



Samferdselsdepartementet

Strategi

# På rett sted til rett tid

Nasjonal strategi for posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse



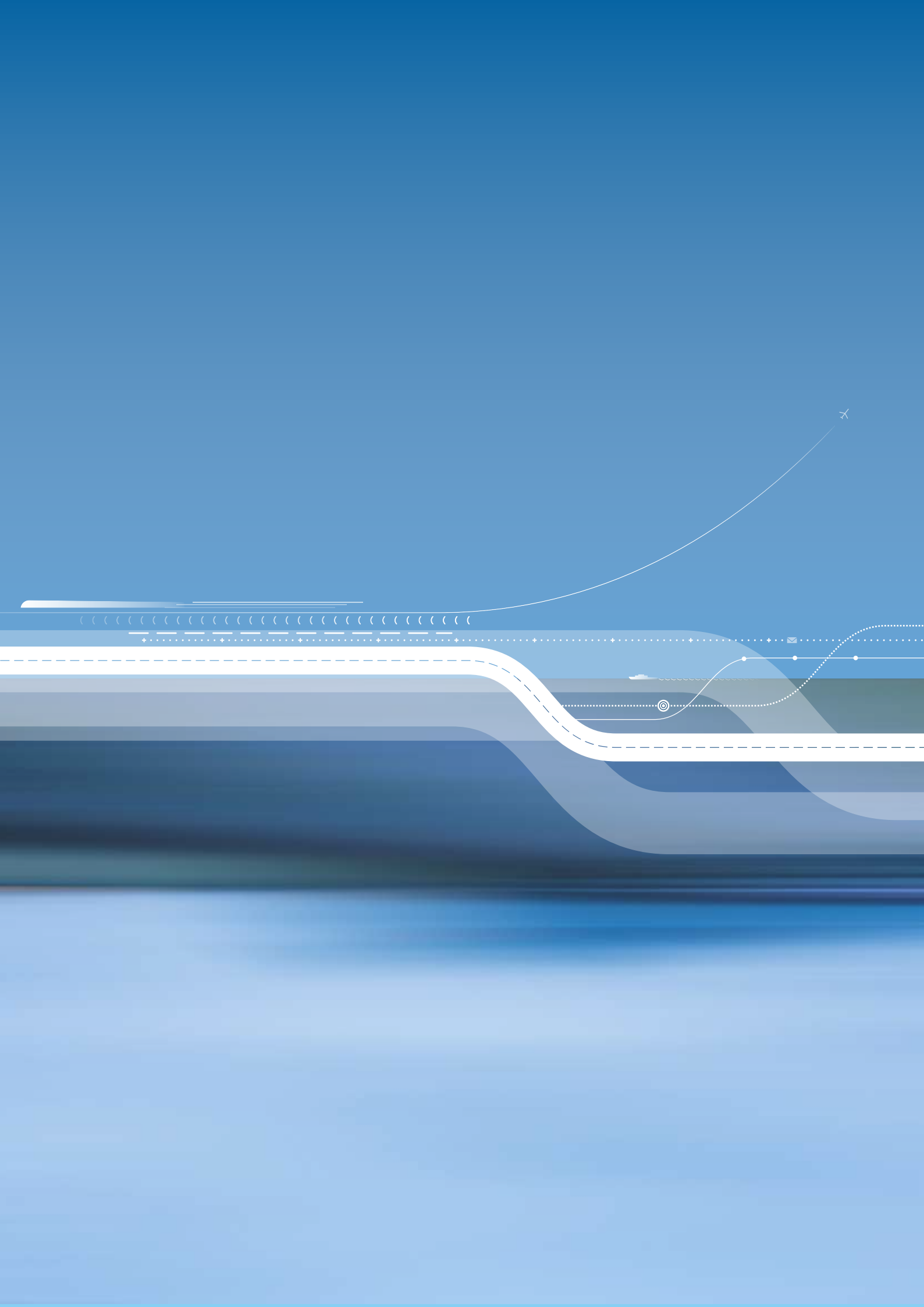
# På rett sted til rett tid

Nasjonal strategi for posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Regjeringens PNT-strategi .....</b>	<b>8</b>
2.1	Utnytte nye muligheter og ivareta norske interesser internasjonalt.....	8
2.2	Bidra til å redusere samfunnets sårbarhet for svikt i PNT-systemer.....	9
2.2.1	Bidra til bevisstgjøring rundt avhengighet av PNT-tjenester .....	9
2.2.2	Bidra til å forebygge forstyrrelser og svikt i PNT-systemer .....	10
2.2.3	Bidra til å sette samfunnet i stand til å takle svikt i PNT-tjenester .....	10
<b>3</b>	<b>Hva er PNT?.....</b>	<b>12</b>
3.1	Satellittalderen.....	12
3.2	Nasjonalt ansvar .....	14
3.3	Lover og regulering .....	14
3.4	Internasjonalt samarbeid .....	15
<b>4</b>	<b>Systemer og anvendelse .....</b>	<b>17</b>
4.1	Den globale referanserammen .....	17
4.1.1	Den nasjonal geodetiske referanserammen .....	17
4.2	Sjøtransport .....	19
4.2.1	Internasjonale ytelsesspesifikasjoner .....	19
4.2.2	Navigasjon i ulike faser av seilasen .....	19
4.2.3	Dynamisk posisjonering.....	20
4.2.4	GNSS støttesystemer for maritim anvendelse.....	20
4.2.5	R-mode.....	20
4.2.6	ECDIS .....	21
4.2.7	Trafikkovervåking.....	21
4.2.8	Autonome skip .....	22
4.2.9	e-navigasjon og intelligente transportsystemer .....	22
4.3	Luftfart .....	23
4.3.1	Internasjonalt samarbeid.....	23
4.3.2	Bakkebaserte PNT-systemer .....	23
4.3.3	GNSS støttesystemer i luftfart.....	24
4.3.4	Ytelsesbasert navigasjon (RNAV, RNP og PBN) .....	25
4.3.5	Luftromsovervåking.....	25
4.3.6	AIS for offshore-helikoptre .....	26
4.3.7	Droner .....	26
4.4	Landanvendelser .....	27
4.4.1	Utvikling i landanvendelser .....	27
4.4.2	Kart og oppmåling .....	27
4.4.3	Geodesi .....	28
4.4.4	Vei .....	28
4.4.5	Jernbane.....	29
4.4.6	Landbruk og naturforvaltning .....	30
4.4.7	"Signals of opportunity" .....	31
4.4.8	Lokasjonsbaserte tjenester .....	31
4.4.9	Politiets bruk av GNSS.....	32

4.5	Nøyaktig tid og frekvens .....	32
4.5.1	Kilder til nøyaktig tid.....	32
4.5.2	Distribusjon av tid i datanettverk.....	32
4.5.3	Anvendelse av nøyaktig tid.....	33
4.6	Militære anvendelser .....	36
4.6.1	Systemkrav .....	36
4.6.2	Alternative kilder til PNT .....	37
<b>5</b>	<b>Samfunnssikkerhet .....</b>	<b>38</b>
5.1	Svikt i PNT-systemer.....	38
5.1.1	Forstyrrelser eller tap av GNSS-signaler .....	38
5.1.2	Fysisk sårbarhet for bakkeinstallasjoner .....	40
5.1.3	IKT-sikkerhet.....	41
5.2	Samfunnets sårbarhet for svikt i PNT-systemer .....	42
5.2.1	Sjøtransport.....	43
5.2.2	Luftfart.....	44
5.2.3	Landanvendelser .....	44
5.2.4	Nøyaktig tid og frekvens .....	44
5.2.5	Militære anvendelser.....	45
<b>6</b>	<b>Avslutning.....</b>	<b>46</b>
	<b>Vedlegg 1 - Systemoversikt.....</b>	<b>47</b>
	<b>Vedlegg 2 - Akronymer.....</b>	<b>69</b>



# Forord



Regjeringa løftar fram *eit tryggare Norge* som eit hovudsatsingsområde i den politisk plattform for regjeringsarbeidet. Vi vil ruste Norge mot nye truslar mot samfunns-tryggleiken, og er oppteken av samfunnsstryggleik og beredskap på alle samfunnsområde.

Regjeringa legg no fram ein nasjonal strategi for å fastsetje posisjon, navigasjon og tid (PNT), som ein del av arbeidet med å styrkje samfunnsstryggleiken. PNT-systema fortel oss kor vi er, når vi er der og er viktig for tidssynkronisering. Dei fleste PNT-tenestene er baserte på globale satellittsystem, til dømes det amerikanske satellittbaserte systemet GPS (Global Positioning System). I dag brukar vi PNT-system og tenester på dei fleste samfunnsområde. I tillegg er ein rekkje samfunnskritiske funksjonar avhengig av PNT, som til dømes person- og godstransport, elektronisk kommunikasjon, kraftforsyning, finansielle tenester og krise-handtering.

Regjeringa vil sikre at vi kan halde fram med å gjere oss nytte av PNT-systema, og å utnytte nye moglegheiter som systema gir. Det er eit stort potensial for å forbetre og effektivisere tenester gjennom bruk av ny, PNT-basert teknologi. Samtidig er det viktig at vi erkjenner at auka bruk, og det å vere avhengig av desse systema, kan gjere oss meir sårbare. Ein alvorleg svikt i PNT-systema vil forplante seg til andre delar av samfunnet, og kan gi problem med å oppretthalde tenester som befolkninga er avhengig av.

Denne strategien skal styrkje samfunnsstryggleiken gjennom å gjere oss bevisste om kor sårbare vi er for svikt i PNT-system, og hjelpe til å gjere oss mindre sårbare gjennom førebyggjande tiltak og beredskap.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jon Georg Dale'.

Jon Georg Dale  
Samferdselsminister  
6. november 2018

# 1 Innledning

---

PNT er en forkortelse for posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse. PNT-systemer er bakkebaserte og satellittbaserte systemer som kan fortelle oss hvor vi er og når vi er der. Innenfor PNT-teknologi har det skjedd en rivende utvikling, fra bruk av papirkart, kompass, sekstant og analoge klokker, til bakkebaserte og satellittbaserte radionavigasjonssystemer. Tidligere ble dette fagområdet benevnt som radionavigasjon, og hadde først og fremst fokus på anvendelser innen sjøfart og luftfart. I de senere årene har PNT-teknologi fått stadig større betydning for andre transportformer og for andre sektorer enn samferdsel. Fordi anvendelsesområdene nå har blitt så mange utover tradisjonell navigasjon, har begrepet PNT vokst frem som erstatning for radionavigasjon.

De moderne PNT-systemene er tilgjengelige, de har svært høy oppetid og de fleste er gratis å bruke. De er derfor svært anvendelige, både som verktøy for posisjonsbestemmelse og navigasjon, og som kilde til nøyaktig tid og frekvens. Bruken av PNT-systemer har økt kraftig innenfor mange samfunnsområder de siste femten årene, blant annet innenfor helsevesenet, justissektoren, Forsvaret, elektronisk kommunikasjon, kraftforsyning, petroleumsindustrien, anleggsbransjen, landbruk og naturforvaltning.

Alt tyder på at denne utviklingen vil fortsette, og at PNT-teknologien vil tas i bruk på en rekke nye samfunnsområder i fremtiden. Digital kommunikasjon og posisjonsbestemmelse basert på satellitter eller andre radiokilder muliggjør blant annet større grad av automatisering, robotbruk, selvkjøring, systemintegrasjon og trådløs kommunikasjon. Dette kan gi store effektiviseringsgevinster og store muligheter for verdiskaping.

I Nasjonal transportplan for 2018–2029, peker regjeringen blant annet på at vi nå opplever en unik teknologiutvikling innenfor IKT i transportsektoren. Intelligente transport-systemer, selvkjørende biler og autonome fartøy er under utvikling og utprøving, og gir muligheter for smartere og grønnere transport og en bedre og sikrere reisehverdag. Nasjonal transportplan legger til rette for at vi som samfunn kan utnytte mulighetene som ligger i ny transportteknologi. Gode PNT-løsninger er viktig for at vi skal nå regjeringens mål om et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet.

Økt bruk og avhengighet innebærer imidlertid også utfordringer som må håndteres. En rekke kritiske samfunnsfunksjoner er i dag avhengige av PNT-systemer, og funksjonene er sårbare for svikt i disse systemene (jf. melding til Stortinget om samfunnssikkerhet (Meld. St. 10 (2016-2017)). Svikt kan skyldes både tilsiktede og utilsiktede handlinger, naturfenomener, tekniske feil og menneskelig svikt, og kan ramme både satellitter, radiosignaler, bakkebaserte installasjoner og brukernes mottakere. De siste årene har vi opplevd flere hendelser med svikt i PNT-systemer. Et eksempel er forstyrrelsen av GPS-signaler i Øst-Finnmark høsten 2017 og vinteren 2018, som medførte at luftfarten i området måtte bruke alternative systemer og prosedyrer for posisjonsbestemmelse og navigasjon.

En alvorlig svikt i PNT-tjenestene vil forplante seg til andre deler av samfunnet, og kan gi problemer med å opprettholde tjenester som befolkningen er avhengig av. Parallelt med innsatsen for å forebygge forstyrrelser og svikt i PNT-systemer og sikre samfunnets

tilgang til PNT, er det viktig at samfunnet forbereder seg på at slike tjenester likevel kan svikte. Dette bidrar til å redusere konsekvensene og dermed samfunnets sårbarhet.

Det er ikke utarbeidet noen nasjonal plan eller strategi for PNT siden Norsk Radionavigasjonsplan ble utgitt i 2003 (NRNP 2003). Med utgangspunkt i den rivende utviklingen i tjenester og anvendelse av PNT siden den gang, og økt avhengighet og sårbarhet dette medfører, ser regjeringen behov for en nasjonal strategi for PNT.

Strategien skal bidra til å se utfordringer og muligheter i sammenheng på tvers av sektorer, og skal bidra til en koordinert og kostnadseffektiv styrking av samfunnssikkerheten. I tråd med hovedanbefalingen fra 22. juli-kommisjonen, som angår forebyggende arbeid og beredskap på alle samfunnsområder, vektlegger strategien å styrke risikoerkjennelse og samhandling på tvers av myndighetsområder. PNT-strategien er i seg selv et bidrag til å øke bevisstheten rundt avhengighet og sårbarhet.

Samferdselsdepartementet har nasjonalt koordineringsansvar for sivil radionavigasjonspolitikk, men strategien berører mange departementers ansvarsområder. PNT-strategien er tverrsektoriell og omfatter de fleste samfunnsområder som i dag bruker og er avhengige av PNT-systemer. Sektoransvaret ligger hos de respektive departementer med underliggende etater.

Samferdselsdepartementet vil koordinere regjeringens oppfølging av strategien, herunder oppfølgingen av tiltak som berører flere sektorer. En vellykket gjennomføring forutsetter at sektormyndighetene følger opp tiltak innen sine ansvarsområder og bidrar til oppfølgingen av tverrgående tiltak. Tiltakene i denne strategien kan dekkes innenfor Næring- og fiskeridepartementets, Forsvarsdepartementets, Justis- og beredskapsdepartementets, Kommunal- og moderniseringsdepartementets og Samferdselsdepartementets gjeldende budsjetterammer.

Norsk Romsenter har, på oppdrag fra Samferdselsdepartementet, bidratt i arbeidet med PNT-strategien og utarbeidet utredningene som strategien bygger på. De har i sitt arbeid innhentet innspill og vurderinger fra relevante etater og brukergrupper. Norsk Romsenter vil også bidra til den videre oppfølgingen av strategien.

I første del av strategien presenteres regjeringens handlingsplan for PNT. Deretter gjennomgås ulike PNT-systemer og hvordan de brukes i ulike sektorer. På denne bakgrunn vurderes utfordringer, sårbarhet og risiko i dag og i årene fremover.



## 2 Regjeringens PNT-strategi

---

PNT-strategien er en del av regjeringens arbeid for å styrke samfunnssikkerheten og å legge til rette for teknologisk utvikling. Strategien henvender seg til sektormyndigheter på ulike forvaltningsnivåer samt utviklere, leverandører og brukere av PNT-systemer og -tjenester.

Hovedmålene for strategien er å:

- sikre at vi kan fortsette å nyttiggjøre oss av PNT-systemene og utnytte nye muligheter som systemene gir
- bidra til bevisstgjøring rundt samfunnets avhengighet av PNT-systemer
- bidra til at samfunnets sårbarhet overfor svikt i PNT-systemene reduseres gjennom forebyggende tiltak og beredskap.

### 2.1 Utnytte nye muligheter og ivareta norske interesser internasjonalt

PNT-systemer er i dag i bruk på en rekke samfunnsområder, og de danner grunnlag for en mengde tjenester og funksjoner. I fremtiden vil PNT-systemene sannsynligvis bli enda viktigere og tas i bruk på nye måter. Innenfor en rekke samfunnsområder er det et potensial for å forbedre og effektivisere tjenestene gjennom bruk av ny, PNT-basert teknologi.



Tekniske løsninger og praksis innenfor radionavigasjon har alltid hatt et internasjonalt preg. Med moderne satellittbaserte PNT-systemer, er infrastrukturen løftet opp fra et nasjonalt til et internasjonalt/globalt nivå, og utvikling av tekniske standarder, regelverk og praksis skjer i betydelig utstrekning gjennom internasjonalt samarbeid. For Norge er det en utfordring at en del PNT-systemer har begrenset ytelse på høye breddegrader og under norske vær-, klima- og topografiske forhold. Deltagelse i internasjonale samarbeids- og utviklingsprosjekter kan gi store muligheter for norske brukere og næringsinteresser, og påvirkning i tidlige faser av relevante beslutningsprosesser er viktig for å ivareta norske interesser.

Regjeringen vil:

- delta aktivt i internasjonalt samarbeid for å sikre at norsk regelverk tilpasses internasjonale standarder, og at standarder som utvikles tar høyde for norske forhold.
- arbeide for at det utvikles robuste GNSS-tjenester (Global Navigation Satellite System – globale satellittnavigasjonssystemer) med god tilgjengelighet og funksjonalitet på høye breddegrader og under norske og arktiske forhold, inkludert imøtekommelse av militære behov
- videreføre Norges bidrag for å opprettholde og forbedre en felles global referanseramme for nøyaktig posisjonsbestemmelse og navigasjon
- videreføre en nasjonal referanseramme tilpasset brukernes behov for enkel og effektiv tilgang til nøyaktig navigasjon og posisjonsbestemmelse
- oppmuntre til at PNT-relaterte utviklingsprosjekter i EU-regi tester løsninger i Norge for å sikre god tilgang og funksjonalitet på høye breddegrader, og fange opp muligheter for norske næringsinteresser og norsk FoU-virksomhet
- utnytte Norges fordelaktige geografiske posisjon på Svalbard, Jan Mayen og Antarktis (Troll) inn mot internasjonalt PNT-samarbeid.

## 2.2 Bidra til å redusere samfunnets sårbarhet for svikt i PNT-systemer

### 2.2.1 Bidra til bevisstgjøring rundt avhengighet av PNT-tjenester

Utviklingen i ytelse som er oppnådd ved å gå fra bakkebaserte til satellittbaserte PNT-systemer har åpnet for svært mange nye anvendelsesområder. Flere kritiske samfunnsfunksjoner er dermed blitt avhengige av satellittbaserte PNT-systemer. Avhengighet kan være en kilde til sårbarhet for svikt i systemene, og de ulike samfunnsfunksjonene og brukergruppene har ulik grad av sårbarhet. I kapittel 5.2 er det gjort en overordnet vurdering av ulike samfunnsområders sårbarhet for svikt i PNT-systemer.

Departementer som har ansvar for kritiske samfunnsfunksjoner skal sørge for at det utarbeides og vedlikeholdes risiko- og sårbarhetsanalyser for disse kritiske samfunnsfunksjonene (jf. Instruks for departementenes arbeid med samfunnssikkerhet av 1. september 2017 (samfunnssikkerhetsinstruksen)). Identifisering av avhengigheten av PNT-systemer og sårbarhet ved svikt i disse systemene utgjør et vesentlig moment i slike analyser. Ved gjennomføring av analysene er det viktig å ta høyde for at de fleste kritiske samfunnsfunksjoner er avhengige av en lang rekke bakenforliggende systemer og tjenester i omfattende digitale verdikjeder.

Behov for tiltak innenfor hver sektor må vurderes av sektoren selv og de ansvarlige myndigheter. Samtidig er det viktig å ta lærdom av andre sektors sårbarhetsreduse-

rende arbeid og vektlegge erfaringsoverføring mellom sektorene. Sårbarhet kan reduseres både gjennom tiltak som reduserer sannsynligheten for svikt i PNT-tjenestene, og tiltak som reduserer konsekvensene ved svikt.

### **2.2.2 Bidra til å forebygge forstyrrelser og svikt i PNT-systemer**

Svikt i PNT-tjenestene kan blant annet skyldes forstyrrelse av GNSS-signaler som følge av romvær eller tilsiktet interferens, skjerming av signalene, sabotasje av bakkeinstallasjoner, feil i systeminfrastruktur eller cyberangrep. Militære enheter er spesielt utsatt for tilsiktede systemforstyrrelser under kriser og krig. I tillegg er feilbruk og manglende forståelse av GNSS-teknologiens muligheter og begrensninger en viktig kilde til sårbarhet.

Dagens systemer eies, overvåkes og er kontrollert av andre stater. Det er ikke behov for Norge å iverksette tiltak for å hindre systemfeil, dette gjøres allerede i dag av systemeier. Det er derimot viktig å forebygge utilsiktet forstyrrelse av signalene, håndtere forstyrrende signaler og sørge for fysisk sikkerhet og IKT-sikkerhet for bakkeinfrastrukturen. På bakgrunn av Norges alliansetilhørighet, foretrekkes systemene GPS og Galileo for samfunnskritiske funksjoner.

Regjeringen vil:

- sørge for at systemer og radiofrekvenser er godt beskyttet gjennom relevant lovverk
- sørge for at IKT-sikkerhet og fysisk sikring av bakkeinstallasjoner for PNT-systemer ivaretas
- arbeide for at aktivitet som påvirker PNT-systemer negativt oppdages, identifiseres og stoppes
- sørge for at militære enheter har robuste og sikre systemer som er motstandsdyktige mot tilsiktede og utilsiktede signalforstyrrelser.

### **2.2.3 Bidra til å sette samfunnet i stand til å takle svikt i PNT-tjenester**

Parallelt med innsatsen for å forebygge forstyrrelser og svikt i PNT-systemer, er det viktig at samfunnet forbereder seg på at slike tjenester likevel kan svikte. Dette bidrar til å redusere konsekvensene og dermed samfunnets sårbarhet.

Konsekvensene ved svikt i PNT-tjenestene varierer mellom ulike sektorer. Enkelte sektorer er sårbare for svikt og kan oppleve store konsekvenser etter kort tid, mens andre i stor grad kan klare seg i lengre tid eller helt uten PNT-systemene. Det er viktig at både offentlige og private aktører som benytter PNT-systemer gjennomfører risiko- og sårbarhetsanalyser og identifiserer tiltak for å redusere konsekvensene av svikt i PNT-tjenestene. Bruk av multi-GNSS-mottakere, som mottar signaler fra flere system, vil i mange tilfeller være et kostnadseffektivt tiltak og bør vurderes av brukere som er sårbare for bortfall av signaler.

For å redusere konsekvensene ved svikt i PNT-systemene, er både bruk av støttesystemer og alternative verktøy for PNT aktuelle tiltak. Det er samtidig viktig å gjennomføre realistiske øvelser hvor GNSS-tjenestene forstyrres og bruk av alternative PNT-systemer og metoder tas i bruk. Dette er nyttig for å utvikle god forståelse av egen avhengighet og sårbarhet, og å verifisere om alternative løsninger faktisk virker ved svikt i GNSS.

### *Støttesystemer og varsling om feil*

Ulike støttesystemer gir økt nøyaktighet i posisjonsbestemmelse, og gir varsel om større feil i GNSS-signalene. Dette gjør det mulig å redusere sannsynligheten for hendelser som er forårsaket av slik svikt. Både landbaserte og satellittbaserte støttesystemer er tilgjengelige. Bruk av flere ulike støttesystemer kan sikre tilgangen til korreksjoner og feilvarsler ytterligere.

Regjeringen vil:

- sørge for at dagens løsninger for romværsvarsling er tilgjengelige og brukervennlige
- opprettholde og vurdere å utvikle systemer for overvåkning og varsling av feil i alle viktige satellittnavigasjonssystemer
- arbeide internasjonalt for å utvide tjenesteområdet til støttesystemet EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) slik at det gir robust tilgjengelighet langs hele norskekysten, ved alle norske lufthavner og i nordområdene
- arbeide for at EGNOS utvikles til et egnet støttesystem for maritim bruk langs norskekysten, og at det tas i bruk i sjøtransporten.

### *Alternative løsninger for PNT*

For sektorer, samfunnsfunksjoner og anvendelser der svikt i PNT-systemene kan gi alvorlige konsekvenser, bør det vurderes å ha tilgjengelig alternative løsninger for posisjonsbestemmelse, navigasjon og nøyaktig tidsbestemmelse. Enkelte sektorer, blant annet sjøtransporten, har allerede en omfattende bakkebasert infrastruktur for posisjonsbestemmelse og navigasjon som er uavhengig av GNSS. Slik infrastruktur bør opprettholdes for å sørge for redundans.

Mange tjenester er avhengig av nøyaktig tid og frekvens fra GNSS, og at det er stor variasjon i hvor lenge ulike systemer kan holdes operative dersom GNSS-signalet svikter.

Regjeringen vil:

- opprettholde og utvikle navigasjonsinfrastrukturen langs kysten (installasjoner for visuell og radarbasert navigasjon) som selvstendig system for posisjonsbestemmelse og navigasjon
- arbeide for at flest mulig brukere innen samfunnskritiske funksjoner har kompetanse til å navigere og bestemme posisjon med akseptabel nøyaktighet uten bruk av GNSS
- utarbeide en nasjonal utfasingsplan for bakkebaserte PNT-systemer i luftfarten som ivaretar behov for alternativer til GNSS
- vurdere evnen til å opprettholde nøyaktig tid i digitale nett og om det er hensiktsmessig å innføre nasjonale krav til hvor lenge slike nett bør kunne fungere ved svikt i GNSS.

## 3 Hva er PNT?

---

PNT står for posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse. Den norske bruken av begrepet har sitt utgangspunkt i engelsk, der PNT står for positioning, navigation and timing.

Hvis vi tenker oss et punkt på jordens overflate, så kan vi gi dette punktet en posisjon ved hjelp av koordinater i et koordinatsystem. Posisjonsbestemmelse vil si å finne posisjonen til et punkt. P i PNT-system betyr at systemet kan bestemme posisjonen til det punktet der du befinner deg.

Basert på kunnskap om sin posisjon, kan man utføre en mer nøyaktig navigering. N i PNT står for navigasjon. Det vil si å finne veien fra et punkt til et annet basert på kunnskap om hvor man er, hvilken retning man forflytter seg i og hvor raskt man forflytter seg. Dermed blir også kjennskap til tid viktig. Hvor langt forflytter man seg på en viss tid? Hvor lang tid er det til neste kjente punkt? T i PNT-system betyr at systemet kan gi deg nøyaktig tid.

Posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse må ta utgangspunkt i en eller flere referanserammer. Nøyaktigheten som brukeren kan oppnå, er avhengig av kvaliteten på referanserammen som benyttes. Norges første referanseramme for posisjonering fra 1779 tok utgangspunkt i flaggstangen på Kongsvinger festning. Moderne satellittbaserte referanserammer for posisjonering og navigasjon tar gjerne utgangspunkt i jordas sentrum med koordinater i bredde- og lengdegrader i forhold til ekvator og den internasjonale nullmeridianen gjennom Greenwich. For tidsbestemmelser benyttes gjerne UTC (Universal Time Coordinated).

### 3.1 Satellittalderen

Forsøk med bruk av satellitter til posisjonsbestemmelse og navigasjon startet rett etter oppskytingen av Sputnik i 1957. USAs radionavigasjonssystem Transit var det første satellittbaserte radionavigasjonssystemet, og ble tatt i bruk i 1964. Det store sivile massemarkedet ble imidlertid ikke åpnet før USA erklærte det militære systemet Navstar Global Positioning System (GPS) for fullt operativt i 1995. For første gang fantes nå et PNT-system som kunne gi tredimensjonal posisjon (lengdegrad, breddegrad og høyde) over hele jorden til enhver tid på døgnet. Systemet baserer seg på svært nøyaktig måling av hvor lang tid et radiosignal bruker fra satellittene ned til mottakeren. Atomklokker i satellittene er en forutsetning for tilstrekkelig tidsnøyaktighet. Systemet gir oss posisjonsbestemmelse, tidsbestemmelse, avstandsmålinger og fart.

GPS ble utviklet som et kryptert, militært og sivilt ukryptert satellittnavigasjonssystem under den kalde krigen. Sovjetunionen utviklet et tilsvarende system, GLONASS. Dette handlet både om mulighet for presis navigering ved en eventuelt militær konflikt, men også teknologikappløp og romkappløp mellom øst og vest.

Utviklingen videre har vært preget av at bruken av bakkebaserte systemer er redusert og bruk av satellittbaserte systemer har økt kraftig. Innenfor maritim anvendelse er de bakkebaserte radionavigasjonssystemene, som Decca og Loran C, i praksis borte. Innenfor





Galileo satellitt.  
Illustrasjon: P. Carril/ ESA

luffart er flere av de bakkebaserte systemene, som NDB og VOR, nesten ute av bruk. Felles for begge anvendelsesområdene er at GNSS har overtatt. Denne utviklingen vil med all sannsynlighet fortsette ved at GPS nå bare er ett av flere globale satellittsystemer. EU bygger Galileo der Norge også er med, Kina bygger BeiDou og Russland har i mange år hatt sitt GLONASS. Alle fire systemer har, eller er i ferd med å få, satellittkonstellasjoner som gir global dekning hele døgnet. Når disse systemene omtales generelt brukes gjerne fellesbetegnelsen globale satellittnavigasjonssystemer (GNSS – Global Navigation Satellite System).

Selv om både GPS og GLONASS er militære systemer, ble de tidlig tilgjengelige for sivile brukere. Sivile brukere av GPS måtte leve med en teknisk forringelse av systemnøyaktigheten kalt Selective Availability. Denne ble fjernet i år 2000. Det har gitt en enorm utvikling av anvendelse av systemet.

Radionavigasjon har tradisjonelt vært knyttet til sjøfart og luftfart, men GNSS har utvidet bruken av PNT til en rekke anvendelser på land. Antall brukere på land antas å være langt høyere enn samlet antall brukere til sjøs og i lufta. For eksempel har det blitt vanlig med GNSS i bil, i smarttelefoner, innenfor geodesi, presisjonslandbruk, flåtestyring, bygg og anlegg, jernbane og lokasjonsbaserte tjenester. GNSS brukes også som kilde til svært nøyaktig tid, blant annet til å synkronisere digitale kommunikasjonsnett og tidsstemple økonomiske transaksjoner. Tilgang til GNSS, digitale mobilnett og nøyaktig tid er en forutsetning for samvirkende intelligente transportløsninger (C-ITS) og selvkjørende biler, båter og droner.

## 3.2 Nasjonalt ansvar

Samferdselsdepartementet (SD) har nasjonalt koordineringsansvar for sivil radionavigasjonspolitik, mens sektoransvaret ligger hos relevante departementer og deres underliggende etater. Norsk Romsenter, som er underlagt Nærings- og fiskeridepartementet, er fagetat for SD i saker som angår koordineringsansvaret for den sivile radionavigasjonspolitikken. SD har sektoransvar for PNT innen luftfart, veitransport og jernbane, og forvalter radiofrekvenser for PNT. Innen sjøtransport har SD ansvaret for PNT-systemer som legger til rette for sikker sjøtransport og god fremkommelighet i norske farvann. Avinor Flysikring AS forvalter navigasjonstjenestene for sivil luftfart, og Luftfartstilsynet ivaretar myndighetsansvaret på dette området. Kystverket, Vegdirektoratet og Jernbanedirektoratet har tilsvarende ansvar for skipstrafikk, veitransport og jernbane. Nasjonal kommunikasjonsmyndighet forvalter frekvensspekteret og utsteder frekvenstillatelser.

Nærings- og fiskeridepartementet har ansvaret for sikkerhet til sjøs for skip og mannskap, herunder ligger også regelverket knyttet til navigasjon av skip. Gjennom Sjøfartsdirektoratet reguleres kontroll og sertifisering av norskregistrerte skip og mannskap, samt havnestatskontroll av fremmede skip som anløper norske havner. Nærings- og fiskeridepartementet koordinerer blant annet Norges arbeid i FNs internasjonale sjøfartsorganisasjon IMO (International Maritime Organization). Departementet har også ansvaret for krav til tidsstandarder, som forvaltes av Justervesenet, og ivaretar norske interesser innen romindustrien, romforskning og bruk av romteknologi gjennom Norsk Romsenter. Norsk Romsenter forvalter Norges engasjement i satellittnavigasjon.

Forsvarsdepartementet har ansvar for militær PNT og militær-sivil koordinering av PNT innenfor totalforsvaret og i relasjon til NATO. Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) er Norges fagmyndighet for forebyggende nasjonal sikkerhet. NSM gir råd om, og fører tilsyn med, blant annet sikring av informasjon, objekter og infrastruktur av nasjonal betydning. Videre har NSM et nasjonalt ansvar for å detektere, varsle og koordinere håndtering av alvorlige IKT-angrep.

Justis- og beredskapsdepartementet har ansvaret for redningstjenesten, politiet og Sysselmannen på Svalbard og de behov disse etatene har for hjelpemidler innen PNT. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) skal ha oversikt over risiko og sårbarhet i samfunnet. NSM understøtter Justis- og beredskapsdepartementet for sivil sektor innen de samme områdene som beskrevet under Forsvarsdepartementet.

Kommunal- og moderniseringsdepartementet har det overordnede ansvaret for norsk kartpolitikk og for landes felles geografiske infrastruktur. Kartverket forvalter kartgrunnlaget på sjø og land og har fagansvaret for at kart- og oppmålingsarbeid og annen bruk av geografiske koordinater o.l. kan skje innenfor en felles, entydig referanseramme.

## 3.3 Lover og regulering

Regelverk innenfor flere sektorer får anvendelse på PNT-systemer og bruken av disse. I tillegg til ekomloven og sikkerhetsloven, som er kort beskrevet under, stilles det krav til utstyr for mottak av GNSS-signaler samt bruk av slik utrustning i ulike sektorregelverk, herunder regelverket for sjøtransport og luftfart.

Ekomloven

Lov om elektronisk kommunikasjon (4. juli 2003 nr. 83) omfatter virksomhet knyttet til elektronisk kommunikasjon (ekom) og tilhørende utstyr, forvaltning og bruk av frekvensressurser, all elektromagnetisk utstråling fra ekom og forstyrrelser mot ekom, jf. § 1-2. Virkeområdet omfatter Norge, herunder Svalbard, norske skip og luftfartøy samt anlegg og innretninger på kontinentalsokkelen og for utnyttelse av fornybare energiressurser til havs, jf. § 1-3.

Radionavigasjonssystemer er omfattet av ekomreguleringen. Bestemmelsene om frekvensforvaltning med videre i lovens kapittel 6 vil være av særlig betydning. For øvrig er sikkerhets- og beredskapskrav til ekom regulert i kapittel 2.

#### Sikkerhetsloven

Lov om forebyggende sikkerhetstjeneste (20. mars 1998 nr. 10) stiller krav til beskyttelse av skjermingsverdig informasjon og objekter som er av betydning for rikets sikkerhet eller andre vitale nasjonale sikkerhetsinteresser. Lovens formål er blant annet å legge forholdene til rette for effektivt å kunne motvirke trusler mot rikets selvstendighet og sikkerhet og andre nasjonale sikkerhetsinteresser. Sikkerhetsloven er gjort gjeldende for Svalbard, Jan Mayen og Dronning Maud Land.

Loven kan komme til anvendelse for PNT-systemer, blant annet i forbindelse med at infrastruktur kan anses for å være skjermingsverdig objekt. Generelt kommer loven til anvendelse overfor forvaltningsorganer, men private virksomheter kan legges inn under loven etter enkeltvedtak. Videre omfattes private leverandører som gis tilgang til skjermingsverdig informasjon eller objekt (sikkerhetsgraderte anskaffelser). Sikkerhetsloven etablerer roller og ansvar knyttet til beskyttelse av informasjon og objekter. Hva angår skjermingsverdig informasjon, er den enkelte virksomhet som behandler slik informasjon, ansvarlig for at den beskyttes i tråd med fastsatte krav. Skjermingsverdige objekter utpekes av sektoransvarlig departement. Objekt-eier plikter å beskytte objektet i henhold til kravene i regelverket.

### 3.4 Internasjonalt samarbeid

Radionavigasjon har alltid hatt et internasjonalt preg. Dette har bakgrunn i sjøfartens og luftfartens internasjonale natur. Når handelsrutene går fra havn til havn over verdenshavene eller i luften over landegrensene, er internasjonal enighet, både når det gjelder teknisk systemytelse, regelverk og prosedyrer, av stor viktighet for å skape velfungerende løsninger.

Med moderne, satellittbaserte PNT-systemer, er infrastrukturen løftet opp fra et nasjonalt til et internasjonalt/globalt nivå. De tradisjonelle bakkebaserte systemene, med begrenset rekkevidde, fases etter hvert ut og erstattes av multi-GNSS som ytelsesmessig er frigjort fra enkeltlandene.

GPS, GLONASS og BeiDou eies av hver sin stormakt, og disse lar ikke andre land delta i beslutninger om systemenes funksjonalitet og videreutvikling. USA bestemmer også hvilke andre lands militære styrker som skal få tilgang på den krypterte, militære delen av GPS. Med EUs Galileo-system er dette annerledes. Systemet eies ikke av et enkeltland, men en union av europeiske land. Det gjør at Norge, som EØS-medlem og deltager i prosjektet, har en påvirkningsmulighet når det gjelder systemfunksjonalitet, videreutvikling og prosjektstyring. Arbeidet med å oppnå full norsk tilgang til Galileo-systemets kryp-



terte tjeneste er et eksempel på dette. Norsk deltagelse i Galileo-programmet ivaretas av Norsk Romsenter.

Flere norske etater og andre aktører deltar i internasjonale fora der PNT-relatert regelverk, systemkrav og ytelser diskuteres og vedtas.

Innenfor luftfart ivaretar Luftfartstilsynet og Avinor deltagelse i ICAO, EASA og Eurocontrol. Det foregår et arbeid i SESAR-programmet som påvirker lufttrossorganisering, tekniske systemer på tvers av landegrenser, bruk av GNSS og utfasing av tradisjonelle bakkesystemer.

Innenfor det maritime området leder Sjøfartsdirektoratet arbeidet i IMO, der regelverkskrav for sjøsikkerhet som berører PNT-systemer vedtas. Kystverket leder arbeidet i IALA, som blant annet har utviklet et maritimt støttesystem for GPS (IALA-DGPS).

Innenfor landanvendelser og veitrafikk, har det internasjonalt vært fokus på samvirkende ITS (C-ITS) og selvkjørende biler. EU legger føringer for løsninger for selvkjøring som skal fungere på tvers av landegrenser. Vegdirektoratet ivaretar norske interesser. Norge har sluttet seg til Amsterdam-erklæringen (EUs strategi for C-ITS) og blant annet forpliktet seg til å tilrettelegge regelverket for selvkjørende biler på offentlig vei. Innenfor jernbanesektoren utvikles europeiske løsninger gjennom Shift2Rail-samarbeidet. Bane NOR implementerer nå signaleringssystemet ERTMS, som er et felleseuropeisk system.

Norsk Romsenter ivaretar norsk deltagelse i implementering og videreutvikling av Galileo og EUs satellittbaserte støttesystem for GPS (EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay System). Et satellittbasert støttesystem (SBAS) er et støttesystem der korreksjonssignalene sendes fra satellitt. Europa dekkes av SBAS-systemet EGNOS. Formålet er å gjøre GPS-signalene mer nøyaktige og for å varsle eventuelle feil i GPS.

Forsvaret deltar, gjennom NATO og det europeiske forsvarsbyrået (EDA – European Defence Agency), i arbeid som frembringer PNT-relevante internasjonale militære standarder og den militære delen av GPS.

I EU/EØS-sammenheng foregår regelutvikling og systemutvikling for å skape moderne, effektive og miljøvennlige europeiske løsninger. I 2016 gjenopptok EU-kommisjonen arbeidet med en europeisk radionavigasjonsplan (ERNP). Flere av EUs medlemsland ønsket en slik plan i lys av utviklingen av EGNOS og Galileo, og at EU nå får sin egen GNSS-kapasitet. Planen ble publisert våren 2018.

Radiofrekvenser er en essensiell ressurs for PNT-systemer. Siden disse systemene er internasjonale i sin natur, håndteres frekvensallokeringer, baneposisjoner for satellitter og utforming av det tilhørende regulatoriske rammeverket på internasjonalt nivå. Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) og Samferdselsdepartementet ivaretar norske interesser i dette arbeidet gjennom deltagelse i Den internasjonale teleunion (ITU). På europeisk nivå deltar de samme instansene i EUs organer som håndterer frekvensforvaltningsspørsmål. Videre har Nkom et betydelig engasjement i Den europeiske post- og telekonferansen (CEPT), som er Europas viktigste organisasjon for frekvensforvaltning.

# 4 Systemer og anvendelse

---

PNT-systemer er i dag i bruk på en rekke samfunnsområder, og de danner grunnlag for en mengde tjenester og funksjoner. I dette kapitlet gjennomgår vi ulike PNT-systemer og tjenester og hvordan de brukes i ulike sektorer. På denne bakgrunn vurderes utfordringer, sårbarhet og risiko i dag og i årene fremover.

## 4.1 Den globale referanserammen

Globale satellittbaserte navigasjonssystemer (GNSS) er avhengig av globale referanserammer for å fungere. Posisjonsnøyaktigheten som systemet gir, er avhengig av nøyaktigheten til referanserammen som benyttes. GPS, GLONASS, Galileo og BeiDou benytter i prinsippet hver sin referanseramme.

FNs generalforsamling vedtok i 2015 en resolusjon om en global geodetisk referanseramme for bærekraftig utvikling. Resolusjonen oppfordrer medlemslandene til å videreutvikle samarbeidet om en felles global referanseramme. Norge deltar i arbeidet gjennom United Nations Global Geospatial Information Management Committee of Experts (UN-GGIM).

Arbeidet for å realisere en slik felles referanseramme, har til nå vært organisert som et frivillig, akademisk samarbeid mellom nasjonale geodetiske organer, forskningsinstitusjoner og universiteter. I praksis gjøres dette ved å kombinere målinger fra fire uavhengige satellittbaserte teknikker, deriblant GNSS.

Kartverket deltar i samarbeidet med måledata fra jordobservatoriet i Ny-Ålesund og utvalgte norske GNSS stasjoner, og med analyser av målinger. Jordobservatoriet i Ny-Ålesund, med sin beliggenhet langt mot nord, er viktig for det internasjonale samarbeidet. Observatoriet gjennomgår for tiden en betydelig modernisering og fornyelse. Nytt instrumentbygg ble åpnet 6. juni 2018. Observatoriet skal etter hvert dekke alle de aktuelle målemetodene, og vil bli en bærebjelke i fremtidens realiseringer av globale geodetiske referanserammer.

### 4.1.1 Den nasjonal geodetiske referanserammen

Kartverket har ansvaret for den nasjonale referanserammen. Denne er grunnleggende for alle nøyaktige kart- og oppmålingsarbeider, både i privat og offentlig regi, og annen nøyaktig PNT i Norge. Av praktiske grunner har denne opp til nå vært fiksert til jordoverflaten, nærmere bestemt den euro-asiatiske tektoniske platen som Norge er en del av. På grunn av landheving, som fortsatt pågår, etter siste istid, deformeres referanserammen i høyde inntil sju millimeter per år pluss en mindre horisontal bevegelse vestover. I tillegg flytter hele den euro-asiatiske platen seg nord-østover med omtrent to centimeter i året. De nasjonale kartverkene i Norden, sammen med noen forskningsinstitusjoner og universiteter, samarbeider om nordiske overvåkingsprogram og beregninger.

Innføring av satellittbasert PNT har hatt stor betydning for Kartverkets arbeid med den nasjonale referanserammen. Innføringen har på den ene siden langt på vei revolusjonert det praktiske arbeidet med å realisere referanserammen, og gjøre denne tilgjengelig for brukerne. På den andre siden har brukernes forventninger og krav til homogenitet, nøyaktighet og pålitelighet økt drastisk.

Kartverket overvåker deformasjonene i referanserammene og data for posisjonsbestemmelse fra de fire systemene GPS, GLONASS, Galileo og BeiDou, ved hjelp av et nettverk av ca. 200 permanente GNSS referansestasjoner på fastlands-Norge samt på Svalbard, Jan Mayen, Island og Færøyene. Dataene benyttes blant annet som grunnlag for en sanntids støttetjeneste til GNSS (CPOS), som gir en nøyaktighet på centimeternivå for hele Norge. Tjenesten har ca. 4 000 brukere. Data fra referansestasjonene leveres også til private aktører som leverer GNSS støttetjenester til egne kunder. Økte krav til nøyaktig og pålitelig navigasjon, for eksempel i autonome kjøretøy, vil trolig øke etterspørselen etter data fra nasjonale referansestasjoner, også fra internasjonale tjenestetilbydere. Slik bruk setter samtidig større tekniske krav til nettverket av referansestasjoner, blant annet krav til robusthet og oppetid.

Etableringen av Galileo-systemet vil bedre nøyaktigheten og påliteligheten i overvåkingen av globale og nasjonale referanserammer og GNSS støttetjenester og vil bli viktig i overvåkingen av jordens overflate og hvordan den endrer seg. Nøyaktigheten som Kartverket kan levere, både i sann tid og for etterprosessering, er avhengig av antall referansestasjoner og avstanden mellom disse.

#### *Ytelsesmonitorering*

På grunn av Norges geografiske beliggenhet langt nord, er det av stor betydning å kunne verifisere ytelsen til Galileo og EGNOS i nordområdene gjennom uavhengig ytelsesmonitorering. Kartverket har etablert en uavhengig verifisering av ytelsen til EGNOS, og arbeider med å etablere tilsvarende for Galileo i nord, relatert til ytelsesstandarder og andre systemer. EGNOS brukt i sjøtransport og lufttransport er nærmere beskrevet i henholdsvis kapittel 4.2.4 og 4.3.3.

#### *Varsling av ionosfæriske forstyrrelser*

I perioder med sterk romværaktivitet, er ionosfæriske forstyrrelser den viktigste feilkilden for bruk av GNSS. Områdene nær nordlysovalens vanlige posisjon er spesielt sårbare. Systemer som stiller store krav til integritet og tilgjengelighet (som EGNOS) eller nøyaktighet (som CPOS) er spesielt sårbare for forstyrrelser. Romvær-relaterte forstyrrelser ved høye breddegrader er vanskelige å varsle, da de har store og raske variasjoner som følge av prosesser i magnetosfæren og endringer i solvinden.

Kartverket har utviklet en overvåkningstjeneste for ionosfæriske forstyrrelser av GNSS. Tjenesten er tilgjengelig på Kartverkets nettside "SeSolstorm.no" (<http://sesolstorm.kartverket.no/>). Varslingen av romvær er gjort på bakgrunn av et godt utbygd nettverk

Kartverkets jordobservatorium i Ny-Ålesund.  
Foto: Bjørn-Owe Holmberg/Kartverket



av GNSS-mottakere i Norge, Sverige, Finland, Danmark og på Grønland, supplert med scintillasjonsmottakere for mer detaljerte studier, samt arkiv over slike data.

## 4.2 Sjøtransport

### 4.2.1 Internasjonale ytelsesspesifikasjoner

Det er FNs sjøfartsorganisasjon IMO som stiller minimumskrav til navigasjonsutstyr, opplæring og bemanning på skip i internasjonal fart gjennom konvensjonene SOLAS (Safety Of Life At Sea) og STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping). Det er i overkant av 160 land som har sluttet seg til hver av konvensjonene.

Alle flaggstater stiller i all hovedsak likelydende krav til fartøy. Fartøy under andre lands flagg kan seile i norske farvann så lenge de oppfyller kravene gitt av IMOs konvensjoner (flaggstatprinsippet).

IMO har over tid etablert flere ytelsesspesifikasjoner for navigasjonsmottakere på fartøy. Disse setter krav til funksjonalitet, nøyaktighet og krav til alarm ved indikasjon på upålitelig posisjon. I 2015 godkjente IMO en ytelsesspesifikasjon som gjelder navigasjonsmottaker for skip tilpasset bruk av flere navigasjonssystemer. En slik mottaker skal kunne ta imot signaler fra minst to av de fire satellittbaserte navigasjonssystemene, og kan i tillegg bruke bakkebaserte navigasjonssystemer og GNSS-støttesystemer.

### 4.2.2 Navigasjon i ulike faser av seilasen

For navigasjon på havet brukes i stor grad GNSS. I tillegg brukes andre hjelpemidler som radar, gyro, ekkolodd, logg, magnetkompass og treghetsnavigatorer. Sekstant brukes i praksis ikke i dag.

Når skipet nærmer seg kysten (landfall), må det finne riktig farled mellom øyer, skjær og grunner. Navigasjon langs kysten understøttes ofte av veldefinert topografi og et betydelig system av fyr og merker i tillegg til bruk av GNSS. Kravene til nøyaktig stedfesting er ofte strenge. I trange passasjer baserer navigasjonen seg primært på navigatørens bedømmelse av skipets posisjon ved observasjon av topografi og navigasjonsinstallasjoner, visuelt eller ved hjelp av radar.

Foto: Kystverket





#### *Loran-C og eLoran*

Til havs ble posisjonsbestemmelse tidligere gjort med bakkebaserte radionavigasjons-systemer som Omega, Decca og Loran-C. Loran-C kan oppgraderes til eLoran – enhanced Loran. eLoran er en videreutviklet og digital versjon av Loran-C. Radiosignalet fra senderne utvides med en datakanal for distribusjon av nøyaktig tid og korreksjonsdata fra et nett av referansestasjoner. Senderne kan automatiseres og overvåkes fra et kontrollsentral.

Loran-C-systemet ble besluttet nedlagt i Prop. 1 S (2013-2014), og 1. januar 2016 ble kringkastingen av Loran-signaler avsluttet. eLoran, som navigasjons- og posisjonsbestemmel-sesverktøy, egner seg ikke for brukere med høye krav til nøyaktighet. Uten omfattende investeringer i monitor- og referansestasjoner og oppmåling av korreksjonsfaktorer for navigasjonssignalet, vil dekkningen i Norge være begrenset til åpent hav. Loran-C-masten på Berlevåg ble revet høsten 2016, mastene på Værlandet og Jan Mayen ble revet høsten 2017 og masten på Bø ble revet vinteren 2018.

#### **4.2.3 Dynamisk posisjonering**

Dynamisk posisjonering (DP) betyr at et fartøy eller en offshore-enhet opprettholder sin posisjon automatisk ved hjelp av dreibare propeller (trustere). DP-systemet ombord bruker informasjon om skipets posisjon og retning fra et eget sett av navigasjonsmottakere og andre sensorer av ulike typer. Det betyr at GNSS kan brukes sammen med laser, radar og hydroakustikk for å holde enheten i ønsket posisjon og unngå avdrift.

#### **4.2.4 GNSS støttesystemer for maritim anvendelse**

Selv om GNSS gir posisjonsbestemmelse og tid med stor nøyaktighet, er det ikke alltid godt nok for alle typer anvendelser. Det er derfor laget flere typer støttesystemer som kan bidra til bedret GNSS-ytelse. Flere av disse sender korreksjonssignaler fra referansestasjoner basert på prinsippet om differensiell GNSS. Støttesystemer trenger ikke spesi-fikk godkjenning av IMO.

#### *IALA-DGPS*

Gjennom IALA-DGPS (International Association of Lighthouse Authorities – Differential GPS) kringkaster Kystverket signaler som brukes av mottakere på skip til å gjøre GPS-signalene mer nøyaktige, og for å varsle eventuelle feil i GPS-signalene. Kystverket eier og drifter tolv DGPS-stasjoner som dekker hele kysten. Systemet er standardisert gjennom IMO, men det stilles ikke krav om at systemet skal brukes. Hoveddelen av laste- og passasjerskip langs norskekysten er likevel utstyrt med mottakere for IALA-DGPS.

#### *EGNOS*

EGNOS OS (Open Service) vil kunne gi en ytelse i samme størrelsesorden som IALA-DGPS. Det er derfor aktuelt å etablere EGNOS som et støttesystem også innen maritim sektor, forutsatt at dekkningen er god nok. EGNOS-signalene sendes fra geostasjonære satellitter, og dette kan skape utfordringer ved høye breddegrader eller steder der terrenget skjerner for signalet.

#### *Integritetsovervåkning*

Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) er en funksjon i GNSS-mottakeren som, gjennom å måle signaler fra flere satellitter enn nødvendig for å beregne posisjonen, kan avgjøre om satellittens signal er troverdig.

#### **4.2.5 R-mode**

R-Mode (Range-Mode) er et mulighetsstudie som tar sikte på å utnytte IALA DGPS referansestasjoner og AIS-basestasjoner til å realisere et bakkebasert alternativt til GNSS for



NorSat-1 og NorSat-2 i bane.  
Illustrasjon: T. Abrahamsen/  
Space Norway AS

maritim navigasjon. Stasjonene må til en viss grad bygges om, og nøyaktigheten er avhengig av signaltilgang og tid på døgnet. Mottakeren må være innenfor dekning av minst tre senderstasjoner for å gjøre en posisjonsbestemmelse. R-Mode er på et utprøvningsstadium, og det er foreløpig ingen vedtatt internasjonal standard for systemet.

#### **4.2.6 ECDIS**

Papirkart som hovedkart ombord i fartøy er i ferd med å gå ut av bruk, og erstattes av elektroniske navigasjonssystemer (Electronic Chart Display and Information System, ECDIS). ECDIS kombinerer elektroniske sjøkart med nøyaktig posisjonsangivelse og annen navigasjonsinformasjon fra skipets sensorer. Systemet kan vise eget fartøys posisjon i forhold til planlagte rute og varsle avvik fra denne. Navigatøren må alltid ta hensyn til oppgitt kartnøyaktighet. Mange steder er sjøkartene basert på eldre data som ikke er arealdekkende og med begrenset nøyaktighet.

Med økt støtte for nøyaktig posisjonsbestemmelse, er det helt grunnleggende at det underliggende kartgrunnlag har en tilsvarende kvalitet. Posisjonen til dybdepunkt, grunner, kystkontur og andre objekter i kartene må være bestemt med like god eller bedre nøyaktighet som den nøyaktigheten navigatøren har tilgang til ved hjelp av sine satellittnavigasjonssystemer. Først da kan fartøy ferdes trygt med slike metoder. Ved bortfall av posisjonssignaler fra GNSS kan ECDIS fortsatt benyttes for videre navigasjon. Fremplotting av posisjon skjer da på bakgrunn av signaler fra kompass og fartssensor.

#### **4.2.7 Trafikkovervåking**

Maritim trafikkovervåking er viktig for at operative etater skal kunne løse sine samfunnsoppgaver. Et oppdatert maritimt situasjonsbilde er blant annet grunnlag for

effektiv trafikkorganisering, gjennomføring av redningsaksjoner til sjøs, kontroll av fiske-riaktivitet, antiterror og grenseovervåking, bekjempelse av miljøkriminalitet og planlegging og tilrettelegging for sjøtransporten. Trafikkovervåkningen er i stor grad avhengig av systemer som benytter data fra GNSS-mottakere.

#### *AIS*

Automatic Identification System (AIS) er et antikollisjonssystem som er innført av IMO for å øke sikkerheten for mannskap, skip og miljø. AIS utveksler informasjon om fartøyers identitet, posisjon, kurs og fart via VHF-radiosignaler. AIS-signalene kan også fanges opp fra landbaserte basestasjoner og satellitt, og brukes som grunnlag for kyststatenes maritime trafikkovervåking.

Det er viktig, både av sikkerhetsmessige og miljømessige årsaker, å ha god AIS-dekning over havområdene utenfor Norge. De norske satellittene NorSat-1 og NorSat-2 ble skutt opp sommeren 2017. De har blant annet AIS-transpondere om bord, og utfyller de allerede eksisterende satellittene AISSat-1 og AISSat-2.

#### *LRIT*

Long Range Identification and Tracking (LRIT) er et lukket, globalt satellittbasert system som gir myndighetene mulighet for identifikasjon og sporing av fartøy. Fartøyene som omfattes av ordningen sender informasjon om identitet, sin GNSS-baserte posisjon og dato/tidspunkt for posisjonen med jevne mellomrom.

### **4.2.8 Autonome skip**

Utviklingen av autonome fartøy og autonome skipsoperasjoner er blant de mest fremtredende teknologiske trendene innen sjøtransport. De første kommersielle prosjektene med større autonome fartøy ble lansert våren 2017, og slike fartøy kan komme i ordinær drift langs norskekysten innen få år.

I Nasjonal transportplan 2018–2029 understreker regjeringen at det skal legges til rette for teknologisk utvikling, blant annet innenfor autonome fartøy. Dette skal oppnås blant annet ved å sørge for tilrettelagt infrastruktur, sikre et robust og oppdatert regelverk som tilrettelegger for bruk av ny teknologi, delta aktivt i internasjonalt samarbeid og ved å undersøke potensialet for nye teknologiske løsninger gjennom bruk av forsøk og piloter. Hensynet til sikkerhet og fremkommelighet skal vektlegges særlig. For at autonome fartøy og autonome skipsoperasjoner skal kunne tillates, er det en forutsetning at disse er minst like sikre som konvensjonelle fartøy og operasjoner.

Norske maritime myndigheter er i dialog med industri og forskningsmiljøer for å legge til rette for norsk forskning på, og utvikling av, teknologi for autonome fartøy. Det er etablert et samarbeidsorgan under navnet Norsk Forum for Autonome Skip, der forskning, industri og statlig forvaltning møtes i den hensikt å bidra til å utvikle felles norske strategier for utvikling og bruk av autonome skip. Videre har Kystverket og Sjøfartsdirektoratet, i samarbeid med maritim industri og forskningsinstitusjoner, opprettet flere testområder for autonome fartøy.

Å sikre nøyaktige og særlig driftssikre systemer for posisjonsbestemmelse og navigasjon er essensielt for autonome skip. Det må vurderes hvilke metoder, systemer og sensorer som er nødvendige i tillegg til GNSS, og på hvilken måte disse systemene skal håndtere feilsituasjoner.

### **4.2.9 e-navigasjon og intelligente transportsystemer**

E-navigasjon er en strategi utviklet av IMO for å forberede en modernisering av maritime navigasjons-, kommunikasjons-, og informasjonssystemer. Formålet er å øke sjøsikkerheten for kommersiell skipsfart ved bedre utveksling og kommunikasjon av elektronisk informasjon på skip, mellom skip og land og forenkle arbeidsprosessen til navigatøren ombord. Integrasjon av systemer om bord, og datautveksling mellom skip og land, står sentralt.

Norge har ledet arbeidet med e-navigasjon i IMO, og utvikling og testing av nye e-navigasjonstjenester er allerede i gang. Det legges vekt på å tilrettelegge for samarbeid mellom norske maritime myndigheter, rederier og utstyrs- og tjenesteleverandører med sikte på å utvikle nye tjenester som er tilpasset næringens behov og som øker sikkerheten til sjøs. Nøyaktig stedfesting av ulike typer digital informasjon er viktig i mange e-navigasjonstjenester, og disse tjenestene vil være avhengige av GNSS. Sårbarheten dette medfører, og tiltak for å redusere denne sårbarheten, må vurderes i det videre arbeidet.

## 4.3 Luftfart

### 4.3.1 Internasjonalt samarbeid

Luftfart er en transportform som i stor grad er styrt av internasjonale regler. Norge er medlem av FNs luftfartsorganisasjon ICAO (International Civil Aviation Organization) og den mellomstatlige europeiske lufttrafikkorganisasjon Eurocontrol. EUs luftfartsbyrå, European Aviation Safety Agency (EASA) utarbeider felleseuropeisk regelverk som også gjelder i Norge i henhold til EØS-avtalen.

### 4.3.2 Bakkebaserte PNT-systemer

Innenfor luftfart finnes en rekke bakkebaserte radionavigasjonssystemer. Den gang systemene ble bygget ut, var hensikten å etablere en nasjonal infrastruktur for instrumentflyging langs luftleder i kontrollert luftrom over hele landet, og å øke sikkerhet og regularitet ved å installere instrumentlandingssystemer på de lufthavnene der dette var mulig.

Antallet installasjoner på bakken har blitt redusert, og flyselskapene har i stor grad gått over til GNSS. Av ulike årsaker antas det at de bakkebaserte PNT-systemene fortsetter å være i drift de neste 10-15 årene, men de vil få redusert betydning.

#### *Aktuelle systemer*

De bakkebaserte PNT-systemene som benyttes i luftfart i Norge er:

- DME – Distance Measuring Equipment
- ILS – Instrument Landing System
- NDB – Non-Directional Beacon
- VOR – VHF Omni-directional Range
- TACAN – Tactical Air Navigation (militært)

I tillegg finnes NDB i en variant kalt Locator (L). For mer informasjon om hvert enkelt system, se vedlegg 1.

#### *Fremtiden for bakkebaserte PNT-systemer*

Det foregår ingen teknisk videreutvikling eller utbygging av de nevnte bakkebaserte systemene. Bruken av NDB og VOR er sterkt redusert. Bruken av DME vil opprettholdes i større grad enn de andre systemene, og noen steder vil antallet DME-anlegg øke for å utgjøre en reserveløsning ved områdenavigasjon (RNAV).

Ikke alle flyselskaper er interessert i å ta kostnaden ved å installere satellittbaserte systemer i luftfartøyene når de bakkebaserte PNT-systemene fungerer godt. Et annet forhold som medvirker til at de bakkebaserte PNT-systemene ikke forsvinner med det første, er behovet for å ha systemene tilgjengelig i forbindelse med prosedyrer for motorbortfall og avbrutt innflyging.

Sett fra en lufthavnoperatørs synsvinkel, vil driftshverdagen bli enklere og billigere hvis ILS-anleggene tas ned. Enkelte steder i Europa har også dette skjedd til fordel for EGNOS-baserte prosedyrer. Sett fra EGNOS-eiers synspunkt er dette starten på en ønsket utvikling, men i Norge blir det sannsynligvis ikke demontert ILS-anlegg de nærmeste 10-15 årene. Dette fordi EGNOS foreløpig ikke har dekning i de nordlige områdene i Norge, og fordi ingen av de større norske operatørene har installert EGNOS-instrumenter i sine fly.



Det er sannsynlig at det i fremtiden primært vil brukes satellittbaserte landingssystemer, men at ILS-anlegg opprettholdes på enkelte lufthavner slik at disse kan være alternative landingsplasser hvis satellittsignalene av en eller annen grunn ikke skulle være tilgjengelig.

ICAO har innført en strategi for rasjonalisering av bakkebaserte PNT-systemer. Fra EASA er det tatt initiativ til en europeisk plan for utfasing av bakkebaserte PNT-systemer. Hensikten med planen er å sikre at det opprettholdes tilstrekkelig mange systemer med tanke på reserveløsninger for GNSS i PBN-sammenheng (ytelsesbasert navigasjon). Som en konsekvens av dette vedtok EU en egen navigasjonsstrategi i mars 2018 og en gjennomføringsforordning (EU) 2018/1048 om krav til utnyttelsen av luftrommet og operasjonelle prosedyrer for ytelsesbasert navigasjon (PBN).

På oppdrag fra Samferdselsdepartementet, og som en konsekvens av EUs arbeid om å fremme PBN-implementering, utarbeider Luftfartstilsynet en egen norsk navigasjonsstrategi for luftfarten. Strategien vil gi grunnlag for en nasjonal utfasingsplan for bakkebaserte PNT-systemer, jf. kapittel 5.2.2

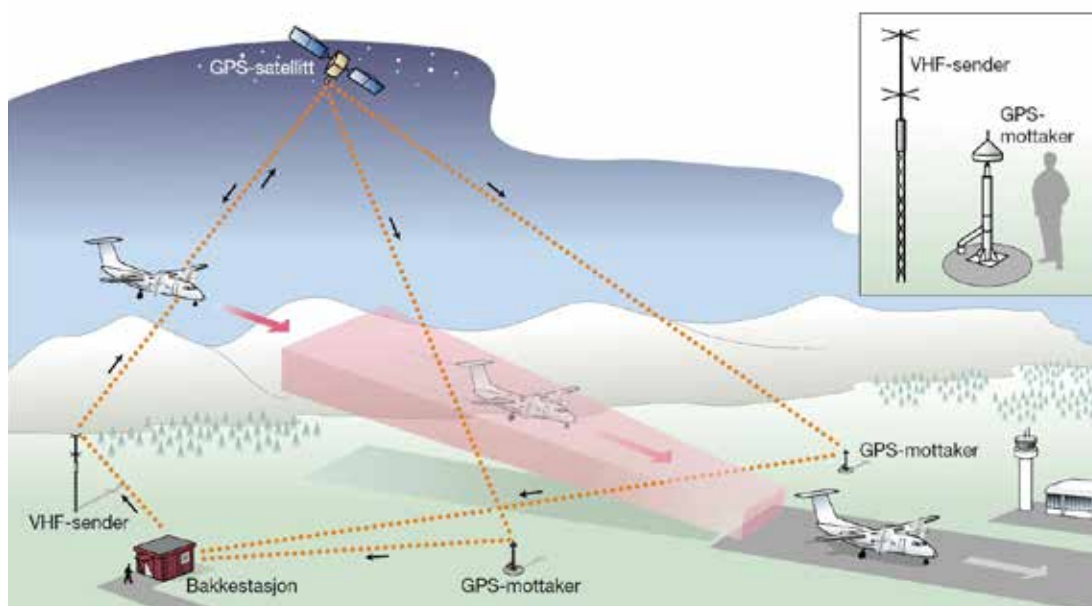
### 4.3.3 GNSS støttesystemer i luftfart

Nøyaktighet og integritet (systemets evne til å varsle feil) i GNSS er i utgangspunktet ikke gode nok for innflyging og landing. For å forbedre dette, anvendes støttesystemer (augmentation systems) som er basert på prinsippet om differensiell GNSS. Ved differensiell GNSS genererer en referansestasjon korreksjoner som overføres til brukerne i nær sanntid.

#### EGNOS

Safety of life (SoL)-tjenesten i EGNOS er designet med særlig tanke på luftfart. Dette forutsetter god og robust signaldekning. Både sivile flyselskap og luftambulansetjeneste i Norge etterlyser forbedret EGNOS-dekning i nordområdene. EGNOS' tjenesteområde stopper i dag ved 70 grader nord. Som resultat av norsk deltagelse i programmet, skal tjenesteområdet utvides til 72 grader nord i 2019. Videre skal EGNOS videreutvikles til versjon 3 for å også kunne støtte Galileo.

GNSS-basert landingssystem (GBAS). Illustrasjon: Avinor



#### *GBAS*

Bakkebaserte GNSS-støttesystemer (GBAS) sender korreksjonsdata fra en sender på bakken til fly under innflyging/landing. GBAS er et landingssystem i likhet med ILS, og det kreves en installasjon på lufthavnen. Målsettingen er at et GBAS skal kunne gi samme ytelse på lufthavnene som ILS kan.

#### *SCAT-I*

Den norske ILS-produsenten Indra Navia har tidligere laget et GPS-basert landingssystem som kalles Special CATegory I (SCAT-I). Systemet er i prinsippet et GBAS med referansestasjoner, sentralenhet og datalink, men er ikke bygget etter ICAOs GBAS-standard. Systemet gir økt flysikkerhet og regularitet på kortbanenettet.

### **4.3.4 Ytelsesbasert navigasjon (RNAV, RNP og PBN)**

Områdenavigasjon (RNAV) vil si at man kan navigere langs en direkterute innenfor et område som har nødvendig dekning av bakkebaserte PNT-systemer, eller at flyet selv er utstyrt med instrumenter som gjør det mulig å navigere minst like nøyaktig uavhengig av bakkesystemene. Utviklingen innenfor anvendelse av GNSS har gjort at man i dag betrakter områdenavigasjon og navigasjon ved hjelp av GNSS som to sider av samme sak.

Teknologiutviklingen har gitt stadig bedre systemer ombord i flyene. I kombinasjon med GNSS og videreutvikling av prosedyrer, har dette gitt mulighet for å navigere direkteruter mye mer presist enn tidligere. Mer presis navigasjon betyr at flyene kan fly nærmere hverandre uten at det går ut over sikkerheten, og dermed kan flere fly være i det samme luftrummet samtidig. Det gir økt kapasitet og bidrar til å gjøre trafikkvekst mulig på en sikker måte. GNSS-basert RNAV gir derfor kapasitetsøkning i luftrummet. Ved å fly direkte langs en rett linje kortes flytiden ned, noe som også er positivt for miljøet.

Ved områdenavigasjon er det behov for å beskrive krav til nøyaktighet i ulike deler av luftrummet og i ulike faser av flygingen, såkalte navigation specifications. ICAO kaller dette for Required Navigation Performance (RNP). Kombinasjonen av satellittbasert RNAV, RNP og prosedyrer kalles ytelsesbasert navigasjon (Performance Based Navigation, PBN).

ICAO Assembly besluttet i 2010 global innføring av PBN i luftfarten. På bakgrunn av vedtaket i ICAO i 2010, har Luftfartstilsynet og Avinor, i samarbeid med flyoperatørene, utarbeidet en nasjonal plan for ytelsesbasert navigasjon (PBN Implementation Plan). Den norske planen foreligger i 2017 i versjon 4.0 og gir nasjonale føringer på hvordan PBN skal samsvare med ICAOs beslutning.

EASA har laget et regelverksutkast (Opinion 10/2016) som krever innføring av PBN i Europa i alle faser av flygingen. Deriblant stilles krav som allerede er gjeldende i Norge. Dette skal være fullført innen 2024. I tillegg er det gjennomført forordning som stiller krav til PBN i områder med særlig tett trafikk (Forordning 716/2014). Regelverksutkastet og forordningen legger begge til grunn at selv om det er myndighetskrav om å etablere PNB-baserte prosedyrer innen en viss tidsfrist, så legges det ikke noe krav på flyoperatørene om at deres fly skal kunne fly disse PBN-prosedyrene innen samme, eller annen, frist.

### **4.3.5 Luftromsovervåking**

For at lufttrafikkjentesten skal kunne yte sine tjenester (områdek kontroll, innflygingskontroll, tårnkontroll, flygeinformasjon og alarntjeneste), må flygelederne vite flyenes identitet, posisjon, høyde, kurs og hastighet. Luftromsovervåking handler om å bruke aktive og passive systemer for å fremskaffe denne informasjonen og presentere den for

flygelederen på egnet digital flate. Utbygging, drift og vedlikehold av sensorer, nettverk og fremvisningsutstyr er ansvaret til Flynavigasjonstjenesten.

Sensortypene som brukes, eller er under utbygging, for luftromsovervåking i Norge er:

- PSR – Primærradar
- SSR - Sekundærradar
- ADS-B – Automatic Dependent Surveillance – Broadcast
- WAM – Wide Area Multilateration

ADS-B og WAM er avhengig av GNSS for å fungere og for å fylle sin hensikt.

I Avinors langtidsplaner er PSR tatt ut til fordel for SSR. Dette fjerner muligheten for å oppdage fly uten transponder. Avinor Flysikring AS har gjennomført grundige sikkerhetsanalyser vedrørende utfasing av PSR, og Luftfartstilsynet har gitt aksept for slik utfasing. Luftforsvaret har andre behov for luftromsovervåking og opprettholder sin kapasitet innen PSR.

ADS-B har blitt benyttet i flere år i Nordsjøen for å etablere kontrollert luftrom i områdene over petroleumfeltene Balder og Ekofisk. Avinor vil frem mot 2020 foreta landsdekkende utbygging av systemet. Dekningsområdet vil være nord til Svalbard. Offshore helikopterselskapene påpeker at det erfaringsmessig er manglende ADS-B dekning ved flyttbare petroleumsinstallasjoner. Det vil være en sikkerhetsgevinst ved å utbedre dekningen. Dette gjelder spesielt i Barentshavet, der aktiviteten med offshore-flyginger antas å øke.

WAM er nytt i Norge og bygges ut samtidig med ADS-B. Målsettingen er nasjonal dekning, noe som krever i størrelsesorden 200 sensorer. Kombinasjonen WAM/ADS-B vil erstatte en god del av sekundærradarene, slik at antall sekundærradarer vil bli omtrent halvert i forhold til de 24 som finnes i 2017. Funksjonaliteten i begge systemer er avhengig av GNSS.

#### **4.3.6 AIS for offshore-helikoptre**

Offshore-helikoptre som brukes til søk og redning (SAR) ute ved petroleumsinstallasjonene, har i dag AIS-mottaker ombord for å kunne lokalisere båter. Helikoptrene i offshore-tjeneste flyr til tider svært langt fra land, hvor det ved en nødsituasjon vil være stor sannsynlighet for å måtte lande i sjøen. Med AIS-mottaker tilgjengelig om bord, vil besetningen ha kunnskap om posisjonen til skip i nærheten som kan brukes som nødlandingsplass.

#### **4.3.7 Droner**

Droner kan opereres under ulik grad av autonomi, enten ved at de blir styrt av en dro-nepilot eller at dronen styrer seg selv gjennom innebygde systemer. Stadig flere droner utstyres med GNSS-mottakere, hvilket gjør dronen i stand til for eksempel å styre seg selv til en på forhånd angitt posisjon og til å returnere automatisk tilbake til startstedet dersom den er i ferd med å gå tom for strøm. Droner kan også utstyres med sensorer og mottakere som brukes til å samle informasjon eller til å lokalisere objekter.

Selv om teknologien er langt fremme, er det en del utfordringer knyttet til økt behov for infrastruktur og kommunikasjon mellom droner og andre fartøy eller objekter. Å sikre nøyaktige og driftssikre systemer for posisjonsbestemmelse og navigasjon er essensielt for droner. Det må vurderes hvilke metoder, systemer og sensorer som er nødvendig i tillegg til GNSS, og på hvilken måte disse systemene skal håndtere feilsituasjoner av ulike typer.

I 2018 publiserte regjeringen en strategi for droner som ser nærmere på hvilke behov for infrastruktur som eksisterer i dag og som vil komme til gjøre seg gjeldende i fremtiden, for å sikre at droner kan integreres i luftrommet på en trygg og formålstjenlig måte.

## 4.4 Landanvendelser

### 4.4.1 Utvikling i landanvendelser

Siden utgivelsen av Norsk Radionavigasjonsplan i 2003, har det skjedd en betydelig utvikling innen landbaserte anvendelser av PNT-systemer. På grunn av den teknologiske utviklingen, ikke minst innen smarttelefoner, har bruken av GNSS vokst kraftig. I tillegg har markedet for nøyaktig posisjonsbestemmelse og navigasjon ned på centimeternivå økt og blitt utvidet til mange nye brukergrupper.

### 4.4.2 Kart og oppmåling

Innføring av GNSS har effektivisert kart- og oppmålingsvirksomheten vesentlig. Teknikker basert på GNSS alene eller i kombinasjon med konvensjonelle terrestriske teknikker er i dag så godt som enerådende. For å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet må det benyttes avanserte mottakere og spesialtilpassede måleteknikker. Brukeren må vanligvis også ha tilgang til korreksjonsdata eller nøyaktige klokke- og baneparametere, for eksempel gjennom bruk av GNSS støttetjenester som CPOS.

Integrering av GNSS-basert utstyr og måleteknikker i anleggsmaskiner har kraftig redusert behovet for manuell påvisning og utstikking i forbindelse med gravearbeid og liknende anleggsarbeider. I stedet for at gravemaskinføreren må forholde seg til stikk og salinger satt ut av en landmåler, kan vedkommende i stedet grave etter anvisning på en skjerm som forteller hvor dypt det skal graves eller fylles ut på et gitt sted. Tilsvarende teknologi brukes også på eksempelvis bulldozere og veghøvler, hvor skuffe eller skjær beveger seg automatisk opp og ned i henhold til posisjonen og planlagt resultat. Besparelsene ved bruk av GNSS i anleggsmaskiner reduserer både behovet for spesialkompetanse og arbeidstimer. Planlegging og gjennomføring av veibyggingsprosjekter har blitt digitalisert og er i dag i stor grad avhengig av GNSS og droner. Det lages digitale 3D-modeller som maskinene arbeider etter. Til slutt overføres data med centimeternøyaktighet til nasjonal vegdatabase (NVDB).

Ved bruk av flyfotografering til kartleggingsformål er det vanlig å benytte GNSS i kombinasjon med treghetssensor til nøyaktig posisjonsbestemmelse av kamerautstyret. Data fra GNSS-mottakeren inngår sammen med data fra Kartverkets referansestasjoner i en ettertidsprosessering for å beregne nøyaktige posisjoner. Laserskanning i kombinasjon med GNSS brukes i stadig flere prosjekter. Flybåren laserskanning benyttes for eksempel i et stort nasjonalt prosjekt for å etablere en detaljert høydemodell for hele Norge. Metoden er avhengig av nøyaktig posisjonsbestemmelse av laserinstrumentet i flyet under datafangst. Til dette benyttes GNSS observasjoner i kombinasjon med treghetssensor. Høydemodellen vil ha en rekke bruksområder, f.eks. planlegging av tiltak mot flom og skred og for bedre jordobservasjoner fra satellitt.

Droner blir i økende grad tatt i bruk til mindre kart- og oppmålingsarbeider. En forutsetning for dette er tilgang til nøyaktig PNT ved hjelp av GNSS i kombinasjon med støtte-systemer eller etterprosesserte data i kombinasjon med referansestasjonsdata.

I dag er all posisjonsbestemmelse ved sjøkartlegging basert på bruk av GNSS. For å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet, må GNSS brukes sammen med GNSS støttesystemer. I kystnære områder brukes Kartverkets CPOS-tjeneste og i andre områder brukes etterprosessert navigasjon basert på presise satellittbane- og satellittklokke-data.

#### **4.4.3 Geodesi**

Kartverket har et nasjonalt ansvar for geodetisk informasjon og offentlig eiendomsinformasjon i Norge. Innføring av satellittbasert PNT (GNSS) har hatt stor betydning og innflytelse på Kartverkets oppgaver. Det har langt på vei revolusjonert arbeidet med å bestemme og gjøre tilgjengelig et geodetisk grunnlag for fastsetting av posisjon, oppmåling, kartlegging og jordobservasjon.

Basert på GNSS leverer Kartverket en lang rekke tjenester. Sanntidsposisjonstjenesten CPOS er en av disse. Videre ivaretar Kartverket overvåking av tektoniske bevegelser, havnivå, ionosfæreforhold, EGNOS-signalmonitorering, m.m. Kartverket utnytter også GNSS for å levere det norske bidraget i det internasjonale samarbeidet som realiserer en global geodetisk referanseramme, se 4.1.1.

#### **4.4.4 Vei**

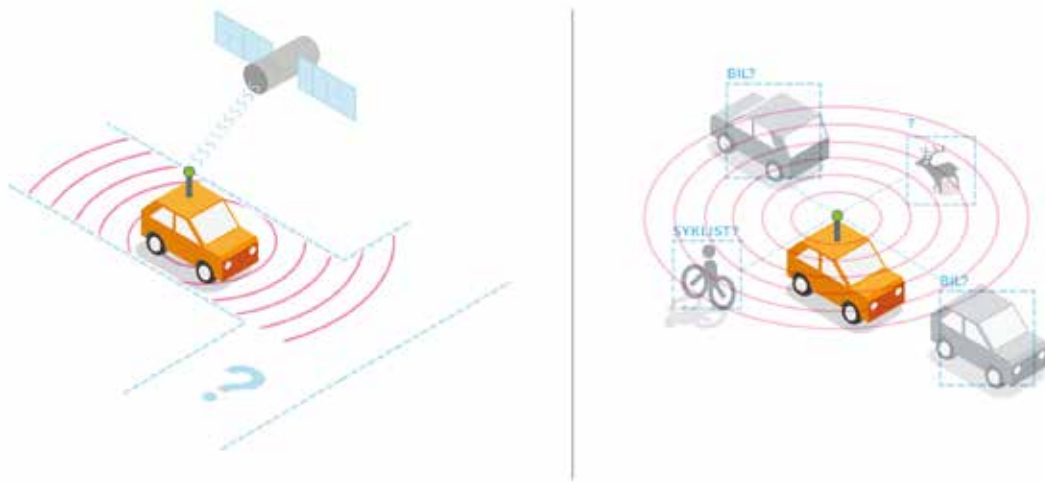
GNSS, i kombinasjon med elektroniske kart, er i ferd med å bli standardutstyr i alle biler. Det brukes blant annet til å vise egen posisjon, finne korteste vei, finne steder i nærheten og finne alternative ruter ved omkjøringsbehov. Det er ikke bare biler som bruker GNSS, men også andre typer trafikanter, inkludert fotgjengere med GNSS og digitalt kart på smarttelefonen. GNSS-baserte systemer for brukerbetaling i veitrafikken er under utvikling.

Intelligente transportsystemer (ITS) handler om å utnytte IKT-systemer i forbindelse med trafikk og transport. ITS omfatter et bredt spekter av tiltak og løsninger som ITS i kjøretøy, brukerrelatert ITS, industrirelatert ITS, kobling mellom kjøretøy, og kobling mellom kjøretøy og infrastruktur. Nasjonal transportplan 2018-2029 (Meld. St. 33) legger vekt på digitalisering som grunnlag for fremtidens mobilitet. Dette krever at transportmidlene og trafikanter har kontinuerlig tilgang til digitale nett og nøyaktig tid.

Ved samvirkende ITS (C-ITS) utnyttes kommunikasjon mellom kjøretøy, trafikanter og infrastruktur for å oppnå bedre fremkommelighet, økt trafiksikkerhet og mer miljøvennlig mobilitet. Samvirkende ITS muliggjør deling av informasjon om kjøretøys plassering, bevegelse og andre data fra mobiltelefoner og kjøretøy. Dette kan gi bedre mobilitetstjenester for alle trafikanter. I fremtiden vil samvirkende ITS åpne for mer komplekse anvendelser som vil kreve kontinuerlig, rask og kapasitetssterk datakommunikasjon gjennom hele transportsystemet. Slike løsninger åpner for avansert styring av trafikken og helt nye muligheter som vil kunne ha positiv effekt både på trafiksikkerhet, fremkommelighet og miljø.

Satellittbasert PNT er avgjørende for å lykkes med ITS og selvkjørende biler. GNSS vil være verktøyet for nøyaktig posisjonsbestemmelse samt kilde til nøyaktig tid for å synkronisere alle digitale løsninger som er nødvendig. Det betyr at det er viktig å ta hensyn til GNSS-signaldekning når ulike ITS-tjenester planlegges.

Gjeldende EFC-direktiv (Electronic Fee Collection), direktiv 2004/52/EF, skal legge til rette for at elektroniske betalingssystemer på vei skal kunne kommunisere med hverandre (interoperabilitet). Direktivet bygger opp under en visjon om å kunne kjøre gjennom beta-



Selvkjørende biler. Illustrasjon: Statens Vegvesen

lingssystemer i hele Europa med én avtale/faktura, noe som kalles en europeisk elektronisk betalingstjeneste (EETS: European Electronic Toll Service).

I 2017 la EU-kommisjonen frem et forslag til en Mobilitetspakke («Europe on the Move»). Pakken favner bredt, og omfatter bl.a. revisjon av EFC-direktivet og EETS-regelverket. Direktivet er foreløpig ikke vedtatt i EU.

Utviklingen av satellitt-/mobilbaserte innkrevingssystemer på vei står sentralt i EFC-direktivet/EETS-regelverket. Land i Europa har allerede tatt i bruk satellittbaserte innkrevingssystemer på vei. På sikt ventes denne utviklingen å ville fortsette. Bruk av satellittbaserte innkrevingssystemer på vei vil også kunne bli aktuelt i Norge.

#### 4.4.5 Jernbane

Satellittbasert PNT innenfor jernbanedrift har blitt svært aktuelt de seneste årene. Det pågår en rekke internasjonale prosjekter som omhandler anvendelse av GNSS-basert posisjonsbestemmelse innenfor jernbanesektoren. Noen er initiert av det europeiske GNSS-byrået (GSA), mens andre er i regi av Shift2Rail. Shift2Rail er et forskningssamarbeid som samler industriaktører, jernbaneoperatører og offentlig forvaltning for å forsterke kunnskapsutviklingen i jernbanesektoren. Målet med samarbeidet er å utvikle jernbanen i retning av et integrert, effektivt og bærekraftig europeisk jernbanemarked. Tiltaket er et initiativ under EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horizon 2020.

I Bane NOR benyttes GNSS blant annet til:

- Måling og avregning av togenes strømforbruk (Nordic Railway Settlement System). Systemet gjør det mulig å senke strømforbruket, og internasjonalt regner man med et innsparingspotensial på 10-15 prosent.
- Flåtestyring av eget rullende materiell (oversikt over eget materiell og planlegging av vedlikehold basert på kjørt distanse)
- Oppmålingsarbeider ved planlegging og bygging av ny infrastruktur og vedlikehold/fornyelse av eksisterende infrastruktur

Planlegging og utbygging av jernbane er i dag i stor grad avhengig av GNSS og droner, på samme måte som veibyggingsprosjekter.



#### *Fremtidige anvendelsesområder for GNSS*

Bruk av GNSS til posisjonsbestemmelse gir muligheter til å redusere både investerings- og driftskostnader. Vedlikeholdsarbeidet kan forenkles gjennom bedre flåtestyring og bedre overvåking av infrastruktur. Gjennom økt pålitelighet i posisjonsbestemmelse av togmateriell, kan infrastrukturen utnyttes bedre og kapasiteten økes. Informasjonsflyten ved eventuelle ulykker kan også bli raskere og mer presis.

For at jernbanesektoren skal kunne utnytte mulighetene, må systemet som benyttes ivareta krav til tilgjengelighet, interoperabilitet (samtrafikkevnen), robusthet, integritet og dekningsgrad. I tunneller og andre skyggeområder er det sannsynligvis nødvendig å benytte annet utstyr for posisjonsbestemmelse i tillegg til GNSS.

ERTMS er et felleseuropeisk signal- og sikringsanlegg. Systemets nivå 2 er under innføring i Norge. Systemet kan utnytte GNSS til posisjonsbestemmelse av rullende materiell og som kilde til nøyaktig tid for synkronisering av trådløs dataoverføring.

Flåtestyring for gods kan omfatte selve godset og vognene godset befinner seg i. Kombinasjonen av GNSS-sporing og elektronisk lesbar merking av tog vil gi mulighet for å automatisere godstransport.

I Bane NOR pågår det undersøkelser av om registrering og oppmåling av sporets beliggenhet kan utføres med GNSS, støttet av Kartverkets CPOS-tjeneste, jf. kapittel 4.1.1. Dersom denne metoden gir tilstrekkelig godt resultat vil det gi et betydelig økonomisk innsparingspotensial sammenliknet med nåværende metoder for registrering av sporets beliggenhet.

#### **4.4.6 Landbruk og naturforvaltning**

Presisjonslandbruk handler om nøyaktig posisjonering av maskiner og redskap slik at bonden kan gjødsle, så, sprøyte og høste i henhold til jordsmonn og plantevekst på det stedet traktor og redskap til enhver tid befinner seg. Dette hindrer overlappende kjøring og gir økt utnyttelsesgrad for dyrket mark og økt effektivitet for bonden. I presisjonslandbruk brukes avansert teknologi for å skreddersy behandlingen av jord og vekster på ulike deler av et skifte. Et skifte er et avgrenset landareal som brukes til landbruksformål, f.eks. et jorde eller en skogteig.

Utviklingen på dette området antas å gå i retning av førerløse maskiner og utstrakt bruk av droner. Det foregår også forskning på bruk av roboter i landbruket.

Presisjonsjordbruk forutsetter den nøyaktige posisjonsbestemmelsen som GNSS med støttesystemer gjør mulig.

#### *Anvendelse av GNSS støttesystemer i presisjonslandbruk*

EGNOS med sin tjeneste Open Service brukes i norsk landbruk. Det samme gjør Kartverkets CPOS-tjeneste.

Det europeiske GNSS-byrået har flere prosjekter med fokus på landbruks-anvendelser for EGNOS. Prosjektene jobber blant annet med optimalisering av kjøring på jordene og dronebruk for registrering av avling. Ulike maskinprodusenter har utviklet egne støtte-systemer som tilbys ved kjøp av deres utstyr.

#### *Sporing av dyr*

Som et alternativ til å henge bjelle på husdyrene kan de utstyres med "GPS-bjelle". Disse vil sende ut dyrenes posisjon som så kan følges i et digitalt kart på smarttelefon. Den samme teknikken kan brukes ved sporing av vilt. En annen anvendelse er geofence, som er et virtuelt gjerde som dyrene skal holde seg innenfor.

#### *Droner i landbruket*

Det store anvendelsesområdet for droner omfatter også landbruket. Dronene er kraftige nok til at de kan bære ulike typer sensorer og kamera. De kan derfor brukes til blant annet skogregistrering, avlingsovervåking, overvåking av spiringsgrad, overvåking av effekten av sprøytemiddelbruk og saueleting. Dronene benytter i stor grad GNSS ved navigasjon, og de ulike sensorene vil ofte bruke GNSS for nøyaktig stedfesting.

#### **4.4.7 "Signals of opportunity"**

"Signals of opportunity" (SoP) handler om å utnytte eksisterende radiosignaler rundt oss, som aldri var ment brukt til posisjonsbestemmelse, til likevel å bestemme posisjon. Hensikten er å kunne bestemme posisjon på steder det ikke er mulig å benytte GNSS, for eksempel innendørs eller i tettbygd strøk med byjuv ("urban canyons").

Signalene det er snakk om kan være TV-signaler, FM/DAB-signaler, WiFi-signaler, signaler fra basestasjoner i mobilnettet, Bluetooth, osv. Begrepet innendørs navigasjon brukes også om dette, selv om innendørs navigasjon i tillegg kan være basert på andre teknologier enn radiosignaler.

Mottakerutstyr for radiobasert posisjonsbestemmelse, f.eks. smarttelefon, forventes i stadig større grad å kunne kombinere GNSS med signals of opportunity på en slik måte at brukeren har tilgang til posisjonsbestemmelse uavhengig av om brukeren er ute eller inne.

Det forventes også at satellittsignaler fra andre systemer enn GNSS kan brukes til posisjonsbestemmelse og tidsbestemmelse. Eksempel på dette er Iridium Next.

#### **4.4.8 Lokasjonsbaserte tjenester**

Lokasjonsbaserte tjenester (Location Based Services, LBS) er tjenester som baseres på kunnskap om lokasjonen (posisjonen) til den personen tjenesten retter seg mot. Dette er mulig ved hjelp av smarttelefon som har GNSS-mottaker og tilkøpling til internett.

LBS kategoriseres i opplysningstjenester, sporingstjenester, navigasjonstjenester og andre tjenester. Eksempler på LBS kan være å gi trafikanter trafikkinformasjon, værvarsler og tilbud om vare- og tjenestekjøp.

#### *Nødmeldinger*

Det finnes LBS som er ment å være til hjelp for å varsle hvor man er hvis man er i en nødsituasjon. Et eksempel er Norsk Luftambulanses sin app "Hjelp 113".

Det finnes etterhvert svært mange mobile enheter som er i stand til å beregne sin posisjon. En løsning som overfører disse posisjonsdataene til AMK og de andre nødsentralene digitalt og automatisk, planlegges innført. Samferdselsdepartementet har sendt forslag til endringer i ekomregelverket på høring. Høringsforslaget gjelder blant annet forslag om innføring av mer nøyaktig posisjonsbestemmelse av nødansrop fra mobiltelefon og fra IP-telefon.



#### 4.4.9 Politiets bruk av GNSS

Politiet har i dag GPS på sine kjøretøy og har på den måten oversikt over bilpatroljenes posisjon til enhver tid. Posisjonen registreres i politiets operative kartsystem, GEOPOL, som benyttes av operasjonssentralene i ressursstyringen i politidistriktene. Også kystvaktfartøyene har installert GPS som registreres i GEOPOL. I fremtiden kan en tenke seg at ordningen med GPS utvides til å omfatte fotpatruljer, spanere og infiltratører. Dette vil lette kontakten med enhetene og øke sikkerheten til de ansatte.

Posisjonsbestemmelse er egnet ved bruk av droner i søksaksjoner som gjelder at en eller flere personer forsøker å unndra seg politiet, ved redningsaksjoner og ved søk etter antatt omkomne. Når personen(e) er lokalisert og posisjon kjent, kan de hentes av politiet/andre letemannskaper. Posisjoneringsteknologi kan videre anvendes i stedet for varetektsfengsling ved unndragelsesfare både i straffesaker og utlendingssaker

## 4.5 Nøyaktig tid og frekvens

### 4.5.1 Kilder til nøyaktig tid

#### *GNSS*

Posisjonsbestemmelse ved hjelp av GNSS handler i prinsippet om å måle tiden det tar for et radiosignal å gå med lysets hastighet fra flere satellitter i kjente posisjoner ned til en mottaker. Satellittene er utstyrt med atomklokker som benyttes som basis for tidsstempling av radiosignalet. Denne informasjonen kan brukes som kilde for tid til andre formål enn posisjonsbestemmelse.

Global, gratis tilgang til en svært nøyaktig klokke har gjort at anvendelsen av GNSS-tid for tidssynkronisering av digitale systemer har blitt svært utbredt. Dette har også medført systemavhengighet og potensial for sårbarhet.

#### *Atomklokke*

I atomklokker utnyttes atomenes egenskap knyttet til at de kan svinge mellom ulike energinivåer. Dette gir klokker med svært høy stabilitet.

#### *DCF-77*

Det tyske Media Broadcast GmbH kringkaster nøyaktig tid på vegne av Physikalisch-Technische Bundesanstalt. De sender ut tid på frekvens 77,5 kHz, og atomklokker brukes som kilde.

Flere andre europeiske land har tilsvarende tjenester for kringkasting av tid med sporbarhet til UTC. En årlig oversikt over disse utgis av Det internasjonale byrå for mål og vekt (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM).

#### *Andre metoder for distribusjon av tid*

Det finnes flere metoder for distribusjon av tid. Justervesenet (JV) produserer svært nøyaktig tid på Kjeller, men har ikke som formelt oppdrag å distribuere dette ut til brukerne som en tjeneste.

### 4.5.2 Distribusjon av tid i datanettverk

Network Time Protocol (NTP) er den mest utbredte protokollen for å synkronisere klokker i datamaskiner mot én eller flere referanseklokker ved hjelp av internett eller lokale nettverk. Med GNSS, atomklokke eller DCF-77 som kilde distribueres tid gjennom et hie-

rarkisk system. Se vedlegg 1 for mer om dette. Ulike løsninger gir ulik nøyaktighetsgrad. Dette må tilpasses den aktuelle anvendelsen.

### **4.5.3 Anvendelse av nøyaktig tid**

#### *Kommunikasjonsnett*

Nøyaktig bestemmelse av tid og takt (frekvens) er viktig for produksjonen av elektroniske kommunikasjonstjenester. Absolutt tid brukes blant annet til tidsstempling av logger, mens takten benyttes til å synkronisere radiofrekvenser og datastrømmer i og mellom nettverk. Takten er mest kritisk for nettenes funksjonsevne.

Alle nett trenger en tilstrekkelig presis tidsreferanse for fase- og/eller frekvenssynkronisering av signaler. I de elektroniske kommunikasjonsnettene (ekom) benyttes i stor grad GNSS direkte eller indirekte som kilde til nøyaktig tid og frekvens. Måten tid, frekvens og takt implementeres og distribueres på varierer i de ulike nettene. Dermed varierer også konsekvensene ved bortfall av, eller feil på, satellittbasert tid/takt.

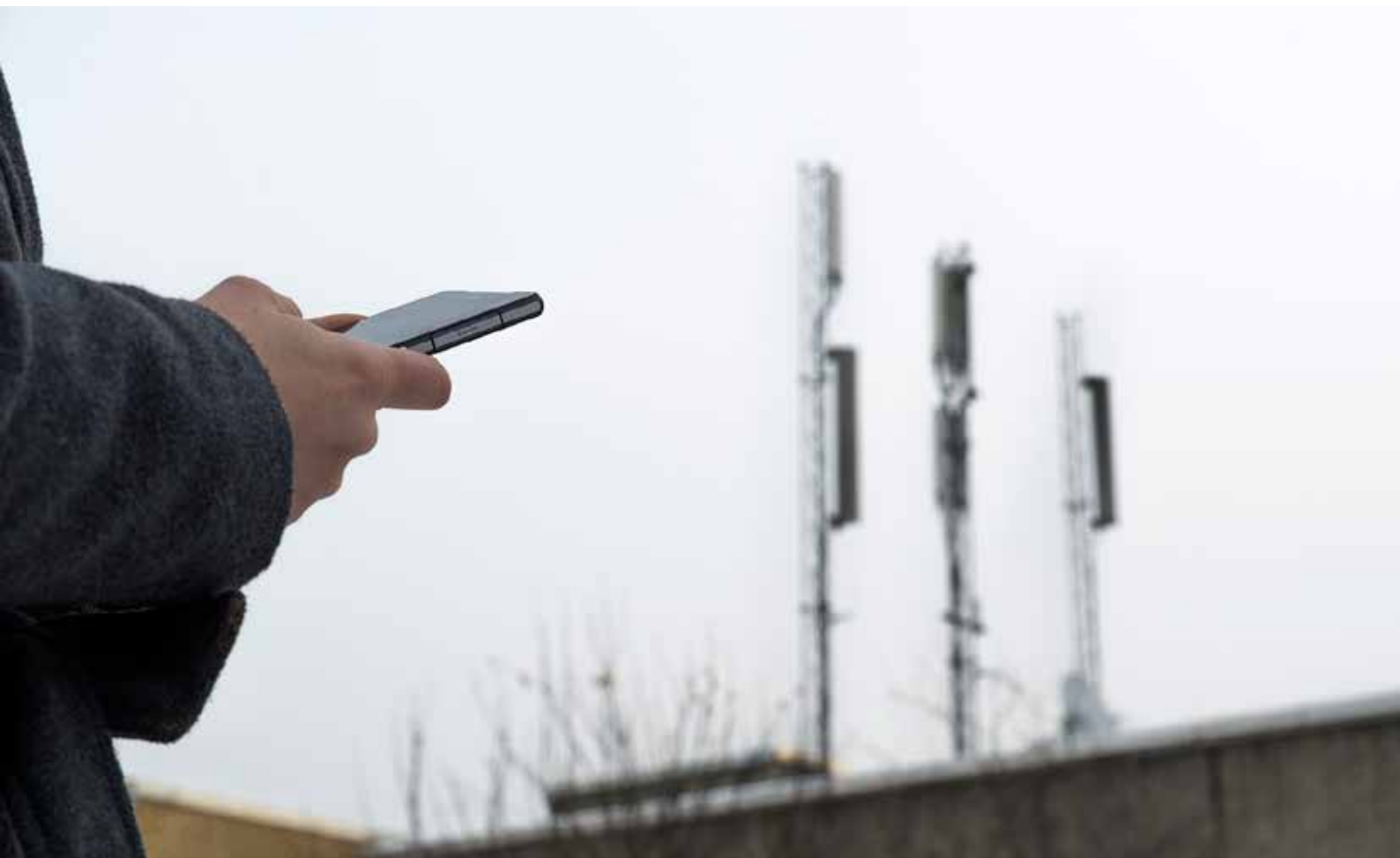
Svært mange ekomtilbydere i Norge er avhengige av Telenors og Broadnets nett.

Både Telenor og Broadnet bruker en kombinasjon av atomklokke og GPS som kilde til nøyaktig tid/takt i sine nett.

#### *Mobilnett*

Man må ofte lage spesialløsninger for å distribuere tilstrekkelig presis taktinformasjon i moderne mobilnett. I Norge er det tre kommersielle mobilnett som eies av henholdsvis Telenor, Telia og ICE. Hvordan implementering og distribusjon av nøyaktig tid og takt er realisert, varierer noe i de ulike nettene. Telenors løsninger er omtalt over. I tillegg bruker en del av Telenors mobilbasestasjoner GPS som sekundærkilde.

Foto: Olav Heggø



Telia benytter en distribuert nettverksarkitektur med flere interne klokker i ulike geografiske områder. Disse klokkene benytter GPS som primærkilde og Telenors klokkekilde som sekundærkilde.

Nettet til ICE er bygd opp med redundante interne klokker som alle har GPS som primærkilde. I tillegg har ICE sine mobilbase-stasjoner GPS som primær klokkekilde.

Nødnett benytter Telenors og Broadnets nett og får dermed tid/takt i transmisjonsdelen av nettet av atomklokkene til Telenor og Broadnet. I radionettet benyttes GPS som klokkekilde.

#### *Digitalt bakkenett*

Det er Norkring som eier de digitale bakkenettene for TV (Digital Terrestrial Television, DTT) og radio (Digital Audio Broadcasting, DAB). Disse nettene er avhengig av nøyaktig tid og takt for å kunne synkronisere utsending av program fra kringkastingssenderne. DTT brukes i Norge av NRK og RiksTV.

#### *Kraftnettet*

Kraftnettoperatorene bruker synkroniserte klokker fordelt i kraftnettet til overvåking og fordeling av belastning i nettet. Fordi elektrisk energi må genereres med samme rate som den brukes, må belastningen på nettet kontinuerlig overvåkes. Klokker brukes også til tidsstempling av hendelser, overvåking av stabilitet og feilsøking.

Kraftnettet er helt avhengig av et digitalt kommunikasjonsnett for driftsmessig overvåking, styring og administrative støttefunksjoner. Statnett benytter en kombinasjon av atomklokke og GPS-tid for synkronisering av kommunikasjonsnettet.

#### *Digitalisering av kraftsektoren*

Digitalisering av kraftsektorens systemer innebærer blant annet at måleverdier skal kunne tidsstemles og sendes digitalt over nettverk for bruk i analyse og kontroll.

Fullskala utrulling av AMS (Avanserte Måle- og Styringssystemer), eller såkalte smarte målere, er blant de mest omfattende IKT-infrastrukturprosjektene i Norge noensinne. Mellom 2,2 og 2,4 millioner strømmålere skal skiftes ut og tilknyttes toveis digital kommunikasjon innen utgangen av 2018. Utrullingen berører de fleste strømkunder i Norge.

De nye målerne er en del av smart-grid-konseptet der hver måler utgjør et adresserbart endepunkt i nettet. Det åpnes derfor for en rekke tilleggsmuligheter utover strømmåling. Bruk av smart grid og smarte målere gjør kraftnettet ytterligere avhengig av digital kommunikasjon med tilhørende tidssynkronisering. Datakommunikasjonen mellom måleren og nettoperatoren vil gå gjennom ekomtilbydernes nett og dermed være avhengig av nøyaktig tid og GNSS som omtalt i avsnittene om kommunikasjonsnett og mobilnett.

#### *Finanssektoren*

Den primære bruken av nøyaktig tid innenfor finans er til tidsstempling av hendelser. Hendelsene kan være transaksjoner, ordre, overføringer o.l. For eksempel er det viktig at man vet når en handel er gjennomført eller når en ordre har kommet inn på børser. Nøyaktigheten på tidspunktene for verdipapirhandel har blitt viktigere med årene etter som mye handel skjer på tvers av land og børser.

Status i dag er at Network Time Protocol (NTP)-standarden er mest brukt ved tidsstempeling. EU vedtok i 2004 et direktiv for markeder for finansielle instrumenter, MiFID (Markets in Financial Instruments Directive, 2004/39/EC). Dette vil tre i kraft i Norge i 2018 og skjerpe kravene til nøyaktighet. European Securities and Markets Authority (ESMA) har publisert retningslinjer for klokkesynkronisering. Det vil trolig medføre at flere verdipapirforetak må skaffe tidssynkronisering med krav til nøyaktighet som er høyere enn det NTP kan gi.

#### *Maritimt*

De sikkerhetskritiske kommunikasjonssystemene på skip, GMDSS (Global Maritime Distress Safety System), er i all hovedsak basert på eldre teknologi som ikke bruker takt eller tid basert på GPS. IMO har igangsatt et arbeid med modernisering av GMDSS, som forventes slutført 2018/2019. Det moderniserte systemet vil basere seg på digitale løsninger.

AIS er imidlertid avhengig av GPS-tid. Ved et eventuelt bortfall av AIS som følge av svikt i GPS, vil skip og sjøtrafikksentraler benytte radar og visuell observasjon. Sjøtrafikksentralene vil også benytte samband for å få oversikt over fartøy innenfor tjenesteområdet. Oversikten over skipstrafikken vil bli redusert.

Fartøy som benytter elektronisk navigasjonssystemer (ECDIS) i stedet for papirkart, vil miste den automatiske posisjonsangivelsen ved bortfall av GNSS. Det vil likevel være mulig å bruke det elektroniske navigasjonssystemet for navigasjonsformål.

#### *Luftfart*

Økt digitalisering innenfor luftfartsovervåking gir økt avhengighet av nøyaktig tid. WAM (Wide Area Multilateration) og ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) er avhengig nøyaktig tidsangivelse og digitale nett for å overføre informasjon om posisjon til Lufttrafikkjenesten. Digital trådløs kommunikasjon mellom lufttrafikkjenesten og flybesetningen bidrar også til økt bruk av nøyaktig tid for å kontrollere flytrafikken sikkert.

Elektronisk navigasjonssystemer.

Foto: Kystverket



## 4.6 Militære anvendelser

PNT-tjenester er avgjørende for gjennomføringen av militære operasjoner nasjonalt og operasjoner i samvirke med allierte. Som følge av dette har forsvarssektoren en overordnet ambisjon om sikker og tilstrekkelig tilgang til både åpen og beskyttet (kryptert) PNT-tjeneste på alle nivå.

I militær sammenheng, som ellers i samfunnet, er bruken og avhengigheten av GPS betydelig. GPS har i mange sammenhenger blitt et standardssystem. En lang rekke NATO-dokumenter skal sikre standardiserte løsninger for systemer, krav til metoder, planlegging av systeminnføring, integritet i navigasjonssystemer, navigasjonskrigføring, AIS på militære fartøy, bruk av TACAN (Tactical Air Navigation), bruk av militære GPS-signaler ved instrumentflyging, operasjonskonsepter og elektronisk krigføring. NATO har sine egne PNT retningslinjer under utarbeidelse, som vil sammenfatte eksisterende NATO-dokumenter. Som medlem i alliansen må det norske Forsvaret forholde seg til disse, i tillegg til nasjonale retningslinjer.

Kontrollert luftrom i Norge er under sivil kontroll, og tilhørende nasjonalt regelverk er basert på internasjonale regelverk basert på ICAO og EU. Militær luftfart omfattes ikke av ICAO/EUs planer og krav, men må likevel forholde seg til disse. Bruk av militære GPS-signaler for instrumentflyging i sivilkontrollert luftrom er på denne bakgrunnen en utfordring, og NATO-dokumentet ANP-4 anbefaler medlemslandene å iverksette sertifiseringsrutiner for å imøtekomme disse utfordringene.

Forsvarets plattformer må kunne navigere uavhengig av vær, sikt, lys og mørke. Militært plattformer har i all hovedsak de samme systemene som sammenlignbare sivile, som GPS, radar og navigasjonssystemer, men har i tillegg tilgang på militære GPS-signaler og er øvd i navigasjon uten tilgang til GNSS. Det betyr at utviklingen og utbyggingen av nye systemer, som EUs Galileo-system, er like relevant for militære plattformer som sivile.

Forsvaret har en uttalt ambisjon om å utvikle seg mot en større grad av nettverksbasering. I et slikt perspektiv er sikker tilgang til PNT svært viktig. Det er viktig for Forsvaret, både for å redusere PNT-sårbarhet og tilrettelegge for samvirke med andre europeiske lands styrker, at Galileo tas i bruk og at Forsvaret får tilgang til systemets krypterte tjeneste (PRS) på samme måte som den krypterte tjenesten i GPS (PPS).

### 4.6.1 Systemkrav

Det er viktig for Forsvarets operasjoner at satellittbaserte PNT-systemer som brukes i NATOs militære operasjoner, må ha global dekning, være tilgjengelige for NATOs militære brukere og være så motstandsdyktige som mulig mot forstyrrelser.

For Forsvaret er det viktig at satellittbasert PNT kan fylle følgende krav:

- Global dekning
- Brukerutstyret er enkelt å drifte
- Størrelse, vekt og holdbarhet er tilpasset taktiske behov
- Antall samtidig brukere ubegrenset
- Raskt kunne finne posisjon, høyde og hastighet
- Brukertilgang til signal-in-space og systemets nøyaktighet bør være det høyeste systemet kan tilby og lik for alle NATO-brukere
- Tilgjengelig så nær 100 prosent som mulig
- Frekvensbåndet balansert mellom sivile og militære behov

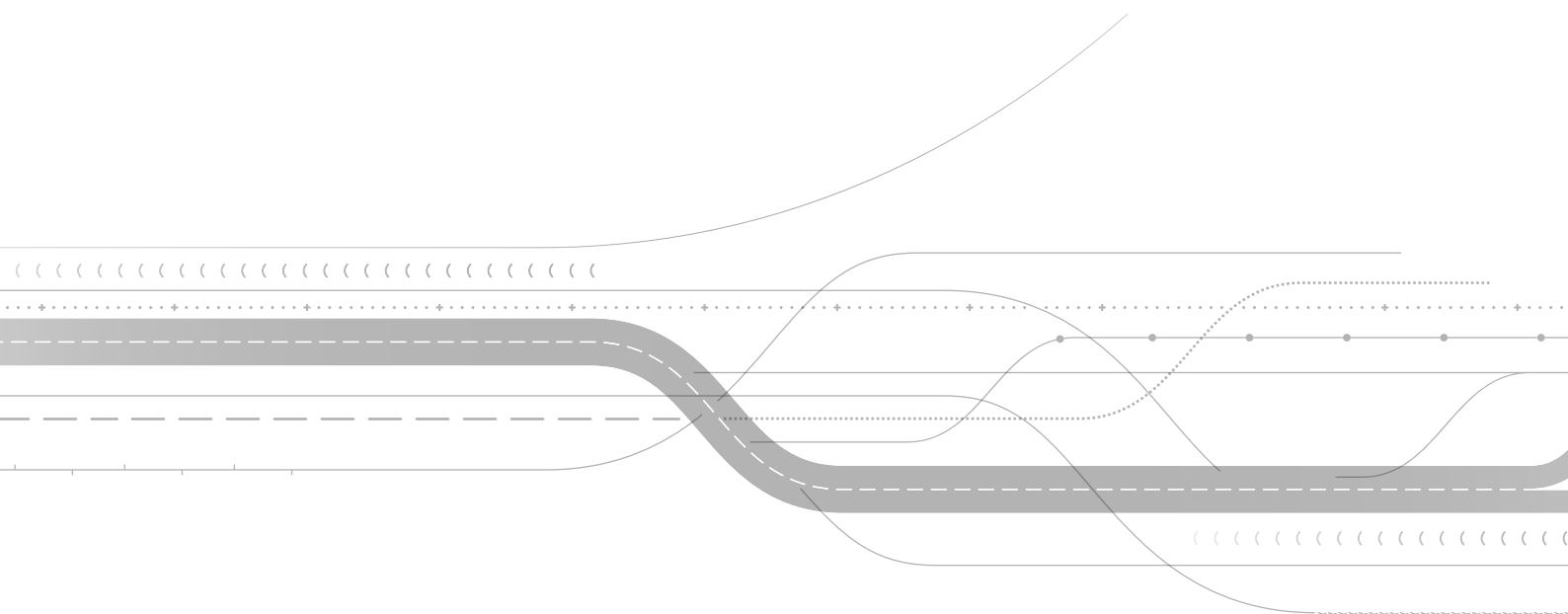
- Utstyrt med tilstrekkelig fysisk beskyttelse og redundans i tilfelle angrep eller sabotasje
- Tjenesten må være så motstandsdyktig og beskyttet som praktisk mulig mot forstyrrelser, jamming, villedning og manipulasjon. Det må tas hensyn til hele spekteret av trusler som kan være realistiske i tenkte scenarier
- Systemet skal oppfylle minimumskravene til sivil ytelse og standarder som ICAO SARP (Standards and recommended practises) eller IMO MOPS (minimum operational performance standards).

#### 4.6.2 Alternative kilder til PNT

Bruk av reelle alternative kilder til GNSS sikrer PNT i områder uten satellittdekning eller områder der brukere er utsatt for interferens. Slike reserveløsninger kan deles inn i aktive og passive systemer avhengig av om de krever utsendelse av radiosignaler eller ikke.

Militære enheter som er forventet å operere i krise og krig må ha en reell reserveløsning for PNT fra GNSS, og løsningene bør i størst mulig grad baseres på passive sensorer. Innenfor alternative navigasjonssystemer som treghetssystemer skjer det en stor teknologisk utvikling.

Utviklingen innenfor reserveløsninger skjer i noen grad innenfor sivil industri og det er viktig for Forsvaret å følge denne utviklingen. For å oppnå tilfredsstillende ytelse og redundans må fremtidige PNT-systemer inneha mulighet for optimal kombinasjon av flere sensorer.





# 5 Samfunnssikkerhet

---

Samfunnssikkerhet kan defineres som samfunnets evne til å verne seg mot og håndtere hendelser som truer grunnleggende verdier og funksjoner og setter liv og helse i fare. Slike hendelser kan være utløst av naturen, være et utslag av tekniske eller menneskelige feil eller bevisste handlinger (Meld. St. 10 (2016-2017)). I et slikt perspektiv er sikring av samfunnets tilgang til GNSS- og andre PNT-tjenester, samt evnen til å kunne håndtere en eventuell svikt i slike tjenester, svært viktig.

Både tilbydersiden og brukersiden av GNSS og andre PNT-tjenester har et ansvar knyttet til sikkerhet og beredskap. Tilbydernes hovedansvar er å sikre robusthet og pålitelighet i tjenesteleveransen. Dette innebærer at de må være kjent med trusler og farer som kan påvirke tjenestene negativt, og iverksette tiltak enten for å unngå at hendelser inntreffer eller for å redusere konsekvenser.

De fleste brukerne av GNSS og PNT-tjenester har i mindre grad mulighet til å påvirke leveransene. Mange brukere har likevel et selvstendig ansvar for egne tjenesteleveranser, enten dette er transporttjenester eller nød- og redningstjenester. Det påhviler derfor brukerne et selvstendig ansvar for å vurdere hvorvidt og i hvilken grad deres egne tjenester er avhengige av GNSS og PNT. Alle brukere av PNT-tjenester bør som et minimum:

1. Identifisere hvilke av deres tjenester og funksjoner som er avhengige av GNSS
2. Vurdere hvor sårbare tjenestene og funksjonene er for forstyrrelser eller bortfall av GNSS, herunder hvor store konsekvensene blir ved svikt og hvor raskt konsekvensene inntreffer
3. Vurdere tiltak som bidrar til å redusere sårbarhet og konsekvenser for egne tjenester

## 5.1 Svikt i PNT-systemer

Svikt i PNT-systemene kan skyldes både tilsiktede og utilsiktede handlinger, naturfenomener, tekniske feil og menneskelig svikt. Feil og svikt kan ramme både satellitter, radiosignaler, bakkebaserte installasjoner og brukernes mottakere.

### 5.1.1 Forstyrrelser eller tap av GNSS-signaler

#### *Interferens*

Alle radiosystemer kan forstyrres, også GNSS. Signalene fra navigasjonssatellitter er svake, og de kan forstyrres med relativt enkle midler. Forstyrrelsene av satellittsignaler ved radiointerferens kan enten være utilsiktet eller tilsiktet.

Utilsiktet interferens inntreffer når signaler fra andre radiokilder forstyrrer eller blokkerer mottak av satellittsignalene. Tilsiktet interferens innebærer at det bevisst sendes ut radiosignaler som har til hensikt å ødelegge for anvendelsen av et bestemt system. Dette kan være støysending (jamming), utsendelse av falske signaler (spoofing) eller retransmisjon av et forsinket signal (meaconing). Tilsiktet interferens av PNT-systemer er forbudt iht. ekom-loven. Tilsiktet interferens kan brukes som ledd i elektronisk krigføring og sabotasje av samfunnskritiske funksjoner. Det fins eksempler på slik bruk av både jamming og spoofing.

### *Skjerming og satellittgeometri*

GNSS-signaler ligger høyt i frekvensspekteret, og er derfor avhengig av fri sikt mellom satellitt og mottaker. Fysiske hindre som terreng og bygninger kan skjerme for signalene. Satellittgeometrien, satellittenes innbyrdes posisjon på himmelen sett fra mottakeren, påvirker posisjonsbestemmelsens nøyaktighet. På grunn av Norges nordlige plassering, vil GNSS-satellittene stå lavere på himmelen enn lenger sør i Europa. I Norge er vi derfor mer utsatt for signalskjerming fra terreng, høye bygg og tunneller, samt demping av signalet på grunn av lenger signalvei gjennom atmosfæren.

### *Romvær*

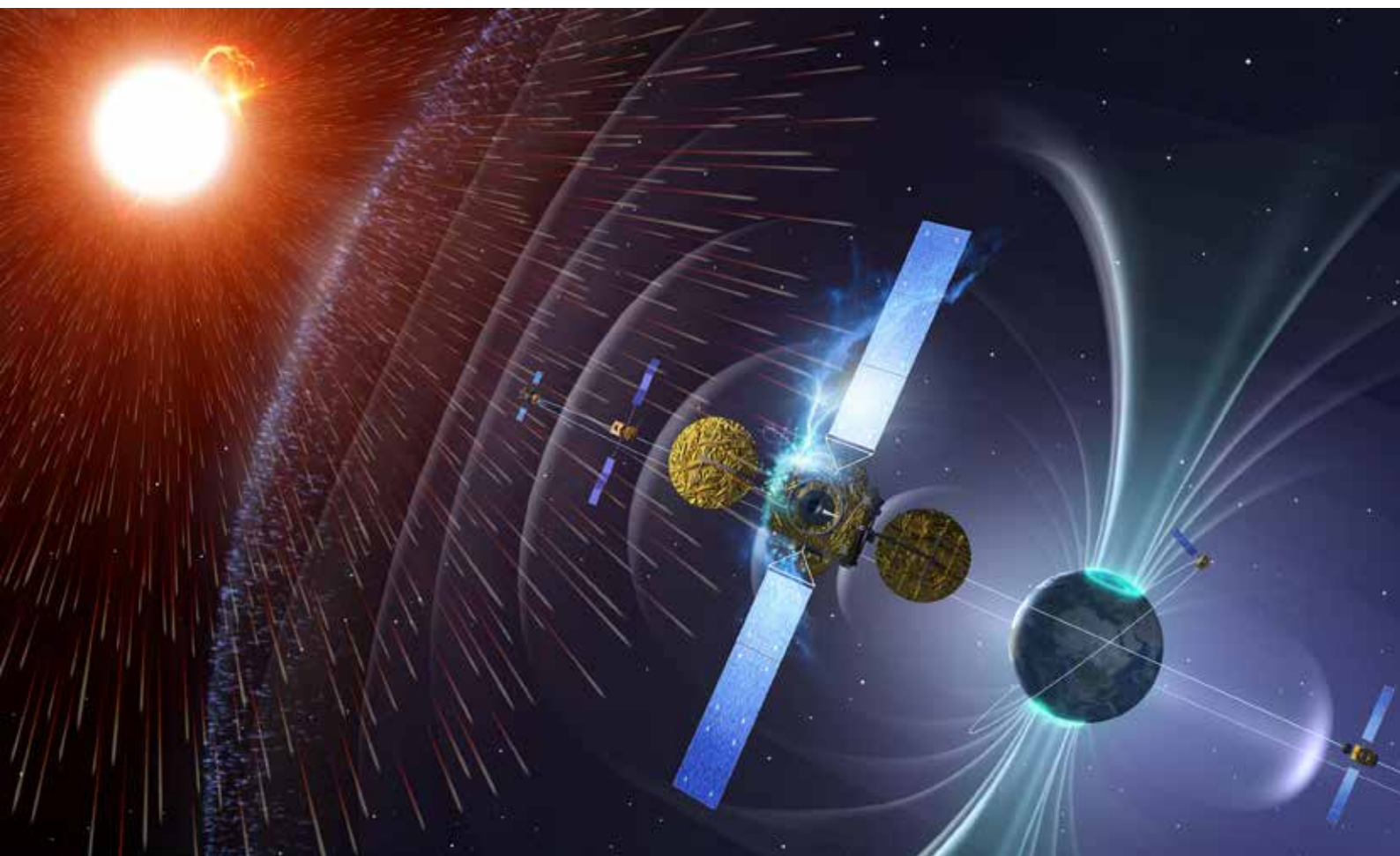
Romvær er et begrep som dekker en rekke prosesser i jordens nære verdensrom. Felles for disse er at de alle er knyttet til solaktivitet, og at de kan innvirke på en rekke teknologiske systemer som er av vital interesse i en moderne samfunnsstruktur. Romvær kan påvirke GNSS-satellittene fysisk og gjøre skade. Romværet kan også påvirke radiosignalene slik at nøyaktigheten i avstandsmålingene forringes.

Det er vanskelig å si noe om sannsynligheten for når romvær vil skape problemer for PNT-systemene. Ved å følge med på solaktiviteten og effektene dette gir i atmosfæren, kan man vurdere om det er sannsynlig at signalproblemer vil oppstå for GNSS-brukere.

Lav elevasjonsvinkel på høye breddegrader gjør at signalene har en lengre vei gjennom ionosfæren enn ved ekvator. Ionosfærisk forsinkelse av signaler gir redusert nøyaktighet i posisjonsbestemmelse ved bruk av en-frekvente mottakere. To-frekvente mottakere eliminerer den ionosfæriske forsinkelsen og gir mer nøyaktig posisjonsbestemmelse

Scintillasjon (raske variasjoner) i ionosfæren er et fenomen som oppstår i kjølvannet av sterk solaktivitet. Dette vil påvirke GNSS-signalet.

Romvær. Illustrasjon: P. Carril/ESA





### *Romskrot*

Menneskeskapt forsøpling av verdensrommet kan på lengere sikt utgjøre en potensiell trussel mot GNSS-satellitter. Romskrot utgjøres hovedsakelig av utrangerte satellitter, utbrente deler av bæreraketter og fragmenter etter ødelagte objekter.

Mesteparten av romskrotet befinner seg i lave satellittbaner (LEO) og er følgelig ikke en trussel for GNSS-satellittene som befinner seg lenger ut. Det finnes likevel fragmenter i baner som kan skade satellittene. Kollisjon med et fragment i størrelsesorden én til ti centimeter kan sette en satellitt ut av drift.

### *Feilbruk*

Den viktigste årsaken til sårbarhet er trolig menneskelige feil, gjennom feilbruk, ufor-siktighet, mangelfull opplæring, brudd på rutiner eller mangelfull innsikt i satellittnavigasjonsteknologi. Det finnes eksempler på at skip har grunnstøtt grunnet en kombinasjon av fysisk skadet GNSS-utstyr ombord og manglende opplæring i supplerende navigasjonsteknologi.

### *Feil i GNSS systeminfrastruktur*

Det kan oppstå teknisk feil i satellittene som påvirker signalet som sendes ut. Ved hjelp av bakkeselementet overvåkes satellittenes signaler og baner kontinuerlig, og feil varsles og korrigeres. I tillegg oppdateres satellittenes atomur jevnlig, slik at disse er synkronisert med hverandre og UTC.

Bakkeselementet er derfor avgjørende for å kontinuerlig følge med på satellittenes status og signaler, slik at korreksjoner kan gjøres når det måtte være nødvendig. For å forebygge at teknisk svikt i bakkeselementet fører til feilsituasjoner, er det bygget inn en stor grad av redundans i funksjonaliteten. Sannsynligheten for at teknisk svikt i bakkeselementet skal påvirke signalleveransen fra en hel satellittkonstellasjon ansees derfor for å være svært lav.

Driftsorganisasjonens prosedyrer og kvalitetssystem er også viktig. Operatørfeil, slik som for eksempel opplasting av feilaktige data til GNSS-satellittene, kan ikke utelukkes.

Satellittbaserte navigasjonssystemer som GPS og Galileo har til enhver tid flere fungerende satellitter oppe enn det systemet trenger for å fungere. Disse kalles operative reserver og skal sørge for at en eventuell svikt i en av satellittene ikke skal redusere systemets ytelse. Satellittene har begrenset teknisk levetid, men det skytes opp nye ved behov.

Man kan ikke utelukke at en satellitt feiler, men på grunn av kontinuerlig overvåking fra driftsoperatøren vil en satellitt med feil bli satt på listen over satellitter som ikke skal brukes så snart feilen oppdages. Dette legges inn i satellittens radiosignal slik at mottakeren vet at satellitten ikke skal brukes. Ved en eventuell uopprettelig feil vil satellitten bli meldt ut av konstellasjonen. Det er mulig at en satellitt kan sende ut feilaktig signal en kort periode før det fanges opp av bakkeselementet og korreksjoner er utført. Sannsynligheten for at en hel satellittkonstellasjon skal svikte slik at systemet går av lufta over lengre tid ansees imidlertid som forsvinnende liten. GPS har vært operativt i over 20 år uten at det har skjedd.

## **5.1.2 Fysisk sårbarhet for bakkeinstallasjoner**

Alle PNT-systemer, uansett om de er satellittbaserte eller bakkebaserte, og uansett hvilke frekvensbånd de bruker, er avhengige av fysisk infrastruktur på bakken.

Disse installasjonene er kritiske for systemets funksjonalitet samtidig som de kan være sårbare for bevisste fysiske ødeleggelse. Det samme gjelder for luftfartens bakkebaserte systemer, sjøfartens AIS-basestasjoner og DGPS-sendere, basestasjoner i mobilnett, radiolinjer i telenettet, TV-kringkasting og WAM/ADS-B-mottakere.

Fysisk infrastruktur vil også kunne være sårbar for effektene av ekstremvær. Lynnedslag, kraftig vind og regn kan ødelegge både installasjonen og grunnen den står på. Ekstremvær kan ødelegge adkomstveier slik at vedlikeholdspersonell ikke kommer frem til installasjonen.

I et samfunnssikkerhetsperspektiv kan for eksempel bevisste fysiske ødeleggelse, i den hensikt å ødelegge en PNT-tjeneste eller en samfunnsfunksjon, være et ledd i å redusere samfunnets evne til å reagere koordinert mot et militært angrep.

På norsk område finnes det både installasjoner som er en del av Galileo bakkesegment, og installasjoner som er en del av EGNOS bakkesegment. Bakkeinstallasjonene for Galileo beskyttes som samfunns viktig infrastruktur. Beskyttelsestiltak koordineres av Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) sammen med andre norske myndigheter.

Sikkerhetsloven med forskrift om objektsikkerhet samt klassifiseringsforskriften til Nkom fastsetter krav om utpeking av anlegg som skjermingsverdige og gjennomføring av sikringstiltak for å beskytte samfunnskritisk infrastruktur.

### **5.1.3 IKT-sikkerhet**

IKT-sikkerhet omfatter både tekniske og administrative sikringstiltak, og innebærer beskyttelse av både IKT-systemer og informasjonen i disse. IKT-sikkerhet handler derfor om beskyttelse av «alt» som er sårbart fordi det er koblet til, eller på annen måte avhengig av, informasjons- og kommunikasjonsteknologi (jf. Meld. St. 10 (2016-2017) og Meld. St. 38 (2016-2017)).

I rapporten Risiko 2017 påpeker NSM at både statlige og ikke-statlige grupperinger utgjør en digital trussel mot Norge. NSM vurderer cyberangrep fra fremmede stater som den høyeste IKT-risikoen for offentlig forvaltning og for virksomheter som forvalter kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner.

Innenfor PNT er IKT-sikkerhet av stor betydning. Installasjoner for sending og mottak av signaler er ofte spredt over store geografiske områder og drift/overvåking skjer over datanettverk. Systemdrift foregår fra et sentralisert kontrollcenter. Svikt i datanettverket som brukes i drift og overvåking kan føre til svikt i GNSS-tjenestene.

Virksomhetene har et selvstendig ansvar for å identifisere egne verdier og sårbarheter, gjennomføre nødvendige risikovurderinger og etablere en tilstrekkelig robusthet til å kunne håndtere digitale angrep. Det nasjonale cybersikkerhetssenteret, NorCERT (Norwegian Computer Emergency Response Team), ved NSM er ansvarlig for å koordinere håndteringen av alvorlige digitale angrep mot samfunnskritiske infrastrukturer eller andre viktige samfunnsfunksjoner. Nkom etablerte 1. juli 2017 et eget responsmiljø for ekomsektoren – EkomCERT.

## 5.2 Samfunnets sårbarhet for svikt i PNT-systemer

I løpet av relativt få år har det norske samfunnet utviklet seg fra å være et samfunn der arbeidsoppgaver, kommunikasjon og dokumentasjon skjer manuelt, til et IKT-samfunn der både arbeidsdag og fritid preges av mikroprosessor-drevne maskiner koblet sammen i trådløse digitalt nett, internett og skyløsninger – et digitalt samfunn.

En rekke kritiske samfunnsfunksjoner er i dag avhengige av PNT-systemer (særlig GNSS), og funksjonene er sårbare for svikt i disse systemene. Alt tyder på at denne utviklingen vil fortsette. En alvorlig svikt i PNT-systemene vil forplante seg til andre deler av samfunnet, og kan gi problemer med å opprettholde tjenester som befolkningen er avhengig av.

I Nasjonalt Risikobilde 2014 presenterer Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) resultater fra risikoanalyser som er gjort av et utvalg uønskede hendelser med negative konsekvenser for samfunnet. Et av scenarioene som ble analysert var en 100-års solstorm med påfølgende problemer og avvik i radiokommunikasjon og i GNSS-tjenester. DSB vurderer at svikt i PNT-tjenester potensielt vil kunne føre til økonomiske tap, usikkerhet i befolkningen og fare for liv og helse i gitte situasjoner. For eksempel kan forstyrrelser i GNSS-signaler resultere i redusert operativ evne og punktlighet i sivil luftfart og maritim sektor. I verste fall vil risikoen for ulykker øke. Dersom andre uønskede hendelser skulle inntreffe samtidig som svikt i GNSS, kan nødetatene få store problemer med å samordne seg og håndtere disse.

DSBs analyse eksemplifiserer den sterke koblingen mellom robuste PNT-tjenester og samfunnssikkerhet. PNT-tjenester, herunder GNSS, betraktes derfor som kritisk infrastruktur (jf. Meld. St. 10 (2016-2017), NOU 2015:13, DSBs rapport Samfunnskritiske funksjoner, 2016). Kritisk infrastruktur er her definert som anlegg og systemer som er nødvendige for å opprettholde eller gjenopprette samfunnets kritiske funksjoner.

Graden av konsekvenser for konkrete samfunnsfunksjoner ved bortfall av PNT-tjenester henger sammen med i hvilken grad samfunnsfunksjonene er avhengig av tjenestene. I NOU 2015:13 er det utarbeidet en oversikt som sammenstiller kritiske samfunnsfunksjoner med avhengighet av satellittbaserte tjenester. Med utgangspunkt i denne tabellen er det utarbeidet en oversikt over kritiske samfunnsfunksjoner som bruker og er avhengig av PNT-tjenester, og som vil bli negativt påvirket ved svikt i tjenestene.

**Tabell 5.1 Kritiske samfunnsfunksjoner med avhengighet av PNT-tjenester**

Samfunnsfunksjon	P	N	T	Merknad
Opprettholde trygghet for liv og helse	x	x	x	Nødnett, SAR, SBAS/GBAS, ECDIS, satellittkommunikasjon
Opprettholde lov og orden	x	x	x	Politiet
Opprettholde finansiell stabilitet			x	Tidsstempling av transaksjoner
Opprettholde befolkningens behov for varme			x	Nøyaktig tid er sentralt for styring av kraftnett
Ivareta styring og kriseledelse	x	x	x	PNT sammen med jordobservasjon og satellittkommunikasjon
Ivareta nasjonal sikkerhet	x	x	x	Militære operasjoner, suverenitetshevdelse, havovervåkning
Beskyttelse av natur og miljø	x	x	x	Riktig navigasjon for å unngå havari, oljesøl
Vare- og persontransport	x	x	x	Luftfart, sjøfart, veitransport, jernbane
Elforsyning			x	Styring av kraftnett
Meteorologiske tjenester	x	x	x	Avhengig av jordobservasjoner og navigasjonssatellitter
Olje og gass	x	x	x	Dynamisk posisjonering
Elektronisk kommunikasjon			x	Tidssynkronisering

Tabellen viser at mange tjenester og samfunnsfunksjoner er avhengig av PNT-tjenester, og særlig av GNSS. Disse funksjonene ligger imidlertid under ulike departementer og etaters ansvarsområder, og mange ulike sektorer og kritiske samfunnsfunksjoner har gjort seg avhengig av systemer de ikke selv har innvirkning på tilgangen til. Dette innebærer en sårbarhet som det er viktig å erkjenne og håndtere.

Sårbarheten er størst for funksjoner og tjenester som i stor grad er avhengige av PNT-systemer, som raskt påvirkes ved svikt i slike systemer og som mangler reserveløsninger eller systemalternativer. Dersom PNT-systemene svikter, enten ved at de blir utilgjengelige eller er misvisende, vil de tjenestene og funksjonene som benytter seg av PNT påvirkes negativt.

### 5.2.1 Sjøtransport

Innenfor maritim sektor er flere bakkebaserte PNT-systemer tatt ut av bruk. I stedet brukes GNSS, radar og visuell observasjon i kombinasjon med elektroniske kart. Det bakkebaserte støttesystemet for GNSS for kystnære farvann, (IALA-DGPS) er etablert i norske farvann, og det satellittbaserte støttesystemet, EGNOS, blir tatt i bruk i større og større grad. Svikt i de satellittbaserte navigasjonssystemene vurderes ikke som kritisk, da posisjonsbestemmelse og navigasjon kan gjennomføres ved hjelp av radar, kart og visuelle observasjoner. Til havs vil imidlertid posisjonsbestemmelse og navigasjon bli mindre presis uten bruk av GNSS. Oversikten over annen trafikk i farvannet vil også reduseres pga. bortfall av AIS. Fortsatt sikker navigasjon forutsetter at navigatørene er øvd i navigasjon uten GNSS, og at navigasjonssystemene er testet for bortfall av GNSS.

Kommunikasjonssystemene er ikke avhengig av nøyaktig tid, men systemene for antikkollisjon og trafikkovervåking, AIS og LRIT, er avhengig av posisjon og tid fra GPS.

### 5.2.2 Luftfart

Innenfor luftfart skjer det en overgang fra bakkebasert PNT til satellittbasert PNT. Dette skyldes både teknologisk utvikling og ICAOs krav om innføring av ytelsesbasert navigasjon. Bruk av GNSS og ytelsesbasert navigasjon gir bedre utnyttelse av luftrommet og bidrar til en mer effektiv og miljøvennlig luftfart. Samtidig er det et potensielt sikkerhets- og sårbarhetsaspekt ved den store GNSS-avhengigheten. Anvendelse av satellittbaserte støttesystemer i Norge er ekstra utfordrende på grunn av geostasjonære satellitters reduserte signalstyrke ved høye breddegrader.

I tillegg til GNSS for posisjonsbestemmelse om bord i fly, er luftromsovervåking i økende grad basert på GNSS som kilde til posisjon og tidsynkronisering. Luftromsovervåkingen var tidligere basert på bruk av radarer som ikke er avhengig av klokkesignal fra GNSS. I dag er flere av de gamle radarene byttet ut med GNSS-baserte systemer for luftromsovervåking (WAM og ADS-B). ADS-B må ha GNSS for å fungere, og WAM vil uten GNSS tilgjengelig trolig få problemer i løpet av en halv time.

Luftfartstilsynet arbeider med en norsk navigasjonsstrategi for luftfarten. Gjennomføringsforordning (EU) 2018/1048 om krav til utnyttelsen av luftrommet og operasjonelle prosedyrer for ytelsesbasert navigasjon (PBN) forventes gjort gjeldende også for Norge og krever en egen plan for overgangen til ytelsesbasert navigering (en utfasingsplan).

Selv om bakkebaserte systemer i stor grad vil bli utfaset i årene som kommer, vil en del installasjoner bli stående igjen for å utgjøre reserveløsninger til GNSS. I den nasjonale planen om ytelsesbaserte navigasjon (PBN Implementation Plan) er radar reserveløsning dersom GNSS faller ut og det ikke er bakkebaserte systemer tilgjengelig. I ytterste konsekvens, dersom GNSS faller ut og det hverken er bakkebaserte systemer eller radarer tilgjengelig som muliggjør navigering (vektorering), kan det bli nødvendig å stenge kontrollert luftrom.

### 5.2.3 Landanvendelser

Ulike PNT-systemer benyttes i dag en rekke landbaserte sektorer. Innenfor landbasert transport er bruken og avhengigheten av PNT-systemene økende, det samme gjelder for tjenester innenfor blant annet landmåling, bygg og anlegg og landbruk. Det er imidlertid stor variasjon i sårbarhet mellom de ulike sektorene. For eksempel vil et utfall av tjenester knyttet til posisjonsbestemmelse med GNSS være mye mer kritisk for styringssystemer i jernbanesektoren enn for styring av gravemaskiner på et anleggsområde.

Nødetatene er helt avhengige av PNT. Ved en eventuell krisehendelse på land kan bortfall av PNT-tjenester derfor få store konsekvenser for nødetatenes styring og kriseledelse. I mange situasjoner vil det for eksempel være helt avgjørende å vite den nøyaktige posisjonen til de ulike aktørene for å sikre god samordning og håndtering av hendelsen.

Videre vil den forventede utviklingen innenfor selvkjørende biler og samvirkende ITS (C-ITS) føre til sårbarheter ved bortfall av PNT-tjenester. Denne utviklingen vil kreve en kontinuerlig datakommunikasjon som er rask og kapasitetssterk gjennom hele transport-systemet. GNSS vil her være verktøyet for nøyaktig posisjonsbestemmelse samt kilde til nøyaktig tid for å synkronisere alle digitale løsninger som er nødvendig.

### 5.2.4 Nøyaktig tid og frekvens

Satellittene i GNSS har atomklokker og utgjør lett tilgjengelige og gratis kilder for svært nøyaktig tid og frekvens. GNSS-signaler brukes derfor til tidsstempling av transaksjoner

og hendelser og synkronisering av digitale systemer, blant annet innenfor bank og finans, elektronisk kommunikasjon (ekom) og kraftforsyning. Her er det varierende kunnskap blant brukerne om i hvilken grad deres egne løsninger er avhengig av GNSS-tid. Det er stor variasjon i hvor lenge ulike systemer kan holdes operative hvis GNSS-signalet svikter. Flere aktører bruker atomklokker i tillegg til GNSS for å øke robustheten. Det finnes i dag ingen nasjonal tjeneste for distribusjon av nøyaktig tid i Norge.

#### *Elektronisk kommunikasjon*

Mange tjenester er avhengig av dataoverføring, enten trådløst eller gjennom digitale nett. I ekomnettene brukes hovedsakelig GPS til tidssynkronisering. De større netteierne har egne nettklokker for synkronisering som kan klare seg uten GNSS i opp mot 30 dager. Nettverksteknologien som er mest avhengig av klokkesynkronisering (SDH) blir stadig mindre utbredt. Nkoms vurdering er at bortfall av satellittbasert PNT som gir tid/takt ikke vil ha umiddelbare alvorlige konsekvenser for ekomtjenester, men at langvarig svikt, typisk rundt 30 dager, kan føre til redusert ytelse i kritiske tjenester.

#### **5.2.5 Militære anvendelser**

Forsvarssektorens tilnærming til romvirksomhet er basert på tre overordnede prinsipper; robusthet, sikkerhet, og fleksibilitet. Dette innebærer utnyttelse av både sivile og militære systemer, samarbeid både nasjonalt og internasjonalt, og målrettet nasjonal og internasjonal forskning for å imøtekomme operative krav.

Luftforsvaret opplever regulatoriske utfordringer knyttet til bruk av militære GPS-signaler i sivil luftrom fordi det som utvikles av felleseuropeiske strukturer og regelverk er basert på PBN (ytelsesbasert navigasjon) med sivil GPS. Forsvarssektoren bør i samråd med sivile luftfartsmyndigheter iverksette sertifiseringsrutiner for å imøtekomme disse utfordringene.

Redusert tilgang til satellittbasert PNT vil kunne gi utfordringer for Forsvaret blant annet relatert til våpenlevering, tidssynkronisering, dokumentasjon av grensekrenkelser, redusert oversikt over maritime aktivitet og at mannskapene har liten trening i å operere uten GNSS. Det må jobbes videre med å sikre at satellittbaserte PNT-systemer kan utnyttes nå og i fremtiden med standardiserte mottakere med evne til å utnytte flere systemer (multikonstellasjonsmottakere/-antenner).

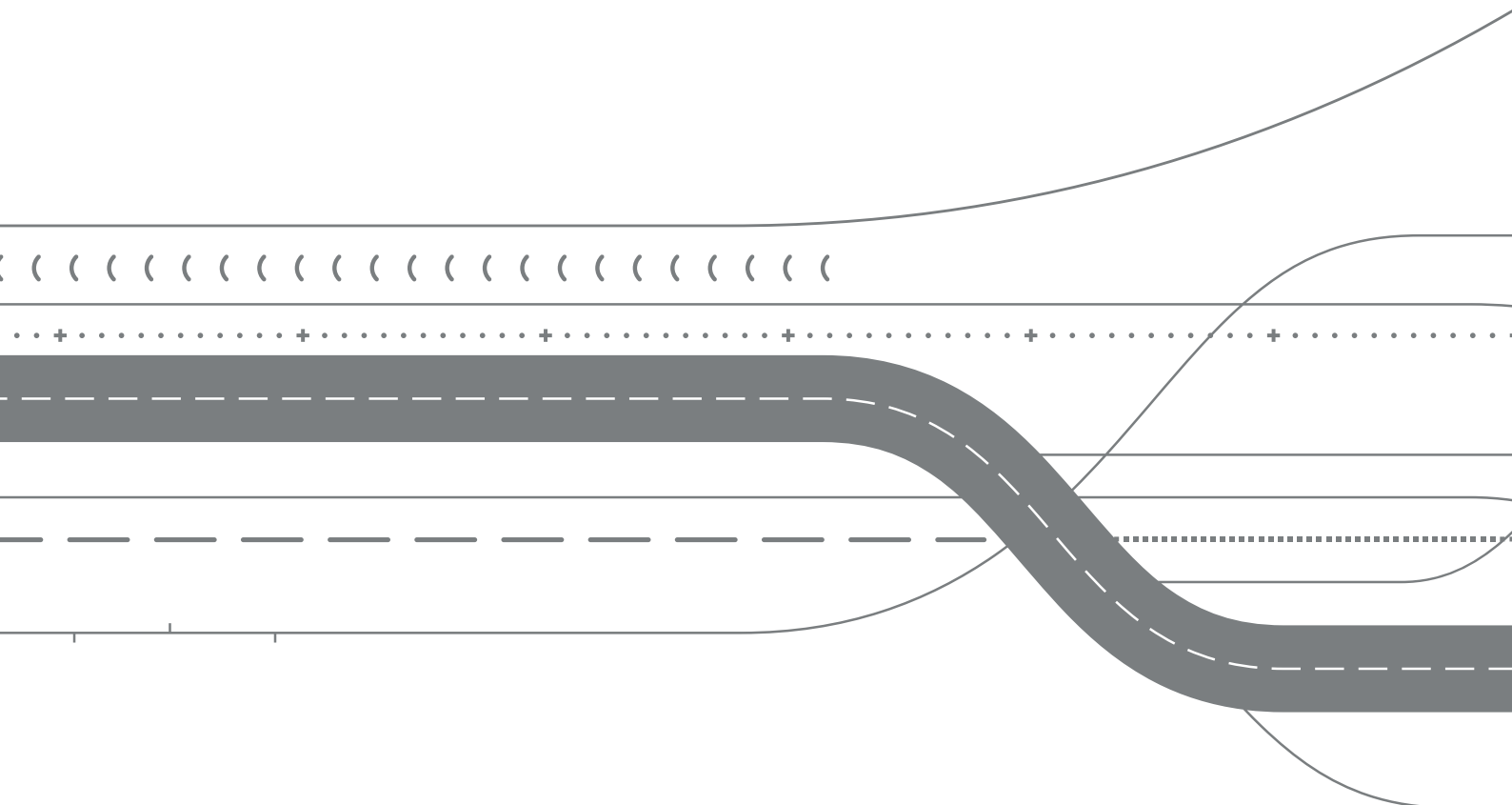


## 6 Avslutning

---

PNT-systemer brukes på en rekke samfunnsområder, og de danner grunnlag for en mengde tjenester og funksjoner.

Samtidig som vi skal fortsette å nyttiggjøre oss av PNT-systemene og utnytte nye muligheter som systemene gir, skal denne strategien styrke samfunnssikkerheten. Dette gjør vi ved å bidra til å øke bevisstheten om samfunnets sårbarhet for svikt i PNT-systemer, og bidra til å redusere sårbarheten gjennom forebyggende tiltak og beredskap. For å oppnå dette har nå regjeringen presentert en handlingsplan og tiltakene i planen vil bli fulgt opp av ansvarlige sektormyndigheter.



# Vedlegg 1 - Systemoversikt

Dette vedlegget gir en kortfattet oversikt over de mest aktuelle rombaserte og bakkebaserte PNT-systemene. For en del av systemene er det angitt linker til mer informasjon. Siste side i vedlegget er en oversikt over forventet ut-/innfasing av systemer fra "Scoping Study on the Radio Navigation Services in Europe" utarbeidet av EUs Joint Research Centre i 2016.

## 1. Rombaserte systemer

### 1.1 NAVSTAR GPS

NAVSTAR GPS er et amerikansk, militært GNSS. Systemet var verdens første i sitt slag som gir tredimensjonal posisjon (breddegrad, lengdegrad, høyde) over hele verden, hele døgnet. Første satellitt ble skutt opp i 1978 og systemet ble erklært fullt operativt i 1995.

Prinsippet for systemet er at mottakeren på bakken regner ut hvor lang tid radiosignalet fra satellitten har brukt fra det ble sendt og til det når fram til mottakeren. Denne tiden multipliseres med signalets hastighet (lyshastigheten) slik at avstanden mellom satellitt og mottaker bestemmes. Når dette gjøres for minst fire satellitter samtidig vil mottakeren kunne beregne sin tredimensjonale posisjon (på geoiden iht. WGS-84). Dette prinsippet brukes også for GLONASS, BeiDou og Galileo.

Romsegmentet består av 24 satellitter i seks sirkulære MEO baneplan med 55 grader inklinasjon. Satellittenes omløpstid er tolv timer. I tillegg flys et antall satellitter som aktive reserver. Gjennom systemets levetid har det foregått en utvikling av satellittene slik at de nå finnes i ulike varianter (blocks). De nyeste er block IIF som ble skutt opp i perioden 2010-2016.

GPS gir to typer tjenester for posisjonsbestemmelse:

- SPS – Standard Positioning Service – som er en åpen, tilgjengelig tjeneste for posisjoneringer og nøyaktig tid på frekvens L1. Uten støttesystemer og videre behandling av målingene gir tjenesten en posisjonsnøyaktighet på fem-ti meter.
- PPS – Precise Positioning Service – som er en militær, kryptert, mer nøyaktig tjeneste på frekvens L1 og L2. Uten støttesystemer og videre behandling av målingene gir tjenesten en posisjonsnøyaktighet på to-ni meter.

GPS gir nøyaktig tid innenfor 40 nanosekund av UTC(USNO)

#### *Frekvensområde*

- L1 – 1575,42 MHz. C/A-kode (åpen), P/Y-kode (kryptert), M-kode
- L2 – 1227,6 MHz. P-kode, M-kode
- L2C – 1227,6 MHz. Sivil bruk
- L5 – 1176,56 MHz. Sivil bruk

#### *Anvendelse*

NAVSTAR GPS ble utviklet for å gi det amerikanske forsvaret et GNSS med global dekning og høy grad av nøyaktighet for 3D posisjon og tid. Det har over årene vært vist stor krea-

tivitet for hvordan systemet kan brukes til posisjonsbestemmelse sivilt. Det er et militært system, og USA tillater ikke andre land å delta i styring og videreutvikling av systemet.

#### *Videreutvikling*

USA startet en modernisering av systemet i 2005 med oppskyting av Block IIR-M som sender sivil kode på L2C og kryptert kode på L1 og L2. Ny frekvens L5 for sivil bruk er også innført f.o.m Block II-F.

Det er på trappene en omfattende oppgradering av bakkesegmentet og satellitter i Block III. Satellittene vil gi bedre nøyaktighet, bedre integritet, få SAR-kapasitet slik Galileo har og intersatellitt-funksjonalitet. Første block III satellitt forventes skutt opp i 2018.

#### *Lenker*

- For mer informasjon om systemet og dets ytelse, se offisiell nettside for GPS <http://www.gps.gov>
- Oversikt over varianter av satellitter som er i bruk <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- For mer informasjon om videreutvikling av GPS:
  - "GPS Modernization": <https://www.gps.gov/systems/gps/modernization/>
  - "GPS Future and Evolutions" [http://www.navipedia.net/index.php/GPS\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/GPS_Future_and_Evolutions)

## **1.2 GLONASS**

GLONASS (Globalnaja navigationnaja sputnikovaja sistema) er et russisk GNSS som er anerkjent av IMO som WWRNS. De første satellittene ble skutt opp i 1982. Etter Sovjetunionens oppløsning har Russland videreført systemet. Systemet ble erklært operativt i 1993 og alle 24 satellitter var på plass i 1995.

Systemet tilbyr to tjenester:

- Standard Precision Service (SPS) – som er en åpen, gratis tjeneste tilgjengelig for sivile brukere globalt. Tjenesten lå tidligere kun i L1, men på GLONASS-M og nyere satellitter også i L2
- High Precision Service (HPS) – som er en begrenset tjeneste for russiske myndigheter. To navigasjonssignaler er tilgjengelig i hver av L1 og L2.

Systemet oppgis å gi en nøyaktighet i posisjonsbestemmelse på fem-ti meter (95 prosent) for sivile brukere.

Romsegmentet består av 24 satellitter i tre sirkulære baneplan som er likt fordelt rundt jorden med 120 grader mellom ascending node. Satellittene er likt fordelt langs banen. Satellittene går i MEO-baner 19100 km, som er litt lavere enn GPS og Galileo. Inklinasjonen er oppgitt til 64,8 grader. Dette er nesten ti grader mer enn GPS og Galileo, noe som gir bedre dekning i nordområdene. Satellittene bruker 11 timer og 15 minutter på et omløp. De opprinnelige satellittene er tatt ut av drift. Nå brukes variantene GLONASS-M og -K.

#### *Frekvensområde*

GLONASS bruker frekvensdeling (FDMA) slik at hver satellitt sender navigasjonsmeldingen på hver sin frekvens. Frekvensene ligger innenfor disse båndene:

- L1-bånd: 1598,0625 – 1605,375 MHz
- L2-bånd: 1242,9375 – 1248,625 MHz

#### *Anvendelse*

GLONASS gir 3D-posisjon globalt og brukes til posisjonsbestemmelse og tidsbestemmelse.

#### *Videre utvikling*

Russiske myndigheter vil videreutvikle og modernisere systemet. Signalstrukturen vil bli endret slik at CDMA tas i bruk med nye GLONASS-K og -K2-satellitter. Dette vil gi enklere interoperabilitet med GPS og Galileo. FDMA beholdes likevel i tillegg. GLONASS-K2 vil ta i bruk et L3 frekvensbånd med senterfrekvens 1201 MHz.

#### *Lenker*

- For mer informasjon om systemet:
  - GLONASS hjemmeside: <https://www.glonass-iac.ru/en/>
  - GLONASS på Navipedia: [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_General\\_Introduction](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_General_Introduction)
- For mer om GLONASS ytelse: [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Performances](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Performances).
- For mer informasjon om videreutvikling av GLONASS: [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions)

### **1.3 BEIDOU**

BeiDou er et kinesisk GNSS som ble anerkjent som WWRNS i november 2014. Systemet har blitt bygget ut i to faser:

*BeiDou 1.* Et regionalt eksperimentelt satellittnavigasjonssystem for Øst-Asia bestående av fire stk. geostasjonære satellitter. Satellittene ble bygget med utgangspunkt i kinesiske DFH-3 kommunikasjonssatellitter. Første satellitt ble skutt opp i 2000 og det ble etter hvert oppnådd posisjonsnøyaktighet på bedre enn 100 meter.

*BeiDou 2.* Et globalt satellittnavigasjonssystem. Kalles også COMPASS eller BDS (BeiDou Navigation Satellite System). Systemet er under utbygging og planlegges ferdigstilt i 2020. Det ble erklært delvis operativt (initial services) over Øst-Asia i 2011 med ti satellitter.

Ferdig utbygget består romsegmentet av 35 satellitter. Av disse er fem GEO som er plassert på 58,78°E, 80°E, 110,5°E, 140°E og 160°E. Av de øvrige satellittene er 27 i MEO-baner ca. 21 500 km ute med inklinasjon 55°. De tre siste går i hver sin IGSO-bane i samme høyde som GEO-satellittene og med inklinasjon 55°.

Pr. september 2018 flyr 33 satellitter som enten er operative eller under kommisjonering.

Systemet har en åpen tjeneste og en beskyttet tjeneste for kinesiske myndigheter.

BeiDou-tid skal holdes innen for UTC med +/- 100 nanosekund.

#### *Frekvensområde*

- B1 - 1561,098 MHz
- B2 - 1207,140 MHz
- B3 - 1268,520 MHz

#### *Anvendelse*

BeiDou gir 3D-posisjon globalt og brukes til posisjonsbestemmelse og tidsbestemmelse.

#### Videre utvikling

Kina skal ferdigstille BeiDou-2 innen 2020 og da vil systemets åpne tjeneste bli tilgjengelig for sivile brukere globalt.

#### Lenker

- Mer om systemet og det ytelse:
  - Bei Dou hjemmeside: <http://en.beidou.gov.cn>
  - Beskrivelse av systemet på Navipedia: [http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou\\_General\\_Introduction](http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou_General_Introduction)
- Mer informasjon om videreutvikling av BeiDou: [http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou_Future_and_Evolutions)

### 1.4 GALILEO

Galileo er et europeisk GNSS som er utviklet av ESA og som eies og driftes av EU. Systemet ble anerkjent som WWRNS av IMO i mai 2016. Galileo er under utbygging og skal være fullt operativt i 2020. Norge er med i programmet og Norsk Romsenter ivaretar norsk deltakelse.

Galileos romsegment skal bestå av 30 satellitter. Det er skutt opp totalt 26 satellitter pr. september 2018. En viktig milepæl for prosjektet ble nådd 15. desember 2016 da "initial sevices" ble erklært. Systemet er under full sivil kontroll og EU har opprettet det europeiske GNSS-byrået (GSA) for å ivareta alle forhold ved systemet.

Galileo romsegment består av 24 satellitter med seks reserver likt fordelt på tre sirkulære MEO banepplan. Satellittenes høyde over bakken er 23 200 km. Satellittene er jevnt fordelt langs banen. Banepplanene har inklinasjon 56 grader og er jevnt fordelt rund jorda med 120 grader mellom ascendig node.

Galileo har et omfattende bakkesegment for å overvåke og korrigere satellittenes baner, funksjoner og radiosignaler. Dette styres fra to Galileo Control Centres i Oberpfaffenhofen i Tyskland og Fucino i Italia. Flere enheter i Galileo bakkesegment finnes på norsk område:

- Ground Sensor Station (GSS)
  - Svalbard
  - Jan Mayen
  - Troll (Antarktis)
- Uplink Station (ULS)
  - Svalbard

Galileo har følgende fire tjenester:

- Open Service (OS) – åpen og gratis tjeneste for posisjonsbestemmelse og nøyaktig tid som i tillegg inneholder en autentiseringstjeneste, Navigation Message Authentication.
- Commercial Service (CS) – tjeneste som utfyller OS ved å tilby større nøyaktighet (High Accuracy) samt autentisering. I januar 2018 besluttet EU at tjenesten High Accuracy skal være en gratis tjeneste slik som OS.
- Public Regulated Service (PRS) – kryptert tjeneste for offentlig autoriserte brukere
- Search and Rescue (SAR) – Europas bidrag til det internasjonalt samarbeidet COSPAS – SARSAT for satellittbasert deteksjon og posisjonsbestemmelse av signaler fra nødradiopeilesendere.

PRS er en kryptert tjeneste med et noe kraftigere signal ment for "government-authorized applications" slik som nødeter, toll, politi, osv. Tjenesten er reservert for EU-land, men det foregår forhandlinger mellom EU og Norge med hensikt å få norsk tilgang i løpet av 2018.

SAR-funksjonaliteten kan ta i mot signaler fra nødpeilesendere på 406 MHz og videresender til bakken på 1544,1 MHz. Dette utgjør MEOSAR-funksjonaliteten i COSPAS-SARSAT. Det er tre bakkestasjoner (MEOLUT) i Europa for dette formålet hvorav en ligger på Svalbard. Fra MEOLUT videresendes nødmeldingene til et kontrollsenter og derfra går det varsel til den hovedredningsentralen som har ansvar for området nødmeldingen er oppfattet. For Norges del er det hovedredningsentralen i Bodø som er mottaker av meldingene. SAR/Galileo omfatter i tillegg en "return link" som sender en melding tilbake til den utløste nødpeile-senderen som bekrefter at nødmeldingen er mottatt.

#### *Frekvensområde*

Systemet bruker CDMA slik som GPS og BeiDou og benytter disse frekvensene:

- E1 = 1575,42 MHz
- E5a = 1176,45 MHz
- E5b = 1207,14 MHz
- E6 = 1278,75 MHz

#### *Anvendelse*

Galileo gir 3D-posisjon globalt og brukes til posisjonsbestemmelse og tidsbestemmelse. Systemets SAR-funksjonalitet utgjør en del av MEOSAR i COSPAS-SARSAT.

#### *Videreutvikling*

Systemet er under utbygging og «initial services» forventes utvidet til «enhanced services» våren 2019. Etter gjeldende plan skal systemet være fullt operativt i 2020. Arbeidet med å planlegg neste generasjon av systemet er allerede i gang.

#### *Lenker*

- Mer om systemet, teknisk beskrivelse og ytelse på GSAs hjemmeside:  
<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/galileo-european-global-satellite-based-navigation-system>  
<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/system-status>
- Galileo Initial Services fact sheet:  
[https://www.gsa.europa.eu/system/files/documents/initial\\_services\\_factsheet.pdf](https://www.gsa.europa.eu/system/files/documents/initial_services_factsheet.pdf)
- Om Galileo på Navipedia:  
<http://www.navipedia.net/index.php/Category:GALILEO>
- EU-kommisjonens side med offisielle dokumenter relatert til programmet  
<http://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/documents/>

## **1.5 Iridium/STL**

Iridium er en amerikansk, privat aktør som tilbyr satellittelefoner med global dekning. Dette gjøres via Iridiums egen satellittkonstellasjon som utgjøres av 66 satellitter i lavbane (LEO) 780 km ute med inklinasjon 86,4 grader. Det er seks baneplaner med elleve satellitter i hvert plan.

Funksjonaliteten i Iridium tilbyr en form for tekstmelding. Denne funksjonaliteten utnyttes av virksomheten Satelles til å tilby tjenesten *Satelles Time and Location (STL)*. I stedet for en tekstmelding utnyttes kapasiteten til å sende data som en mottaker på bakken kan



bruke til å måle nøyaktig tid og frekvens og dermed beregne sin posisjon. Signalet sendes hvert 1,4 sekund.

#### Frekvensområde

- L-bånd, 1616 – 1626.5 MHz, mellom satellitt og bruker
- Ka-bånd, 29,1 – 29,3 GHz, mellom gateway og satellitt uplink
- K-bånd, 19,1 – 19,6 GHz, mellom satellitt og gateway downlink

Mottatt signalstyrke er ca. 30 dB (1000 ganger) sterkere enn mottatt GNSS-signal. STL vil derfor trenge lenger inn i bygninger enn GNSS og kunne være mer motstandsdyktig mot jamming. I tillegg er signalet kryptert slik at det vil kunne være mer motstandsdyktig mot spoofing enn åpne tjenester.

Nøyaktigheten på posisjonsbestemmelse opplyses å være bedre enn 20 meter og nøyaktig tid vil holdes innenfor +/- 1 mikrosekund relatert til UTC (USNO). Satelles markedsfører tjenesten som et globalt, kryptert og robust alternativ til GNSS. Dette er ikke en åpen, gratis tjeneste slik GNSS er. STL er en betalingstjeneste som krever abonnement og en egen mottaker.

#### Lenker

- Iridiums nettside:  
<https://www.iridium.com>
- Satelles nettside:  
<http://www.satellesinc.com/>
- Spectracoms nettside:  
<https://spectracom.com/resources/essential-education/what-is-stl>

## 2. GNSS Støttesystemer

Dette er systemer som mottar signalene fra GNSS-satellittene og på bakgrunn av det beregner korreksjoner som gir økt nøyaktighet i posisjonsbestemmelsen, og/eller bidrar til å øke integriteten utover det GNSS selv kan gi. Omtalen av støttesystemer her er avgrenset til ikke-kommersielle systemer som overfører data i sanntid til brukeren.

### 2.1 SBAS (EGNOS)

EGNOS – European GNSS Overlay Service – er et av flere<sup>1</sup> regionale SBAS (Satellite Based Augmentation System). EGNOS er et europeisk satellittbasert støttesystem for GPS, C/A-kode på L1-frekvensen. Systemet er primært utviklet for å være en støtte til luftfart og oppfyller luftfartens internasjonale krav (ICAO-krav) til nøyaktighet og integritet for SBAS. Systemet er utviklet av den europeiske romfartsorganisasjonen (ESA) og eierskap ble overført fra ESA til EU-kommisjonen 1. april 2009.

Ved hjelp av 39 RIMS (Ranging Integrity Monitoring Station) rundt om i Europa og Nord-Afrika registreres signalene fra GPS. Disse målingene sendes en gang pr. sekund til CPF (Central Processing Facility) hos de fire MCC-ene (Mission Control Centres). CPF beregner banekorreksjoner, klokkekorreksjoner og en modell som bidrar til å korrigere for iono-

---

<sup>1</sup> Andre SBAS som dekker andre regioner enn EGNOS gjør er amerikanske WAAS (Wide Area Augmentation System), russiske SDCM (System for Differential Corrections and Monitoring), indiske GAGAN (GPS Aided Geo Augmented Navigation) og japanske MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System)

sfærens innvirkning på GPS-signalene. I tillegg estimerer CPF hva som vil være restfeil etter at brukeren har benyttet korreksjonsdata fra EGNOS. Dette er parameterne UDRE (User Differential Range Error) og GIVE (Grid Ionospheric Vertical Error) som er særlig nyttig for brukere av SoL-tjenesten, som er en av tre tjenester i systemet.

Korreksjonsdata sendes fra MCC via seks NLES (Navigation Land Earth Stations) opp til tre GEO-satellitter som kringkaster data til brukerne. EGNOS har ikke egne GEO-satellitter, men har transpondere på INMARSAT 3F2 AOR-E (PRN 120), INMARSAT F42 EMEA (PRN 126) og SES-5 (PRN 136).

5 av RIMS-ene står på norsk område:

- Trondheim
- Tromsø
- Kirkenes
- Jan Mayen
- Svalbard

EGNOS tilbyr tre ulike tjenester:

- Open Service (OS), tjeneste tilgjengelig for alle typer brukere
- Safety-of-Life (SoL), tjeneste for luftfarten med støtte ned til LPV-minima
- EGNOS Data Access Service (EDAS), nedlasting av korreksjoner over nett

EU-kommisjonen har gitt ansvaret for å ivareta eierskap, drift og videreutvikling av systemet til det europeiske GNSS-byrået (GSA). GSA har satt ut oppgaven med å drifte systemet til ESSP (European Satellite Service Provider) på en tidsbegrenset kontrakt.

#### *Frekvensområde*

- EGNOS er et støttesystem for GPS L1 = 1575,42 MHz
- Korreksjonsdata sendes fra GEO-satellitter på L1

#### *Anvendelse*

EGNOS gir forbedret nøyaktighet på posisjonsbestemmelse og forbedret integritet ved bruk av GPS L1. Systemet gjør det mulig for fly å forta innflyging til CAT-I minima basert på satellittsignaler (LPV-200).

#### *Videreutvikling*

Det planlegges videreutvikling av EGNOS i to trinn. En oppdatering av dagens system (v2), og en videreutvikling som skal gi støtte for Galileo E1 i tillegg til GPS L1 (v3). Det er en pågående (2018) norsk aktivitet for å forbedre dekning på høye breddegrader ved å forsøke å få EGNOS-transponder på GEO-satellitt.

#### *Lenker*

- GSA sin nettside om EGNOS:  
<https://www.gsa.europa.eu/egnos/what-egnos>
- ESA sin nettside om EGNOS:  
[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/EGNOS/How\\_does\\_EGNOS\\_work](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/EGNOS/How_does_EGNOS_work)
- Service Definition Documents for de ulike tjenestene:  
<https://www.gsa.europa.eu/library/technical-documents>
- ESSP sin nettside:  
<https://www.essp-sas.eu>

## 2.2 GBAS

GBAS – Ground Based Augmentation System – er et GNSS støttesystem beregnet for fly under innflyging og landing som en erstatning for ILS (se pkt. 3.5). Til forskjell fra et ILS-anlegg som gir rettlinjert innflyging til kun en rullebaneende, vil en GBAS-installasjon alene kunne gi kurvet innflyging til flere rullebaneender samtidig.

Systemet krever en installasjon på bakken som beregner og sender ut korreksjonssignaler. Det plasseres ut tre-fire referansestasjoner i nøyaktige posisjoner. Disse beregner så differansen mellom egen posisjon og utregnet posisjon fra GNSS-signalene. Differansen overføres til "GBAS Ground Facility" som beregner korreksjonsverdiene som så sendes til flyet over en VHF datalink.

Systemet har kapasitet til å håndtere mange fly samtidig som følger ulike innflygingsruter til ulike rullebaneender på flyplassen.

GBAS kan gi økt kapasitet i luftrommet samt at man ikke trenger å ta hensyn til signalrefleksjoner på bakken slik man må med signaler fra Localizer og Glidebane på et ILS-anlegg. Ettersom GBAS er et landingssystem brukes også begrepet GLS – GBAS Landing System (som en parallell til ILS).

### *Frekvensområde*

- Flyet og bakke-stasjonen tar i mot GNSS-signalene fra satellittene i L-båndet
- Bakke-stasjonen sender ut korreksjons-/integritetsdata på datalink i VHF-båndet.

### *Anvendelse*

Systemet brukes til å gi landende fly GNSS-basert informasjon slik at de kan følge innflygings-/landingsprosedyrer ned til siktminima tilsvarende ILS CAT I, II og III.

### *Videre utvikling*

Systemet er under utvikling. Det finnes i dag GBAS CAT I på markedet, men høyere kategori er fortsatt under utvikling. Den norske bedriften Indra Navia utvikler GBAS CAT II/III. Det finnes i den sammenhengen en testinstallasjon på Oslo lufthavn.

### *Lenker*

- Amerikanske luftfartsmyndigheters nettside om GBAS:  
[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/)
- Eurocontrol sin nettside om GBAS:  
<https://www.eurocontrol.int/gbas>
- GBAS på Navipedia:  
[http://www.navipedia.net/index.php/Ground-Based\\_Augmentation\\_System\\_\(GBAS\)](http://www.navipedia.net/index.php/Ground-Based_Augmentation_System_(GBAS))

## 2.2 SCAT-1

SCAT-1 – Special CAT I – er et støttesystem for presisjonsinnflyging utviklet av norske Indra Navia i samarbeid med Avinor. SCAT-1 er i prinsippet et GBAS med referansestasjoner, sentralenhet og VHF datalink, men er ikke bygget etter ICAOs GBAS-standard. SCAT-1 gir høyere minima enn CAT I.

Installasjonen i flyene er enheten GLS-1250 fra amerikanske Universal Avionics. Installasjonen på bakken er NORMARC 8005. Det er kun flyselskapet Widerøe som har tilgang til å bruke systemet.

SCAT-1 er installert på 17 av Avinors lufthavner. Disse har, som regel av topografiske årsaker, ikke mulighet for ILS-anlegg. Det er Avinor som har driftsansvar for bakkeinstallasjonene. Systemet ble sertifisert av Luftfartstilsynet i 2007.

#### *Frekvensområde*

- Flyet og bakkeasjonen tar i mot signaler fra GPS på L1-frekvensen.
- Bakkeasjonen sender ut korreksjons-/integritetsdata på datalink i VHF-båndet.

#### *Anvendelse*

Systemet gir mulighet for presisjonsinnflyging for Widerøes fly på kortbanenettet.

#### *Videre utvikling*

Det foregår ingen videreutvikling av systemet. Det betraktes som ferdig utbygd og systemet er tatt ut av produksjon. Systemet vil med all sannsynlighet bli holdt operativt til det finnes andre satellittbaserte løsninger for CAT I tilgjengelig. Dette vil i praksis si tilgjengelig EGNOS-basert LPV-200 på alle Avinors lufthavner i Nord-Norge.

### **2.3 IALA DGPS**

Systemet er en differensiell GPS (L1) tjeneste for skip som drives etter en internasjonal standard fra IALA – International Association of Lighthouse Authorities. Ytelses-spesifikasjonene er standardisert på verdensbasis gjennom IMO.

Prinsippet for systemet er at en referansestasjon på land beregner differensielle korreksjoner basert på sammenlikning mellom beregnet posisjon og innmålt posisjon. Korreksjonene moduleres (MSK) inn på en bærebølge i LF/MF-båndet. Det brukes meldingsformatet RTCM SC-104.

Systemet skal gi en posisjonsnøyaktighet på bedre enn ti meter (95 prosent). Erfaring viser at typisk verdi er en-tre meter. I Norge er det Kystverket som eier og drifter systemet. Det er i drift tolv sendere langs kysten som hver har to referansestasjoner.

#### *Frekvensområde*

- 283 – 315 kHz. Dette frekvensområdet gir signaldekning under den visuelle horisonten.

#### *Anvendelse*

Systemet brukes til å forbedre GPS posisjonsnøyaktighet og integritet for skip i kystnære farvann.

#### *Videre utvikling*

Det foregår for tiden EU-finansiert utprøving av IALA DGPS-senderne som del av R-Mode.

#### *Lenker*

- Kystverkets nettside om IALA DGPS:  
<http://www.kystverket.no/Maritime-tjenester/Meldings--og-informasjonstjenester/Radionavigasjon-DGPS/>
- RTCMs nettside med DGNSS-standarder:  
<http://www.rtcn.org/differential-global-navigation-satellite--dgnss--standards.html>

## 2.4 Posisjonstjenester fra Kartverket

Kartverket har et landsdekkende nettverk av permanente geodetiske stasjoner (GNSS-stasjoner) der satellittobservasjonsdata blir samlet inn. Dataene danner blant annet grunnlag for Kartverkets posisjonstjenester DPOS, som gir nøyaktighet på desimeternivå, og CPOS, som gir nøyaktighet på centimeternivå. Begge er abonnementstjenester.

### Lenker

- Kartverkets nettside om posisjonstjenester  
<https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/>

## 3. Bakkebaserte systemer

Dette er systemer som er installert på bakken for bruk til flynavigasjon, for bruk av fly under landing, eller kontroll av luft- og skipstrafikk ved at systemene visere fartøyenes posisjon, hastighet og høyde (luftfartøy).

### 3.1 PSR (Primary Surveillance Radar)

Primærradar fungerer ved at det sendes ut elektromagnetisk energi som reflekteres av en båt eller et fly og slik returnerer til antennen og blir registrert der. På denne måten vil man kunne registrere båten/flyets retning og avstand relativt til radarens posisjon. PSR er ikke avhengig av transponder ombord i båten/flyet. PSR er derfor svært godt egnet for å detektere fly som ikke ønsker å bli oppdaget eller har feil på/slått av transponderen (se pkt. 3.2.1), men vil ikke kunne gi flyets identitet.

Hvor ofte man får oppdatert posisjon til en båt/fly er direkte avhengig av antennens rotasjons-hastighet. Radarens oppløsning er avhengig av pulsrepetisjonsfrekvens og hvor mye antennen klarer å konsentrere utstrålt effekt (beam with). Utsendte pulser vil også bli reflektert fra bakke/terreng. Dette kan utnyttes navigasjonsmessig på skip ved at radaren vil kunne vise kystlinje og øyer.

### Frekvensområde

- L-bånd (1-2 GHz)

### Anvendelse

Overvåking av lufttrafikk og skipstrafikk som gir grunnlag for utøvelse av lufttrafikkjeneste og kontroll med skipstrafikk. Maritim navigasjon.

### Utvikling

PSR er på vikende front innenfor sivil luftfart. PSR for luftfart er store, mekaniske innretninger som har høye driftskostnader sammenliknet med en del andre løsninger. I tillegg vil løsninger som SSR og ADS-B ha egenskaper som er fordelaktige sammenliknet med PSR.

### 3.2 SSR (Secondary Surveillance Radar)

Sekundærradar er i prinsippet ikke en radar fordi det ikke er avhengig av radarekko. Systemet brukes i luftfart og fungerer ved at det sendes ut en spørrepuls fra bakken som treffer flyet. Flyet må ha en transponder ombord som returnerer et svarsignal til systemet på bakken. I militær sammenheng kalles SSR for IFF (Identification Friend or Foe).

På samme måte som for PSR har SSR en roterende antenne, men den har noe annerledes utforming. For installasjoner som har begge radartyper vil ofte SSR-antennen være montert på oversiden av PSR-antennen slik at PSR og SSR peker i samme retning samtidig. Fordi flyet selv sender ut et svarsignal vil SSR ikke trenge så kraftig sender som PSR.

SSR ble videreutviklet til Monopuls SSR (MSSR) og alle Avinors SSR-stasjoner er nå av denne typen. Med denne teknologien kan man, ved hjelp av sum- og differansekanal bestemme azimuth til et fly ved kun en radarpuls. Dette gir mer presis posisjonsbestemmelse og derfor mulighet for redusert minimumsavstand mellom fly sammenlignet med vanlig SSR-radar.

SSR har flere fordeler framfor PSR. Den mekaniske konstruksjonen er enklere. Fordi flyet selv sender ut et signal vil rekkevidden bli lang selv om utsendt effekt fra bakkeinstallasjonen er mindre. I tillegg vil SSR-data inneholde mer informasjon om det enkelte fly avhengig av hvilken "mode" transponderen i flyet kan operere i. SSR kan derfor vise et flys posisjon og høyde, og knytte flyets ID til denne posisjonen. SSR sin svakhet er avhengigheten av at flyet har en fungerende transponder.

### 3.2.1 Transponder

SSR er basert på at flyet har en transponder som sender et svarsignal etter å ha blitt "trigget" av spørrepulsen fra SSR. Transpondere finnes i ulike varianter som fremstår som ulike "modes". For sivil luftfart er de aktuelle modiene A, C og S, og det er utformingen av spørrepulsen som avgjør hvilken mode det spørres i.

*Mode A:* I kontrollert luftrom vil et fly bli tildelt en firesifret kode fra lufttrafikkjentesten som settes manuelt i flyet. Når transponderen mottar spørrepuls for mode A vil denne koden bli sendt tilbake. Ved at ingen fly har samme kode vil man få positiv identifikasjon av flyet på radardisplayet.

*Mode C:* Flyets barometriske høydemåler vil gi informasjon til transponderen som sender dette ut når den treffes av spørrepulser for mode C. Flyets høyde vises på radardisplayet sammen med flyets ID (mode A). Høyden vises i intervall på 100 fot. Barometrisk høyde vil være relatert til standard lufttrykk på 1013, 25 hPa.

*Mode S:* Denne moden skiller relativt mye fra A og C og er et resultat av en videreutvikling basert på radiosignalmessige utfordringer med A og C samt at man går tom for mode A-koder i områder med stor trafikk tetthet.

I en mode S-transponder (S for selective) er flyets unike ID satt permanent. Når flyet registreres i et nasjonalt register tildeles det en ID i form av et unikt nummer som settes med 24 bit i transponderen. Dette kan ikke endres fra cockpit under flyging. SSR-senderen vil sende ut spørrepulser kun til de flyene den "vet" er innenfor dekningsområde (selective). For å hente ID-ene sendes det med jevne mellomrom ut spørrepulser (all call) for å sjekke om det er nye fly i området. Mode S er en forutsetning for systemene ADS-B og WAM i tillegg til at antikollisjonssystemet ACAS er avhengig av mode S-funksjonaliteten.

#### *Frekvensområde*

- Spørrepuls fra bakken: 1030 MHz
- Svarpuls fra flyet: 1090 MHz



#### *Anvendelse*

Systemet brukes til overvåking av lufttrafikk og gir flyets posisjon, høyde og ID. Informasjonen brukes av flygelederne til å utøve lufttrafikkteneste.

#### *Videre utvikling*

Det planlegges en reduksjon i bruken av SSR i norsk luftfart i kombinasjon med innføringen av ADS-B og WAM. Dagens 24 sensorer (2017) vil trolig bli halvert.

### **3.3 NDB/L (Non-directional Beacon / Locator)**

NDB brukes innenfor luftfart og er et radiofyrt som sender ut et kontinuerlig rundtstrålende signal i MF-området. Det har god rekkevidde, opp mot 200 NM, men bølgeutbredelsen avhenger av atmosfæriske forhold, og nøyaktigheten er ikke spesielt høy. Internasjonal standard for NDB er beskrevet av ICAO i Annex 10.

På grunn av den lave frekvensen er mottakeren ikke avhengig av line-of-sight til stasjonen. Signalet moduleres (AM) med tre bokstaver som utgjør senderens ID. Når systemet brukes som en Locator med lavere sendereffekt moduleres det med kun to bokstaver.

Signalet fra radiofyret gir mulighet for å fly eller navigere rett mot senderen, men sier ikke hvilken kompassretning (non-direction) dette er. Det brukes hovedsakelig i instrumentprosedyrer for ikke-presisjons-innflyging og ved avbrutt innflyging. Locatorens hensikt er å lede flyet inn mot et ILS-anlegg (eller LOC/DME hvis ILS ikke finnes).

Det finnes i størrelsesorden 90 sendere på fastlandet og på offshore-installasjoner. Disse eies av Avinor og Equinor (tidligere Statoil). Tallet vil bli redusert i årene som kommer i tråd med nasjonale planer for dekommisjonering av bakkebaserte PNT-systemer.

#### *Frekvensområde*

- 200 – 500 kHz.

#### *Anvendelse*

Systemet brukes til å finne retning fra flyet inn mot posisjonen senderen står.

#### *Videre utvikling*

Systemet brukes i dag i veldig liten grad til fordel for GNSS. Det store flertallet av NDB forventes dekommisjonert i løpet av få år, men noen vil trolig bli værende som back-up for GNSS. Flere flyprodusenter leverer ikke lenger som standard muligheten til å bruke NDB.

### **3.4 VOR (VHF Omni-directional Range)**

VOR er et radionavigasjonssystem for luftfart. Internasjonal standard for VOR er beskrevet av ICAO i Annex 10. Stasjonen sender ut en rundtstrålende bærebølge. På denne er det modulert to signaler med retningsavhengig faseforskjell. Resultatet er et strålingsdiagram som roteres 30 ganger i sekundet og som utnyttes av mottakeren ombord til å beregne retningen (radialen) fra senderen mot flyet.

Ved å kombinere VOR med en DME-stasjon på samme sted vil man ombord i flyet kunne bestemme radial og avstand, og dermed sin posisjon i forhold til VOR-stasjonens posisjon. En del av VOR-stasjonene i Norge er av typen Doppler VOR (DVOR). Radiosignalet fra VOR ligger høyere i frekvens, og har kortere rekkevidde enn NDB. VOR-stasjonens ID er modulert på signalet.

#### *Frekvensområde*

- 108 – 118 MHz

#### *Anvendelse*

Systemet brukes til å definere luftleder ved underveisnavigasjon og inn-/utflygingstraséer.

#### *Videre utvikling*

Systemet brukes i dag i liten grad til fordel for GNSS. Det store flertallet av VOR forventes dekommisjonert i løpet av få år, men noen vil trolig bli værende som back-up for GNSS.

### **3.5 ILS (Instrument Landing System)**

ILS er et bakkebasert system inne på lufthavnen som brukes av fly som lander, for å gi riktig retning og høyde inn mot rullebanen. Anvendelsen av systemet gir presisjonsinnflyging. Internasjonal standard for ILS er beskrevet i ICAO Annex 10.

Et fullverdig ILS består av tre enheter: Glidebane/Glidepath (GP), Retningsfyr/Localizer (LOC) og tre Merkefyr/Marker Beacons (MB). Det er etter hvert vanlig at MB er erstattet med DME for å gi avstand inn mot landingspunktet. Et ILS kan kun gi rettlinjet innflyging.

**Glidebane:** Antennen er en vertikal mast med (som regel) tre elementer. Den er plassert ved siden av rullebanen nær den enden flyet skal lande. Senderen gir ut et UHF-signal som gir flyet riktig høyde. Antennen lager et signal som består av to delvis overlappende loper over/under hverandre. Lobene består av bærebølgen amplitudemodulert med 90Hz øverst og 150Hz nederst. Flyet holder riktig høyde når begge modulasjoner mottas like sterkt.

**Retningsfyr:** Senderen er plassert i motsatt ende av rullebanen enn der hvor flyet skal lande. Antennen består av en rekke av elementer som er plassert normalt på rullebaneretningen et stykke bortenfor rullebaneenden. Senderen gir ut et VHF-signal som gir flyet riktig retning. På samme måte som for Glidebane lager antennen to delvis overlappende loper, men her ved siden av hverandre. Bærebølgen er amplitudemodulert med 90 Hz til venstre (sett fra flyet) og med 150 Hz til høyre. Flyet holder riktig retning når begge modulasjoner mottas like sterkt.

**Merkefyr:** På alle norske ILS-anlegg er disse utfaset til fordel for DME.

På lufthavner der det er vanskelig å etablere glidebane kan retningsfyr brukes alene sammen med DME. Denne løsningen gir ikke presisjonsinnflyging.

Det finnes en variant av glidebaneantennen som kalles Endfire som ikke har behov for en høy vertikal antennemast. Fordelen med denne er at signalet ikke skal reflekteres i bakken foran antennen før det går opp mot flyet. Dermed er det ikke behov for en refleksjonsflate og systemet kan monteres på steder der det av terrengmessige årsaker er problematisk med et glidebaneanlegg. Avinor har tre Endfire-installasjoner i Norge på lufthavnene i Ålesund, Haugesund og Sandefjord.

Systemets operative bruk deles inn i tre kategorier, CAT I, II og III. CAT III er videre delt inn i A, B og C. Jo høyere kategori jo lenger ned kan flyet følge signalet fra systemet før piloten må ta en avgjørelse på om landingen kan fullføres på en sikker måte. Det store flertallet av ILS-anlegg i Norge er CAT I anlegg. CAT III finnes kun på Oslo lufthavn som har CAT III B.

Approach category	Decision height or alert height (minimum height above runway threshold or touchdown zone)	Runway visual range ("RVR")
I	200 feet (61 m)	550 m or 2400 ft (1200 ft is approved at some airports), increased to 800 m for single crew operations
II	100 feet (30 m)	300 m or 1000 ft
III A	50 ft < DH < 100 feet (30 m)	200 meters (660 ft)
III B	0 < DH < 50 feet (15 m)	75 meters (246 ft) (JAA) < RVR < 200 meters (660 ft)
III C	No DH	No RVR

#### Frekvensområde

- Glidebane: 328 – 335 MHz
- Retningsfyr: 108 – 112 MHz
- Merkefyr: 75 MHz

#### Anvendelse

Systemet brukes ved innflyging og landing for å holde riktig retning og høyde inn mot rullebanen og landingspunktet.

#### Videre utvikling

Systemet er svært utstrakt bruk i Norge som i verden ellers. Det er ingen ting som tyder på noen snarlig utfasing. Satellittbaserte støttesystemer som SBAS og GBAS vil gi løsninger som kan erstatte ILS. Disse systemene har en rekke driftsmessige og operative fordeler framfor ILS. På enkelte lufthavner vil nok ILS bli beholdt for å være back-up for GNSS.

### 3.6 DME (Distance Measuring Equipment)

DME brukes til å måle avstanden (slant range) mellom flyet og DME-stasjonen (transponderen) på bakken. Internasjonal standard for DME er beskrevet i ICAO Annex 10. Systemet fungerer ved at flyet sender ut en spørrepuls som trigger en svarpuls fra transponderen på bakken. Tiden dette tar omregnes til avstand av systemet i flyet og presenteres med en tallverdi i cockpit. Avstanden oppgis i 10-dels nautisk mil (185m).

DME brukes i all hovedsak sammen med ILS og VOR. For ILS vil DME-antennen som regel være plassert på antennemasten for glidebanen. Selv om antennen er rundtstrålende brukes signalet kun i retning forlengt rullebanesenterlinje. For VOR vil DME-antennen typisk være plassert i senter av VOR-antennen og rundtstrålingen vil gi avstand fra flyet inn til VOR-stasjonen for alle radialer.

Ved anvendelse av områdenavigasjon (RNAV) innenfor et Terminalområde (TMA) vil et fly kunne bestemme sin posisjon tilstrekkelig nøyaktig ved å måle avstand til flere DME-stasjoner samtidig (DME/DME). Innenfor norsk luftrom er det foreløpig kun i Oslo TMA at tettheten av DME-stasjoner er høy nok for dette.

#### Frekvensområde

Aktuelt frekvensområde er delt opp i 126 spørrekanaler og 126 svarkanaler

- Spørrekanaler: 1025 – 1150 MHz
- Svarkanaler: 962 – 1024 MHz og 1151 – 1213 MHz

#### *Anvendelse*

Systemet brukes til å måle avstand fra flyet til det punkt på bakken der transponderen er plassert.

#### *Videre utvikling*

Til forskjell fra NDB og VOR der antall installasjoner forventes redusert, vil det trolig bli en økning i antall DME. Dette skyldes økt behov for DME/DME-dekning i RNAV-sammenheng.

### **3.7 TACAN (Tactical Air Navigation)**

Dette er et radionavigasjonssystem for militær luftfart. Funksjonaliteten kan betraktes som en kombinasjon av VOR og DME. Sivile fly kan bruke DME-delen. Det finnes elleve installasjoner av dette systemet i Norge som i all hovedsak er plassert inne på ulike lufthavner.

### **3.8 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)**

ADS-B er et system for overvåking av lufttrafikk (eller bakketrafikk på flyplasser) som baserer seg på at flyet sender ut informasjon om egen posisjon, identitet, mm. Posisjonen kommer fra flyets GNSS-mottaker og sendes ut via "extended squitter"-funksjonaliteten fra Mode S transponderen.

Systemet er i prinsippet todelt:

- ADS-B Out. Sender regelmessig ut fra flyet dets ID, posisjon, høyde og fart via et sendersystem om bord. Dette gir mer nøyaktig posisjonsdata enn det som oppnås med radar (SSR). Informasjonen kan tas i mot på bakken og overføres til ansvarlig lufttrafikkteneste i det aktuelle området.
- ADS-B In. Mottak i flyet av informasjon utsendt fra bakken som FIS-B data og TIS-B data. Dette gir en mulighet for å få presentert i cockpit annen flytrafikk rundt eget fly og slik øke pilotens "situational awareness"

Systemet kan deles opp i et om bord-segment og et bakkeselement:

- *Om bord-segmentet.* Dette består av flyets mottaker(e) for GNSS som regner ut flyets posisjon. Beregnet posisjon overføres til transponderen og kringkastes. Hvis flyet har ADS-B-In-kapasitet vil det i tillegg være utstyr i cockpit som kan nyttiggjøre mot-tatt trafikkinformasjon.
- *Bakkeselementet.* Dette består av mottakerstasjoner på bakken som registrerer utsendt signal fra flyene. Antall stasjoner avhenger av hvor stort geografisk område som skal dekkes. Stasjonene henger sammen i et datanettverk for driftsovervåking og dataoverføring til lufttrafikktenesten.

Data fra om bord-segment til bakkeselement overføres på digital datalink i et meldingsformat definert av ICAO i ADS-B-standarden.

Signalet fra flyet kan gå via en satellittforbindelse. Dette gjør det mulig å overvåke luftrom utover "line-of-sight" for datalinken. I realiseringen av kontrollert luftrom i Nordsjøen brukes dette.

Det kan innvendes mot systemet at det er sårbart. Den digitale datalinken mellom fly-bakke eller fly-fly er ikke kryptert og hvem som helst med riktig mottakerutstyr kan motta den kringkastede informasjonen. Vanligvis brukes GNSS-tid for synkronisering av systemet.

#### *Frekvensområde:*

- Systemet er avhengig av GNSS-basert posisjon fra flyet
- Informasjon ut fra flyet sendes på transponderens svar-frekvens, 1090 MHz

#### *Anvendelse*

Systemet gir mulighet for å etablere kontrollert luftrom i områder uten radardekning ved at flyets egenutregnede 3D-posisjon overføres til lufttrafikkjenesten i det aktuelle området.

#### *Videre utvikling*

Systemet brukes i dag som grunnlag for kontrollert luftrom i Balder-området og Ekofisk-området i Nordsjøen. Fram mot 2020 planlegger Avinor en økt bruk av systemet for offshore helikoptertrafikk (Statfjord/Heidrun) og vil etablere ADS-B dekning for flyginger til Svalbard. Etter 2020 vil ADS-B bli benyttet i hele det norske luftrommet som et selvstendig lag med overvåking. De samme sensorene som installeres for ADS-B vil også brukes for WAM.

Iridium Next-satellittene (se pkt. 1.5) har en "payload" fra Aireon som inneholder ADS-B. Dette vil gi en global, satellittbasert ADS-B-dekning. Aireon vil tilby dette til flyselskaper og ANSP-er og hevder på sin nettside at de vil tilby det gratis ved søk etter savnede fly. Aireon forventer å ha tjenesten operativ i løpet av 2018.

#### *Lenker*

- Om ADS-B på nettsiden Skybrary  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic\\_Dependent\\_Surveillance\\_Broadcast\\_\(ADS-B\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_Broadcast_(ADS-B))
- Aireon sin nettside  
<https://aireon.com>

### **3.9 WAM (Wide Area Multilateration)**

WAM er et system for overvåking av lufttrafikk som baserer seg på trilaterasjon og er uavhengig av radar på bakken. Prinsippet er basert på at mottakerstasjoner på bakken registrerer signal fra flyets transponder og måler tidsforskjellen mellom når ulike mottakerstasjoner mottok det samme signalet. Målt tid regnes om til avstand og flyets posisjon regnes ut.

Løsningen forutsetter et nettverk av mottakerstasjoner innenfor det aktuelle geografiske området som ønskes dekket. Fra sensorene og inn til sentral del av systemet går dataene i bakkenett. Flyenes posisjon presenteres for flygelederen som grunnlag for utøvelse av lufttrafikkjeneste.

Signalet sendes fra transponderen om bord i flyet. Både mode A, C og S (se pkt. 3.2.1) kan fanges opp av WAM. Mode A og C vil kreve at det sendes ut en spørrepuls fra bakken, men for Mode S vil det ikke være nødvendig på grunn av "extended squitter" funksjonaliteten som sender ut signal uten at transponderen har blitt interroget.

Systemet er svært avhengig av nøyaktig tid både for å kunne måle tidsforskjell for mottak av radiosignalet fra flyet, og for synkronisering av det digitale nettet som forbinder sensorene. Normal brukes GNSS-tid for dette formålet.

#### *Frekvensområde*

- 1090 MHz

#### *Anvendelse*

Systemet har samme hensikt som ADS-B, å danne grunnlag for kontrollert luftrom uten bruk av radar. En kombinasjon av WAM og ADS-B ansees vanligvis som operativt gunstig.

#### *Videre utvikling*

I Norge holder Avinor Flysikring AS på med utbygging av WAM. Målsettingen er nasjonal dekning, noe som krever i størrelsesorden 200 sensorer. Disse sensorene vil være kombinert WAM/ADS-B. Kombinasjonen WAM/ADS-B vil erstatte en god del av SSR-ene. Sensorene vil plasseres slik at de får radiomessig overlapp.

#### *Lenker*

- Nettside om WAM hos amerikanske FAA  
[https://www.faa.gov/nextgen/library/media/getSmart\\_WAM.pdf](https://www.faa.gov/nextgen/library/media/getSmart_WAM.pdf)
- Om WAM på Indra sin nettside  
[http://www.indracompany.com/sites/default/files/indra-indra\\_wide\\_area\\_multilateration\\_system\\_0.pdf](http://www.indracompany.com/sites/default/files/indra-indra_wide_area_multilateration_system_0.pdf)
- Om WAM og ADS-B på ICAOs nettside  
<https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2011/ADSBMLT/Day01-01-ICAO-Jsiu.pdf>

### **3.10 INS (Inertial Navigation System)**

Alle fysiske legemer har en masse. Alt som har masse har treghet. Treghet vil si at legemet motsetter seg å bli satt i bevegelse eller å få sin hastighet endret.

I et treghetsnavigasjonssystem (INS – Inertial Navigation System) utnyttes dette ved å bruke akselerometre og gyroskop for å måle bevegelse og retning av båten/flyet/bilen som systemet er montert fast på. Den målte bevegelsen kan regnes om til en posisjon (bredde-/lengdegrad) i forhold til utgangspunktet for bevegelsen (havnen/flyplassen).

Systemet regner ut bevegelse i forhold til et utgangspunkt. Ettersom dette foregår ved registrering av akselerasjon er systemet helt uavhengig av radiosignaler og er ikke sårbart for jamming, spoofing og romvær. Under bruk vil systemets nøyaktighet bli dårligere over tid (drift). Hvor raskt posisjonsnøyaktigheten forringes er avhengig av systemets kompleksitet og pris. Det er vanlig at systemet posisjonsnøyaktighet forbedres ved bruk av GNSS.

Systemet er avhengig av akselerometre og gyroskop. Det er tre av hver slik at det kan gjøres registreringer i tre dimensjoner. Dette var tidligere mekaniske innretninger med et volum som gjorde slike systemer lite anvendelige for små fartøy/luftfartøy. I nyere systemer brukes ringlasergyro (RLG) i stedet for de roterende gyroskopene. RLG har ingen bevegelige deler og kan gjøre mer nøyaktige målinger enn roterende gyroskop.

Ved bruk av MEMS (Mikro Elektro-Mekanisk System) kan både gyroskop og akselerometre realiseres som mikrochips på kretskort.

#### *Anvendelse*

Systemet beregner posisjon basert på registrert bevegelse ut fra en utgangsposisjon.



#### Lenker

- Om treghetsnavigasjon på Skybrary  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial\\_Navigation\\_System\\_\(INS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial_Navigation_System_(INS))

## 4. AIS (Automatic Identification System)

AIS – Automatic Identification System er et system utviklet for å hindre kollisjon mellom skip. Skipene sender ut data om seg selv som blir synlig på skjerm hos andre fartøy innenfor dekningsområdet. På den måten får besetningene tidlig informasjon om hverandres posisjon og kurs. Krav om bruk av systemet er tatt inn i SOLAS-konvensjonen.

AIS er avhengig av GNSS ved at det er GNSS-posisjon som sendes ut og at GNSS-tid (mikrosekundnivå) brukes til å synkronisere digital dataoverføring (TDMA). AIS-transponderen har egen GNSS-mottaker som brukes til tidsbestemmelse. Posisjonen som sendes ut kommer fra skipets egen (D)GNSS-mottaker. AIS er bygget opp som et selvorganiserende system hvor stasjonene automatisk synkroniserer seg til hverandre.

Utsendt radiosignal kan også fanges opp på land og brukes på trafikksentralene til overvåking av trafikksituasjonen (VTS = Vessel Traffic Management). Rekkevidden varier, men kan være opp mot 40 nautisk mil (VHF-rekkevidde). I VTS-områdene opererer skip-skip modus og skip-land modus samtidig på ulike frekvenser.

Informasjon som skal sendes ut fra AIS er skipets ID, type, posisjon, kurs, hastighet og annen sikkerhetsrelatert informasjon.

#### Frekvenser

- 161,975 MHz
- 162,025 MHz

#### Lenker

- Kystverkets nettside om AIS  
<http://www.kystverket.no/AIS>

#### Videre utvikling

Det foregår for tiden EU-finansiert utprøving av AIS basestasjoner som del av R-Mode.

### 4.1 AISSat

For at AIS-informasjon skal kunne brukes til trafikkovervåking må skipet være innenfor dekningsområdet til en av de 50 mottakerstasjonene på langs Norges kyst. Dette begrenser rekkevidden til havs. Det er derfor utviklet, bygget og skutt opp fire norske satellitter, AISSat-1 og -2 og NORSat-1 og -2, som fanger opp AIS-signaler fra skip og sender til Kystverkets mottakerstasjon på land. En femte satellitt, AISSat-3, gikk tapt under oppskyting november 2017. Det planlegges en NORSat-3 som forventes skutt opp innen utgangen av 2019.

#### Lenke

- StatSats hjemmeside:  
<http://statsat.no>

## 5. Nøyaktig tid

### 5.1 Standarder for tid

#### 5.1.1 GMT

Bruk av astronomiske observasjoner som basis for tidsangivelse var den dominerende metoden fram til 1950-tallet da atomklokker lot seg praktisk realisere. Denne dominansen gjenspeiles i at Greenwich Mean Time (GMT) står sterkt som begrep, selv lenge etter at observatoriet ved Greenwich ble gjort om til museum og verden gradvis innførte atomklokker som basis for tidsangivelse.

#### 5.1.2 UTC

Nøyaktig tid og frekvens på verdensbasis er i dag avledet av verdens felles tidsskala UTC - koordinert universaltid, eller Coordinated Universal Time på engelsk. UTC er basert på TAI slik at UTC avviker med et helt antall sekunder. UTC er standarden for sivil tidsangivelse i verden, såkalt "legal tid". Justervesenet på Kjeller realiserer norsk tid med betegnelsen UTC(JV). Forskjellen mellom UTC og UTC(JV) er normalt noen titalls nanosekunder.

#### 5.1.3 TAI

International Atomic Time (TAI) er såkalt absolutt tid. Tiden er definert som et veiet gjennomsnitt av mer enn 400 atomklokker over hele verden med tidsenhet bestemt av SI-sekundet. Dette sekundet er definert som 9 192 631 770 svingninger av strålingen for en bestemt del av spekteret til cesium-atomet. TAI antas å ikke avvike fra en ideell klokke med mer enn 1/10 mikrosekund pr. år.

#### 5.1.4 GPS-tid

US Naval Observatorys realisering av UTC(USNO) er referanseklokke for GPS-systemets tidsskala. GPS systemtid er en kontinuerlig tidsskala (dvs. uten skuddsekunder) som ligger 19 sekunder etter TAI. USNO har et stort antall atomklokker og bidrar med ca. 100 klokker til utregning av UTC.

Klokkene i hver enkelt GPS-satellitt er frittløpende. Det vil si at de ikke er synkronisert mot UTC(USNO) eller GPS systemtid, men at de har et kjent avvik. Data som gir en prediksjon av avviket til satellittklokkene mot GPS systemtid, og data som angir en prediksjon for avviket mellom GPS systemtid og UTC, inngår blant data som sendes fra satellittene. GPS tidsmottakere kan bruke disse dataene til å gi ut klokkesignaler med et avvik mot UTC som normalt ligger innenfor +/- 40 nanosekunder.

#### 5.15 Galileo-tid

På samme måte som GPS har GPS-tid som avviker fra UTC, har Galileo en Galileo-tid (GST) som også avviker fra UTC. GPS-tid og Galileo-tid er ikke det samme. GST settes av Precise Time Facility ved Galileo Control Centre i Fucino i Italia. GST er uavhengig av UTC, men skal holdes innenfor +/- 26 nanosekunder avvik fra UTC. Målinger viser at avviket normalt er betydelig mindre enn denne grensen.

### 5.2 Eksempler på metoder for distribusjon av tid

#### 5.2.1 DCF77

Dette er en tjeneste som drives av tyske Media Broadcast GmbH på vegne av Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Nøyaktig tid og frekvens sendes ut via en langbøllesender i Mainflingen sydøst for Frankfurt.

Tidsinformasjonen moduleres inn på bærebølgen ved hjelp av amplitudemodulert puls-bredde-modulasjon som gir en bit pr. sekund. Tiden som sendes ut er Central European Time (CET = UTC+1) og Central European Summer Time (CEST = UTC+2)

Nøyaktigheten som mottas hos brukeren vil være påvirket av avstand fra senderen, terreng og om det er jordbølgen eller rombølgen som når mottakeren.

For privatmarkedet finnes en rekke armbåndsur, veggur, vekkeklokker m.m. som stiller seg automatisk ved å motta DCF77-signalet. Dekningsområdet omfatter Norge.

#### *Frekvens*

- 77,5 kHz

#### *Anvendelse*

Tidsdistribusjon basert på lavfrekvent radio

#### *Lenker*

- Hjemmeside for DCF 77  
<https://www.ptb.de/cms/en/ptb/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag-442/dissemination-of-legal-time/dcf77.html>

#### *5.2.2 eLoran*

Loran-C-stasjonene i Europa, bortsatt fra Anthorn i UK, ble stengt 31. desember 2015. Det har vært foreslått å bygge om disse til eLoran og distribuere nøyaktig tid basert på systemets atomklokker med sporbarhet til UTC. Løsningen er ikke aktuell i Norge ettersom de nedlagte stasjonene er revet.

#### *5.2.3 GNSS tidsmottakere*

GNSS kan brukes som kilde til nøyaktig tid med atomklokke-nøyaktighet og sporbarhet til UTC. GNSS tidsmottakere bruker signaler fra satellittene til å styre en innebygget lokal kvarts- eller rubidiumbasert oscillator (klokke) slik at den lokale oscillatoren glatter ut kortvarige variasjoner i GNSS-signalet. Slike kortvarige variasjoner skyldes i hovedsak ionosfæriske og atmosfæriske forhold. Den langvarige stabiliteten i tidsmottakeren vil følge GNSS-systemets masterklokke.

Ved eventuelt bortfall av GNSS-signalet vil klokken gå i "hold-over-modus", hvor stabiliteten utelukkende vil være bestemt av stabiliteten til den innebygde oscillatoren.

#### *5.2.4 Network Time Protocol*

Network Time Protocol (NTP) er den mest utbredte protokollen for å synkronisere klokker i datamaskiner mot én eller flere referanseklokker ved hjelp av internett eller lokale nettverk.

NTP bruker en klient/tjener-arkitektur som er bygget opp hierarkisk hvor presisjonsnivået, eller kvaliteten til hver enkelt tjener, er gitt av dens "stratum".

En primærtjener er definert som den øverste noden med stratum 1. En slik tjener skal ha direkte kontakt med en primær referanseklokke, eller en stratum 0 klokke, for å kunne være en primærtjener. En stratum 0 klokke skal gi UTC-tid og kan være en GNSS tidsmottaker, en radiostyrt klokke (DCF-77) eller en atomklokke.

### 5.2.5 Tid over internett og satellitt – eksempel fra Federal Radionavigation Plan

I den amerikanske Federal Radionavigation Plan (FRP) fra 2017 er det listet opp hvilke tjenester for distribusjon av nøyaktig tid som er i bruk i USA.

- Internet Time Service (ITS)  
Denne tjenesten tilbys av National Institute of Standards and Technology (NIST). Brukerne av tjenesten kan over internett få tilgang til UTC(NIST) med nøyaktighet innenfor 15 nanosekund. Tjenesten er ikke uavhengig av GPS.
- Radio Station WWWB signal  
Denne tjenesten drives også av NIST. Ved bruk av en radiosender som sender på langbølge (60 kHz) distribueres UTC(NIST) med nøyaktighet innenfor 100 mikrosekund. Dette frekvensbåndet påvirkes av ionosfæreendringer gjennom døgnet. I følge FRP fungerer tjenesten best når det er mørkt både hos senderen (Colorado) og hos mottakeren.
- Two-way Satellite Time Transfer (TWSTT)  
Denne tjenesten drives av USNO. Brukere av tjenesten kan, over satellitt, sammenlikne egen tid/frekvens med UTC(USNO)
- Network Time Protocol

#### Lenker

- Federal Radionavigation Plan 2017 finnes her:  
<https://www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadioNavigationPlan2017.pdf>

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
GPS	L1	Full Operational Capability											
	L1 C	<12 satellites with L1 C											
	L2	Full Operational Capability											
	L2 C	>=19 satellites with L2 C	Full Operational Capability										
	L5	>=12 satellites with L5	Full Operational Capability										
GLONASS	L1 F	Full Operational Capability											
	L1 C	<12 satellites with L1 C											
	L2 F	Full Operational Capability											
	L2 C	>=12 satellites with L2 C	Full Operational Capability										
Galileo	L3 C	<12 satellites with L3 C	>=12 satellites with L3 C										
	E1	<12 satellites with E1	>=12 satellites with E1										
	E5	<12 satellites with E5	>=12 satellites with E5										
	E6	<12 satellites with E6	>=12 satellites with E6										
BeiDou	B1	>=12 satellites with B1	Full Operational Capability										
	B2	>=12 satellites with B2	Full Operational Capability										
	B3	>=12 satellites with B3	Full Operational Capability										
EGNOS	GPS L1	Full Operational Capability											
	GPS L5	Full Operational Capability											
	Galileo E1	Full Operational Capability											
	Galileo E5	Full Operational Capability											
GBAS	Cat I (GPS L1)	Full Operational Capability											
	Cat II/III (GPS L1) Cat II/III (GPS-Galileo L1/E1 L5/E5)	Full Operational Capability											
DGNSS	Full Operational Capability												
ILS	Full Operational Capability												
MLS	Rationalize												
DME	Optimize												
VOR	Minimum Operational Network												
NDB	Decommissioning												
Loran-C	Turned off												
eLoran	Turned off												
eDLoran	Turned off												
DCF77	Full Operational Capability (contract signed until 2021)												
LTE	Full Operational Capability (4G networks). Initial operations in 5G networks expected for 2021												
STL	Continuation of STL service will depend on company decision.											Start of operations	

Forventet udvikling for PNT-systemer i Europa. (Kilde: JRC)

## Vedlegg 2 – Akronymer

ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast
AIS	Automatic Identification System
AM	AmplitudeModulasjon
AMK	AkuttMedisinsk Kommunikasjonssentral
AMS	Avanserte Måle- og Styringssystemer (strømmåler i smart-grid systemet)
ANSP	Air Navigation Service Provider
BIPM	Bureau International de Poids et Mesures
CAT	CATegory
CDMA	Code Division Multiple Access
CET	Central European Time (UTC + 1 time)
CEST	Central European Summer Time (UTC + 2 timer)
COSPAS	Cosmicheskaya Sistema Poiska Avariynyh Sudov
CPOS	Posisjoneringstjeneste fra Kartverket
CS	Commercial Service
C-ITS	Cooperativ/Connected ITS (samvirkende ITS)
DAB	Digital Audio Broadcasting
DGPS	Differensiell GPS
DME	Distance Measuring Equipment
DP	Dynamisk Posisjonering
DSB	Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap
DTT	Digital Terrestrial Television
EASA	European Aviation Safety Agency
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EDA	European Defence Agency
EDAS	EGNOS Data Access Service
EETS	European Electronic Toll Service
EFC	Electronic Fee Collection
EGNOS	European GNSS Overlay Service
EGNSS	European GNSS, fellesbegrep for Galileo og EGNOS
ERNP	Europeisk RNP
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESA	European Space Agency
ESMA	European Securities and Markets Authority
ESSP	European Satellite Service Provider
EU	Europeiske Union
EØS	Europeisk Økonomisk Samarbeidsområde
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FM	Frekvensmodulasjon
FOG	FiberOptisk Gyro
FRP	Federal Radionavigation Plan (USA)
Galileo	Navn på EUs satellittbaserte navigasjonssystem
GBAS	Ground Based Augmentation System
GEO	GEostationary Orbit
GLS	GBAS/GNSS Landing System
GLONASS	Globalnaja Navigatsionnaja Sputnikovaja Sistema (globalt navigasjonssystem)
GMT	Greenwich Mean Time
GNSS	Global Navigation Satellite System



GP	Glide Path (glidebane, del av et ILS-anlegg)
GPS	Global Positioning System
GSA	European GNSS Agency (tidl. European GNSS Supervisory Authority)
GSS	Ground Sensor Station
GST	Galileo systemtid
hPa	hektoPascal
Hz	Hertz (svingninger pr. sekund)
IALA	International Association of Lighthouse Authorities
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFF	Identification Friend of Foe
IGSO	Inclined GeoSynchronous Orbit
IKT	Informasjons- og Kommunikasjonsteknologi
ILS	Instrument Landing System
IMO	International Maritime Organization
IP	Internet Protocol
INS	Inertial Navigation System (treghetsnavigasjon)
ITS	Intelligent Traffic Systems (intelligente trafikksystemer)
ITS	Internet Time Service
ITU	Internasjonale teleunionen
JV	Justervesenet
kHz	KiloHertz (tusen svingninger pr. sekund)
L	Locator
LBS	Location Based Services (lokasjonsbaserte tjenester)
LEO	Low Earth Orbit (satellitt lavbane)
LF	Low Frequency
LOC	Localizer (del av et ILS-anlegg)
LORAN	Long Range Navigation system
LPV	Localizer Performance with Vertical Guidance
LRIT	Long Range Identification System
LTT	Lufttrafikkjenesten
MB	Marker Beacon
MEMS	Mikro ElektroMekanisk System
MEO	Medium Earth Orbit (satellitt mellombane)
MEOLUT	MEO Local User Terminal
MEOSAR	Funksjonalitet i COSPAS-SARSAT realisert vha SAR-transp. på Galileo-sat.
MF	Medium Frequency
MiFID	Markets in Financial Instruments Directive
MHz	Megahertz (million svingninger pr. sekund)
MSSR	Monopuls SSR
NATO	North-Atlantic Treaty Organization
NAVSTAR	NAVigation System with Timing And Ranging
NDB	Non-Directional Beacon
NFAS	Norsk Forum for Autonome Skip
NIST	National Institute of Standards and Technology (USA)
NOU	Norsk Offentlig Utredning
NRNP	Norsk RNP
NS	Norsk Standard
NTP	Nasjonal TransportPlan
NTP	Network Time Protocol
NVDB	Nasjonale VegDataBase
OS	Open Service

PBN	Performance Based Navigation
PNT	Posisjonsbestemmelse, Navigasjon, Tidsbestemmelse
PPS	Precise Positioning Service
PRS	Public Regulated Service
PSR	Primary Surveillance Radar
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RIMS	Ranging and Integrity Monitoring System
RLG	RingLaserGyro
RNAV	Area NAVigation
RNP	Required Navigation Performance
RNP	RadioNavigasjonsPlan
ROS	Risiko Og Sårbarhet
RTCM	Radio Technical Committee for Maritime Services
SAR	Search And Rescue
SARSAT	Search And Rescue Satellite Aided Tracking
SBAS	Space Based Augmentation System
SCAT-I	Special CATegory I
SD	Samferdselsdepartementet
SESAR	SES ATM Resarch
SoL	Safety of Life
SOLAS	Safety Of Live At Sea
SoOP	Signals of Opportunity
SPS	Standard Positioning Service
SSR	Secondary Search Radar
STCW	Int. Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping
STL	Satelles Time and Location
TAI	International Atomic Time
TACAN	TACTical Air Navigation
TDMA	Time Division Multiple Access
TMA	Terminal Area
TWSTT	Two-Way Satellite Time Transfer
UHF	Ultra High Frequency
ULS	UpLink Station
UN-GGIM	United Nations Global Geospatial Information Managm. Com. of Experts
USNO	United States Naval Observatory
UTC	Universal Time Coordinated
VHF	Very High Frequency
VOR	VHF Omni-directional Radio range
VTS	Vessel Traffic Management
WAM	Wide Area Multilateration
WGS	World Geodetic System
WiFi	Wireless Fidelity
WWRNS	World Wide Radio Navigation System
WWVB	Radiostasjon drevet av NIST. Sender nøyaktig tid på 60 kHz radio



Utgitt av:  
Samferdselsdepartementet

Offentlige institusjoner kan bestille flere eksemplarer fra:  
Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon  
Internett: [www.publikasjoner.dep.no](http://www.publikasjoner.dep.no)  
E-post: [publikasjonsbestilling@dss.dep.no](mailto:publikasjonsbestilling@dss.dep.no)  
Telefon: 222 40 000

Publikasjonskode: N-0570 B  
Trykk: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon  
10/2018 – opplag 30

