ble etablert av infrastrukturendelen i tidl. NSB) bør omnummereres og tilpasses de samme reglene.~~

~~Sikrings- og nivellementfastmerker som etableres i umiddelbar nærhet av hverandre (ca 10 m) bør få sammenfallende numre.~~

### 4.3.2 Fastmerkene plassering

a) Fastmerkenettet skal ha tilstrekkelig antall fastmerker langs og omkring linjen for å dekke ulike behov for fastmerker over tid.

b) Fastmerkene skal ha en plassering som i første rekke er tjenlig for de som etablerer, kontrollerer og vedlikeholder sporets beliggenhet. Samtidig skal fastmerkene være til minst mulig sjenanse og plasseres slik at de ikke forringes under bygge- og vedlikeholdsarbeider.

c) Fastmerkene bør plasseres som angitt i Tabell 4.

Tabell 4: Anbefalt plassering av fastmerker

Kvalitetsklasse	Sikringspunkt		Nivellementspunkt		Brukspunkt	
	Avstand fra spor	Gjensidig avstand	Avstand fra spor	Gjensidig avstand	Avstand fra spor	Gjensidig avstand
A + B1	4 - 100 m	400 - 600 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	75 - 125 m
A + B2	4 - 100 m	800 - 1200 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	100 - 200 m
A + B3	4 - 100 m	1500 - 2000 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	150 - 250 m

d) Den gjensidige avstanden mellom fastmerker av samme kategori skal være mest mulig jevn for å oppnå homogen geodetisk kvalitet i fastmerkenettet.

e) Sikringspunktene skal plasseres slik at det kan utføres observasjoner for satellittbasert posisjonsbestemmelse.

f) Nivellementspunktene skal plasseres slik at de er lett tilgjengelig med presisjonsnivellementutstyr. På strekninger der det er planlagt/etablert sikringspunkter, bør nye nivelleringspunkter etableres i nærhet av disse.



g) Brukspunktene bør plasseres annen hver gang på høyre og venstre side av sporet. I krappe kurver bør de imidlertid plasseres på yttersiden.

h) Brukspunktene skal gis en plassering som minimum sikrer gjensidig sikt til foregående og etterfølgende fastmerke.

i) Det bør ikke være mer enn 10 brukspunkter mellom to etterfølgende sikringspunkter.

j) Fastmerkene bør plasseres på jernbanens grunn.

k) Ved plassering av fastmerker skal det tas hensyn til at målepersonell og måleutstyr ikke kommer nærmere kontaktledningen enn hva som er angitt i

[Kontaktledning/Prosjektering/Generelle tekniske krav#Nærføringer og kryssinger](#)

l) Fastmerkenettet kan gis en annen utforming enn det som er beskrevet over, f.eks. i lange tunneler. Det skal da sikres at de geodetiske kvalitetskravene i [Geodetisk kvalitet](#) tilfredsstilles. Dette bør gjøres ved geodetiske simuleringer.

## 4.4 Geodetiske krav

### 4.4.1 Koordinatsystem (koordinatbasert referansesystem)

#### 4.4.1.1 Horisontalt (grunnriss)

a) Et av følgende horisontale koordinatsystemer (datum og kartprojeksjon med aksesystem) skal benyttes:

- EUREF89/NTM Sone 5-18 (primært)
- EUREF89/UTM Sone 32-33 (sekundært)

#### 4.4.1.2 Vertikalt (høyde)

a) Et av følgende vertikale koordinatsystem skal benyttes:

- NN2000 (primært)
- NN 1954 (sekundært)

#### 4.4.1.3 Valg av koordinatsystemer

a) Valg av koordinatsystemer skal gjøres i samråd med Bane NORs fagressurser innen geodata.

### 4.4.2 Geodetisk kvalitet

#### 4.4.2.1 Grunnriss

a) Som mål for geodetisk kvalitet i grunnriss skal vinkelfeil og målestokkdifferanser mellom tre fastmerker brukes, nærmere definert under:

**Sikringspunkt:** aktuelt sikringspunkt (interessepunkt) og to sikringspunkter, *permanente geodetiske stasjoner*, stamnettspunkter og/eller landsnettspunkter.

**Brukspunkt (både 1 og 2):**

- 1) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående + etterfølgende brukspunkt
- 2) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående + etterfølgende sikringspunkt

b) To feilkilder skal tas i betraktning:

k - punktrelatert feil (sentreringsfeil mm)

p - avstandsrelatert feil (konstant for alle vinkler og målestokkdifferanser)

c) For to linjer  $s_1$  og  $s_2$  mellom et punkt ( $P_x$ ), også kalt interessepunkt, og to andre punkter ( $P_y$  og  $P_z$ ) med innbyrdes avstand  $s_3$ , skal grenseverdien  $\Delta$  for vinkelfeil og målestokkdifferanse i  $P_x$  beregnes etter følgende formel:

$$\Delta = \sqrt{p^2 + \frac{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}{s_1^2 \cdot s_2^2} \cdot k^2} \quad (1)$$

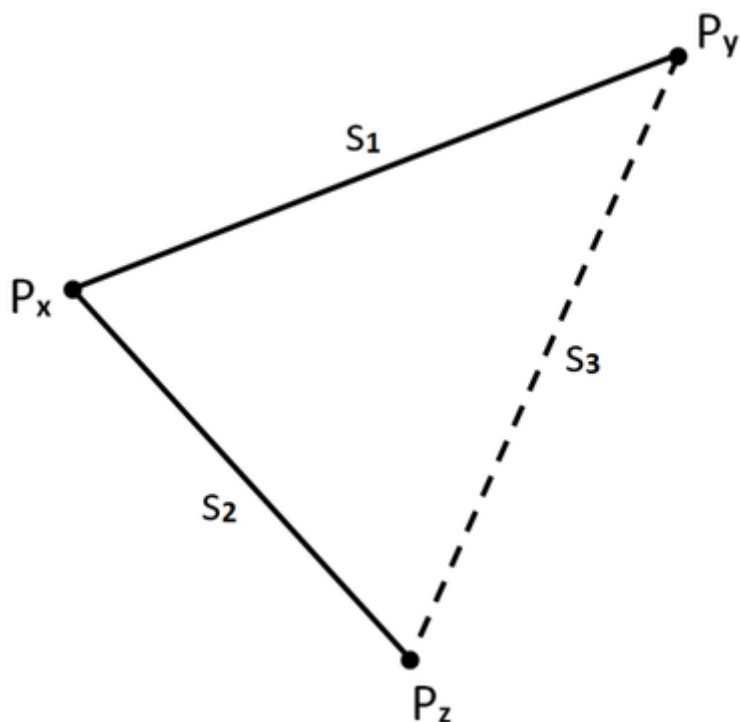
der

$\Delta$  = grenseverdi i ppm

k = punktrelatert feil i mm

p = avstandsrelatert feil i ppm

$s_1, s_2, s_3$  = sidelengder i km



Figur 4: Punktkonfigurasjon for beregning av geodetisk kvalitet

d) Verdiene for  $k$  og  $p$  skal velges ut fra kravet som stilles til nettet, som angitt i Tabell 5.

Tabell 5: Krav til geodetisk kvalitet i grunnriss

Kvalitetsklasse	Geodetisk kvalitet i grunnriss	
	$p$ (ppm)	$k$ (mm)
A	10	10
B1	0	5
B2	0	10
B3	0	15

e) Kravene skal også gjelde om det ikke er målt mellom punktene. Grenseverdien vil variere fra interessepunkt til interessepunkt og mellom ulike par av sider. Kravene gjelder øvre grense/toleranse for feil ved feilslutningssannsynlighet lik 0.05, jf. Tabell 5.

Det er ikke nødvendig å kvalitetsteste nivellemenspunkter i grunnriss.

#### 4.4.2.2 Høyde

a) Som mål for geodetisk kvalitet i høyde skal feil i høydeforskjell mellom to fastmerker brukes, nærmere definert under:

**Sikringspunkt:** aktuelt sikringspunkt (interessepunkt) og ett sikringspunkt eller nivellemenspunktfastmerke

**Nivellementspunkt:** aktuelt nivellementspunkt (interessepunkt) og ett annet nivellementspunkt

**Brukspunkt (både 1 og 2):**

- 1) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående eller etterfølgende brukspunkt
- 2) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående eller etterfølgende sikringspunkt

b) To feilkilder skal tas i betraktning:

k - punktrelatert feil (feil i instrument/antennehøyde mm)

p - avstandsrelatert feil (multipliseres med skråavstander mellom punktene)

c) For en skrålinje l mellom to punkt (P<sub>1</sub> og P<sub>2</sub>) skal grenseverdien Δ for feil i høydeforskjell mellom punktene beregnes etter følgende formel:

$$\Delta = \sqrt{p^2 + \frac{2k^2}{l^2}} \quad (2)$$

der

Δ = grenseverdi i ppm

k = punktrelatert feil i mm

p = avstandsrelatert feil i ppm

l = skråmålt avstand i km

d) Verdiene for k og p skal velges ut fra kravet til nettet, som angitt i Tabell 6.

Tabell 6: Krav til geodetisk kvalitet i høyde

Kvalitetsklasse	Geodetisk kvalitet i grunnriss	
	p (ppm)	k (mm)
A	5	5
B1	0	3
B2	0	5
B3	0	10

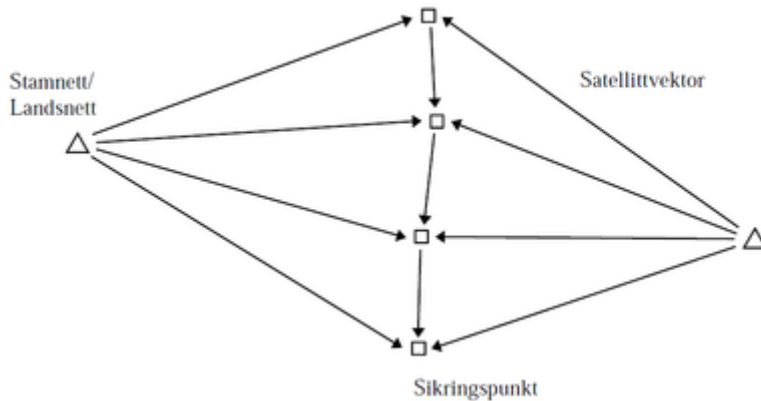
e) Kravene skal også gjelde om det ikke er målt mellom punktene eller målt via omveier, for eksempel ved nivellement. Grenseverdien vil variere fra punktpar til punktpar. Kravene gjelder øvre grense/toleranse for feil ved feilslutningssannsynlighet lik 0.05, jf. Tabell 6.

### 4.4.3 Målinger

#### 4.4.3.1 Sikringspunkt

a) Sikringspunktene skal koordinatbestemmes i grunnriss med metoder for satellittbasert posisjonsbestemmelse ([GPS](#), [GLONASS](#) eller tilsvarende), og i høyde med (uavhengig, dobbeltmålt) presisjonsnivellement.

b) I grunnriss skal hvert sikringspunkt knyttes direkte til minimum to av Statens kartverks *permanente geodetiske stasjoner*, stamnettspunkter og/eller landsnettspunkter, samt til foregående og etterfølgende sikringspunkt, se målekonfigurasjon illustrert i Figur 5.



Figur 5: Målekonfigurasjon for sikringspunkter (grunnriss)

c) I høyde skal hvert sikringspunkt knyttes til minimum to av Statens kartverks og/eller Jernbaneverkets nivellementspunkter.

d) Andre målekonfigurasjoner kan benyttes, men målingene skal da gjennomføres i tråd med det som er nødvendig for å tilfredsstille kvalitetskravene i [Geodetisk kvalitet](#). I noen tilfeller medfører dette at det må måles utover ovennevnte målekonfigurasjon.

#### 4.4.3.2 Nivellementspunkter

a) Nivellementspunktene skal koordinatbestemmes i høyde med uavhengig dobbeltmålt presisjonsnivellement.

b) Som grunnlag skal minimum to av Statens kartverks, og/eller Jernbaneverkets nivellementspunkter benyttes.

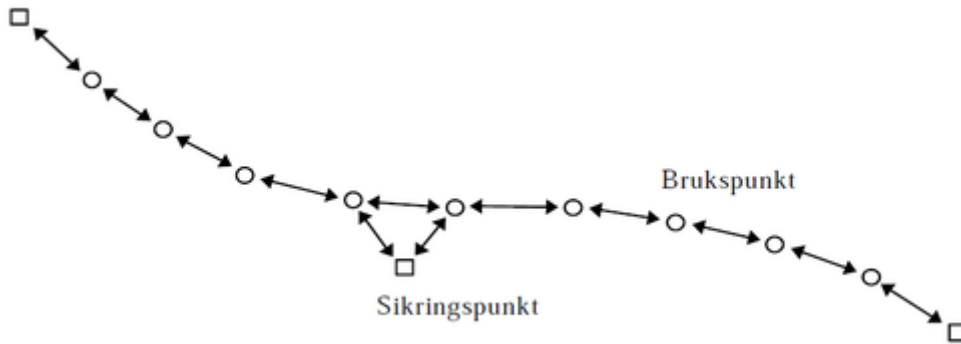
c) Nivellementspunktene bør også koordinatbestemmes i grunnriss, f.eks ved polar innmåling fra sikrings- eller brukspunkter.

#### 4.4.3.3 Brukspunkt

a) Brukspunktene skal koordinatbestemmes i både grunnriss og høyde med utgangspunkt i sikringspunktene.

b) Målingene bør utføres som uavhengig dobbeltmålt polygondrag.

c) Andre målemetoder kan benyttes, men de geodetiske kvalitetskravene gitt i [Geodetisk kvalitet](#) skal tilfredsstilles. Geodetiske simuleringer vil ofte være nødvendig for å klarlegge nødvendig måleomfang. I lange tunneler uten tilknytning til sikringspunkter vil fagverksmålinger være aktuelt.



Figur 6: Målekonfigurasjon for brukspunkter

#### 4.4.4 Beregninger

- a) Beregninger skal starte med sikrings- og nivellements punktene.
- b) Brukspunktene skal beregnes med utgangspunkt i sikringspunktene.
- c) Feilsøking i observasjonsmaterialet skal utføres. Kassering av målinger tillates bare etter fri utjamning og suksessivt etter statistisk test. Kassering etter største utjammingskorreksjon er ikke akseptabel metode.
- d) Test av grunnlaget skal utføres hvis det ikke er av overlegen kvalitet eller testet tidligere. Vanlig måte er å sammenligne feilkvadratsummen fra fri og tvungen utjamning. Er det få eller ingen overbestemmelser ved fri utjamning kan det testes mot antatt standardavvik, forutsatt at denne er godt kjent og kan dokumenteres. Slår testen ut må grunnlagspunkter forsøksvis fristilles, evt. tilleggsukjente innføres, inntil testen passerer. Gamle koordinatverdier skal likevel beholdes med mindre endringene innebærer en signifikant forbedring. Tilleggsukjente skal kun innføres hvis disse er signifikante.
- e) Analyse av fastmerkenettets geodetiske kvalitet skal utføres. Nøyaktighetsangivelse ved punktmiddelfeil o.l. er ikke tilstrekkelig. Kvalitetsanalysen må ta hensyn til at målingene kan inneholde grove feil av varierende størrelse avhengig av hvor godt målingene kontrollerer hverandre i nettet. Mulig deformasjon som følge av skjulte feil skal beregnes, sammenholdes med kravene i [Geodetisk kvalitet](#) og dokumenteres.
- f) Endelig beregning av koordinater og evt. tilleggsukjente skal utføres til slutt.

### 4.5 Dokumentasjon

- a) Det skal gjøres rede for utførte arbeider med fastmerkenettet, fra planlegging til ferdige beregninger.

b) Dokumentasjonen skal utformes slik at bruker og forvalter av fastmerkenettet enkelt kan se om, og i hvilken grad bestemmelsene er oppfylt.

c) Observasjonsprotokoll skal være på lister og elektronisk form.

d) Fra analyse- og beregnings-arbeidene skal det dokumenteres resultater av feilsøking i observasjoner og grunnlag.

e) Nettets geodetiske kvalitet skal fremgå, og sammenholdes med kravene som er satt, samt beregnede koordinater og evt. tilleggsukjente.

f) Endelige koordinater skal foreligge på lister og elektronisk form.

## **4.6 Rapportering**

a) Etter at fastmerkenettet er ferdig etablert, skal opplysninger om dette arkiveres på både sentralt og lokalt nivå.

### **4.6.1 Banedata**

a) Det skal rapporteres et utvalg av fastmerkedataene til Banedata.

### **4.6.2 Teknisk arkiv**

a) I Teknisk arkiv skal det arkiveres mer utfyllende informasjon, bl.a.:

- observasjonsdata
- utlister av analyse-/beregningsarbeidene
- kart/riss

## **5 Vedlegg**

[VUL-merker](#)

[Geodetiske fastmerker](#)