

VEDLEGG til Høring - Avvikling av DGPS-tjenesten i Norge

Historisk bakgrunn for DGPS

GPS-systemet eies og opereres av det amerikanske Department of Defence, kom i generell bruk på sivile skip verden rundt fra 1990-tallet og ble senere pålagt som navigasjonsutstyr på skip.

Frem til 2000 ble signalene fra GPS med vilje gjort unøyaktige. Dette kaltes Selective Availability (S/A) og hadde til hensikt å reservere systemets beste ytelse for det amerikanske forsvaret. Det gjorde at GPS-posisjoner for sivile brukere hadde betydelig unøyaktighet og betydde at GPS ikke gav nøyaktig nok posisjon for navigasjon av skip i kystfarvann eller havner.

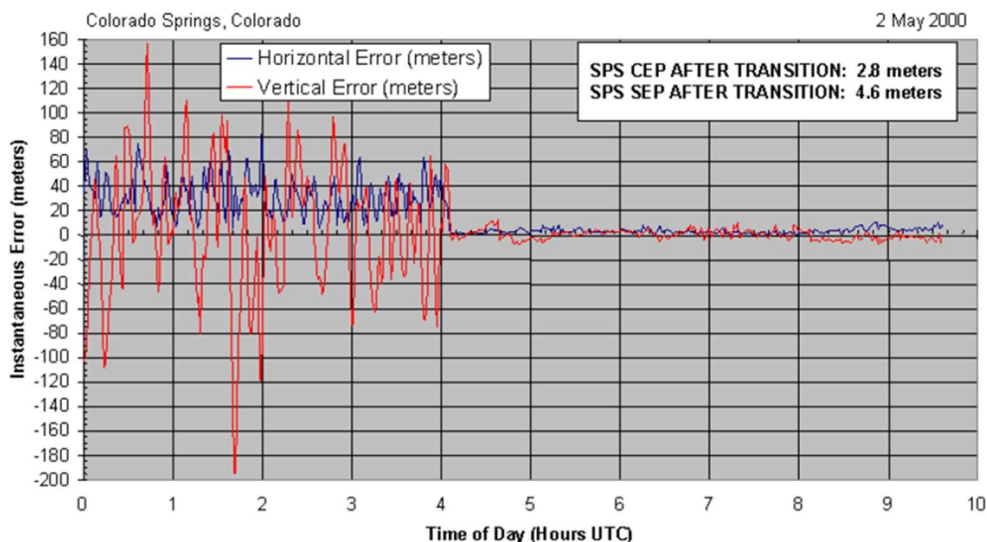
For å øke nøyaktigheten ble det, også fra midten av 1990-tallet, utviklet støttesystemer som baserte seg på å måle GPS-posisjon på faste punkter med allerede nøyaktig kjent posisjon og å kringkaste avviket mellom GPS-posisjon og virkelig posisjon fortløpende til skip slik at disse kunne korrigere sin posisjon tilsvarende og oppnå en bedre nøyaktighet. DGPS er et slikt støttesystem. I tillegg til å kringkaste korreksjon av GPS posisjon kringkaster DGPS samtidig varsler om GPS-satellitter der nødvendig korreksjon er så stor at signalet fra satellitten må ses på som upålitelig og ikke bør brukes. Dette kalles integritetsvarsel. Mer om DGPS på

<https://www.kystverket.no/navigasjonstjenester/dgps---radionavigasjon/>.

I 2000 ble S/A fjernet fra GPS og det ble erklært en policy fra øverste myndighet i USA om at systemets ytelse ikke lenger skal degraderes ¹².



SA Transition -- 2 May 2000



Figur: Posisjonsfeil i GPS-signalet før og etter S/A ble de-aktivert i 2000. (Standard Position Service (SPS), Circular Error Probability (CEP), Spherical Error Probability (SEP))

¹ https://1997-2001.state.gov/global/oes/space/000501_clinton_gps.html

² <https://www.gps.gov/policy/docs/2021/>

Regulatoriske krav til navigasjonssystemer på skip og til kyststatene

Krav til skip

SOLAS V, Regulation 19 – Carriage requirements for shipborne navigational systems and equipment stiller krav til at alle fartøy i internasjonal fart er utstyrt med en mottaker for et globalt satellitnavigasjonssystem eller tilsvarende. IMO stiller også krav til funksjonalitet og ytelser i slike mottakere gjennom IMOs ytelsesstandard for GPS MSC.112(73). Blant annet skal de være utstyrt med Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM), som er en innebygget funksjon for å bestemme om signalene fra satellitnavigasjonssystemet er troverdige (integritetsvarsel) gjennom å sammenligne posisjonsberegninger basert på flere GPS-satellitter enn det minste antallet som behøves for å beregne en posisjon. RAIM har vært et krav til nye navigasjonsmottakere siden 2003. Slike mottakere skal også være utstyrt for å kunne bruke DGPS-signaler som mottas, men fordi det ikke er krav om å motta selve DGPS-signalene er det altså ikke krav om at DGPS brukes. Krav om DGPS har også vært stilt til nye navigasjonsmottakere siden 2003. Gjennom Maritime Equipment Directive (2014/90/EU), Lov om skipssikkerhet (skipssikkerhetsloven) og forskriftsregelverket i Norge stilles disse utrustningskravene også til alle skip under norsk flagg.

Krav til Kystverket

IMO SOLAS V, Regulation 13 – Establishment and operation of aids to navigation stiller krav til kyststatene om å tilby navigasjonssystemer og tjenester i proporsjon til risiko og trafikkmengde i sine farvann. I Norge bestemmer Lov om havner og farvann §19 og §20 at departementet har overoppsyn med og forvaltningsansvar for innretninger og anlegg som skal gi navigasjonsveiledning og stiller tekniske krav til slike. Hverken IMO, EU eller norsk regelverk setter krav til at konkrete satellitnavigasjonssignaler, slik som DGPS-signaler, skal sendes ut til skip. Regjeringens PNT-strategi, På rett sted til rett tid fra 2018³, sier også at regjeringen vil opprettholde og vurdere å utvikle systemer for overvåkning og varsling av feil i alle viktige satellitnavigasjonssystemer. Kystverket oppfatter å være pålagt å operere DGPS inntil departementet har bestemt noe annet.

³ <https://www.regjeringen.no/contentassets/abd1dec7647a4c22aaef7d93046e3f2b/pa-rett-sted-til-rett-tid.pdf>

Ytelser i navigasjonssignaler i dag langs norskekysten

Krav og brukerbehov

Navigatører på skip navigerer ved bruk av elektronisk kart der skipets posisjon, kurs og fart settes automatisk ut i kartet og oppdateres fortløpende og automatisk når skipet beveger seg. Under seilasen kontrollerer navigatøren denne elektroniske kursen og posisjonen mot visuelle og radarbaserte observasjoner av topografi og navigasjonsinstallasjoner. For tilfelle satellittnavigasjonssystemet skulle gå tapt eller miste sin troverdighet (integritet) vil seilasen kunne fortsette basert på navigasjon ved hjelp av visuelle og radarbaserte observasjoner eller basert på fremskriving av skipets kurs og fart over tid.

Det betyr at to viktige brukerbehov for elektroniske navigasjonssystemer er å ha tilstrekkelig nøyaktig posisjon og å få rask kunnskap om det i tilfeller der posisjonen fra GPS skulle bli upålitelig.

Nøyaktighet

Det er gjennomført ulike målinger av navigasjonssignaler langs norskekysten i området mellom Bergen og Kirkenes i perioden 2018-2021.

Nøyaktighet (95% av alle posisjoner innenfor angitt radius fra sann posisjon)	GPS alene	GPS støttet av EGNOS	GPS støttet av DGPS
Kongsberg/Kystverket 2018	1,30 m	0,90 m	0,96 m
Kartverket 2019⁴	-	2,76 m	4,42 m
Kartverket 2021⁵	2,1 m	2,55 m	3,74 m
Kartverket 2021-2	3,47 m	3,80 m	2,90 m

Tabell: Merk at tallene baserer seg på ulike måleoppsett og analysemetoder, omfatter tildels ulikt geografisk omfang og er gjort i tildels ulike tidsrom.

Målingene tyder på at GPS alene gir en nøyaktighet som er bedre enn de 10 meter/95% satt i IMO A.1046(27). Målingene er litt flertydige, men Kystverket antar at EGNOS og DGPS gir lite eller ingen forbedring i nøyaktighet i forhold til GPS alene.

Integritet

DGPS-stasjonenes posisjon er nøyaktig kjent slik at når stasjonen måler GPS-signalene og sammenligner disse med denne posisjonen kan avvikene i GPS-signalene i prinsippet bestemmes nøyaktig. DGPS beregner korreksjoner for hver GPS-satellitt og varsler om upålitelighet for satellitter der signalene må korrigeres svært mye for å bli riktige.

EGNOS fungerer på tilsvarende måte som DGPS. EGNOS er et system utviklet for luftfart og det er ikke krav eller tilrettelegging i standarder for bruk av integritetsinformasjonen i signalene i navigasjonsmottakere på skip. Likevel er posisjonskorreksjoner fra EGNOS som regel inkludert i maritime navigasjonsmottakere.

RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) baserer seg på å bruke signalene fra flere GPS-satellitter enn hva som minst behøves for å beregne en posisjon og å bruke dette til å avgjøre om posisjonen er troverdig.

⁴ Report of test campaign along the Norwegian coast, Kartverket 2019

⁵ Independent measurements and analysis of GNSS performance 2021, Kartverket 2021

DGPS, EGNOS og RAIM har bare nytte så lenge GPS-signaler faktisk kan mottas. Hvis GPS-signalene forsvinner vil dette uansett oppdages av navigasjonsmottakeren om bord og alarmeres til navigatør.

Tabellen viser DGPS, EGNOS og RAIMs virkning ved noen ulike typer feilsituasjoner.

Nytte fra støttesystem ved ulike typer feil på GPS	DGPS	RAIM	EGNOS
Tap av GPS-signal uansett om det er lokalt ved skipet eller i et stort område	Ikke behov	Ikke behov	Ikke behov
Ionosfærefeil på GPS signal over et stort område (romvær)	Korreksjon Integritetsvarsel	Integritetsvarsel	Korreksjon
Flerbanefeil på GPS lokalt på skipet	Ingen virkning	Integritetsvarsel	Ingen virkning
Jamming av GPS lokalt ved skip med tap av signalet	Ikke behov	Ikke behov	Ikke behov
Narring av GPS lokalt ved skip	Ingen virkning	Integritetsvarsel i noen tilfeller *) Ellers ingen virkning	Ingen virkning
Narring av GPS over et stort område	Integritetsvarsel	Integritetsvarsel i noen tilfeller *) Ellers ingen virkning	Ingen virkning/usikkert
Narring av GPS ved DGPS eller EGNOS stasjoner, men ikke ved skipet	Integritetsvarsel som er misvisende for skipet	Ikke behov	Usikkert

Tabell: Hvordan støttesystemene og funksjonene avhjelper skipet ved ulike typer forstyrrelser på GPS.

*) Noen narremetoder kan oppdages gjennom RAIM

Signaltilgjengelighet

Signaltilgjengelighet er sannsynligheten for at signalet kan mottas og brukes på et sted og tidspunkt innenfor det geografiske området tjenesten er tiltenkt å dekke.

Målingene viser at DGPS er i vesentlig mindre grad tilgjengelig langs kystleden i dag enn EGNOS. Dette skyldes at flere av DGPS-stasjonene har vært ute av drift i deler av måleperiodene samtidig som topografien langs kystleden gjør at mottakerne på skip ofte ikke mottar signaler fra alternative stasjoner og dermed at den tiltenkte redundansen mellom stasjonene ikke fungerer mange steder.

Signaltilgjengelighet	GPS	RAIM	EGNOS	DGPS
IMO A.1046 (27) *)	99,8 %			
IALA G1112 *)				99,8 %
Kongsberg/Kystverket et 2018	99,825 %		99,23 %	62,84 %
Kartverket 2019	-		96,95 %	82,35 %
Kartverket 2021			97,66%	42,96 %

Kartverket 2021-2	100 %	99,89 %	33,27 %	53,81 %
--------------------------	-------	---------	---------	---------

*Tabell: Krav til signaltilgjengelighet og målt tilgjengelighet langs norskekysten. Merk at målingene baserer seg på ulike måleoppsett og analysemetoder, omfatter tildels ulikt geografisk omfang og er gjort i tildels ulike tidsrom. *)Maritime krav*

Hva skipene er utrustet med

I 2020 kartla Kystverket bruk av DGPS og RAIM på skip som brukte los langs norskekysten. 68 skip inngikk i kartleggingen som ble utført gjennom at losen inspiserer navigasjonsmottaker på skip under losingen.

Undersøkelser med leverandører av navigasjonsutstyr til skip som bygges i Norge tyder på at EGNOS ble innført som en funksjon i GPS-mottakere fra omlag 2009. Utfra sammensetningen av skipenes alder i anløpsstatistikken tyder dette på at minst 60% av fartøy som anløper Norge er utstyrt med EGNOS.

Utrustning	Andel av lospliktige skip
Typegodkjent GPS-mottaker	100%
RAIM	80%
EGNOS	>60% *)
DGPS	70%

Tabell: Anslag på andel av alle skip som har ulike funksjoner i sin navigasjonsmottaker. *) Anslag basert på innføring av EGNOS på mottakere fra ca 2009 og alder på skip i norske farvann

Brukerundersøkelse

Det ble gjennomført en nettbasert brukerundersøkelse rettet mot ca 4000 navigatører med farledsbevis og ca 300 losere i april 2023. Det kom til sammen 476 besvarelser. Spørsmålene og aggregerte besvarelser er vedlagt.

Svarene tyder på at opp mot 70% av respondentene bruker DGPS enten alene eller i kombinasjon med EGNOS. 30% mener DGPS er avgjørende viktig for å oppdage feil i GPS. 45% av respondentene sier å bruke EGNOS, enten alene eller sammen med DGPS og 44% sier at RAIM er aktivert. Disse tallene er noe lavere enn det Kystverket har funnet ut tidligere. Når det gjelder RAIM så har Kystverket tidligere kartlagt bruken til ca 80% og fordi denne funksjonen har vært pålagt i nye navigasjonsmottakere siden 2003 så vil de aller fleste mottakere enten ha denne påslått eller ha mulighet til å slå den på.

Undersøkelsen viser også at 10% av navigatørene baserer sin navigasjon primært på elektronisk kartmaskin alene, og færre ved passering av spesielt trange punkter i leden. Mange av respondentene har opplevd feilaktige posisjoner i GPS og både observasjon av topografi, fyr og merker og indikasjoner fra navigasjonsmottaker og kartmaskin har vært kilde til at dette oppdages.

Utviklingen fremover på sikt

Det europeiske satellittnavigasjonssystemet Galileo antas å komme i full drift fra 2024 eller 2025 opplyser Norsk Romsenter. Selv om det ikke blir krav om det venter Kystverket at alle nyanskaffede navigasjonsmottakere vil inkludere både GPS og Galileo når disse blir tilgjengelige med typegodkjenning, men at det vil å være en innfasingsperiode i flåten, det kan være snakk om 10-15 år før Galileo og multi-GNSS er i bruk på hoveddelen av skip i norske farvann.

Det europeiske navigasjonssystembyrået EUSPA (EU Agency for the Space Programme) arbeider med å utvikle en Maritime Safety Service i EGNOS⁶ som skal tilby en integritetsfunksjon tilpasset maritim

⁶ https://egnos-user-support.essp-sas.eu/system/files/SoL_Roadmap.pdf

bruk. Kystverket regner med at alle nyanskaffede navigasjonsmottakere ment for bruk i europeiske farvann vil inkludere denne integritetsfunksjonen når typegodkjente mottakere blir tilgjengelig. Det må dog ventes en lang innfasingsperiode i skipsflåten tilsvarende som for Galileo og multi-GNSS.

GPS er i ferd med å moderniseres gjennom at det innføres nye åpne navigasjonssignaler for sivil bruk på nye satellitter⁷. Disse signalene har varierende egenskaper som inkluderer bedre motstandsdyktighet mot forstyrrelser og bedre posisjonsnøyaktighet. Ingen av disse signalene er kommet i operativ status enda fordi satellittkonstellasjonen fornyes gradvis over mange år og bruk av signalene avhenger av at mange nok satellitter sender de ut (minst 24 satellitter). Det er noe usikkerhet rundt standardisering og regulatoriske forhold ved bruk av de nye signalene i maritime mottakere og ingen mottakere synes å være forberedt for disse signalene per idag. Det betyr at det må ventes en innfasingsperiode også for disse.

Cyberisiko i DGPS

DGPS ble utformet på starten av 1990-tallet i en tid før cyberisiko var godt forstått som en fare. Spesifikasjonene omfatter basestasjonene, mottakere på skip og signalet imellom, og forvaltes av IMO, ITU, IEC og IALA.

Standarden for overføring av data fra DGPS-stasjonen til skipene baserer seg på ukryptert kommunikasjon og uten sikker identifisering av sendestasjonen og dette utgjør en risiko for at eventuelle falske signaler ikke blir oppdaget. Det skal sies at GPS i seg selv også har tilsvarende svakhet.

Hva andre land gjør med DGPS

Det mest effektive sett fra skipenes synsvinkel er åpenbart at navigasjonstjenester er de samme fra land til land og at skip kan bevege seg uten å måtte stille om navigasjonsutstyret. Dette er slik idag, men om landene tar ulike avgjørelser om å avvike eller operere systemet videre vil dekningen kunne bli variabel også i europeiske farvann.

Tyskland, Sverige, Danmark og Korea

Disse landene fremhever at DGPS fyller en viktig sikkerhetsfunksjon og har fornyet eller er i ferd med å fornye sine DGPS-tjenester.

Japan, USA⁸, Australia⁹, UK og Irland¹⁰, Canada¹¹

Disse landene har nå avviklet sine DGPS-tjenester under henvisning til at det ikke er behov for denne tjenesten lenger fordi GPS yter godt nok alene eller sammen med støttesystemer som EGNOS eller WAAS.

⁷ <https://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals>

⁸ <https://www.federalregister.gov/documents/2018/03/21/2018-05684/discontinuance-of-the-nationwide-differential-global-positioning-system-ndgps>

⁹ <https://www.amsa.gov.au/safety-navigation/navigation-systems/australias-differential-global-positioning-system>

¹⁰ <https://www.trinityhouse.co.uk/asset/4444/download?1588867317>

¹¹ <https://nis.ccg-gcc.gc.ca/public/rest/messages/en/message/125176>

Kostnader

Kostnader knyttet til operasjon av DGPS-tjenesten

Kystverket opererer 12 DGPS stasjoner fordelt langs norskekysten, plassert på Kystverkets fyrstasjoner.

Den samlede kostnaden ved videre operasjon av DGPS-tjenesten frem til og med 2035, og deretter avvikling, anslås til 101MNOK fordelt med 48MNOK knyttet til rehabilitering, fornying og opprydding og 53MNOK samlet for drift og vedlikehold frem til da.

Den samlede kostnaden ved operasjon av DGPS-tjenesten frem til og med 2025 og deretter avvikling anslås til 13MNOK fordelt med 4MNOK oppryddingskostnad og 9MNOK samlet for drift og vedlikehold frem til da.

Kostnader knyttet til DGPS-mottakere

Selv om selve GPS-mottakeren på skip er pålagt å kunne bruke DGPS-signaler den mottar er det ikke krav om at GPS-mottakeren skal kunne motta DGPS. For å kunne gjøre dette må GPS-mottakere også være utstyrt med en egen DGPS-mottaker inkludert en mer kostbar kombinert GPS/DGPS-antenne. Verdien av DGPS installasjonen på 70% av de ca 4000 unike skip over 500BT som anløp havn i Norge i 2020 (og som leverte anløpsmelding i SafeSeaNet) anslås til ca NOK 7000 per skip og samlet til 28MNOK. De fleste skipene seiler internasjonalt og bruksverdien av disse mottakerne for de fleste skipene avhenger ikke alene av at DGPS opereres i Norge.

Konklusjon

Når det gjelder posisjonsnøyaktighet så leverer GPS alene god nok ytelse i dag. Det er ikke behov for to parallelle støttesystemer som kan gjøre posisjonsnøyaktigheten bedre i svært sjeldne tilfeller der det oppstår ekstraordinært store feil på GPS.

Når det gjelder integritet eksisterer flere overlappende metoder. Selv om GPS-signalene sjelden eller aldri er upålitelige vurderes DGPS til fortsatt å ha noe betydning som en av flere sikkerhetsbarrierer i tilfelle upålitelighet likevel skulle oppstå i GPS. På den andre siden vil ytelsen i navigasjonssignalene øke i årene fremover uavhengig av DGPS. Samtidig er det en betydelig kostnad ved rehabilitering og videreføring av DGPS-tjenesten. Rehabilitering av tjenesten og videreføring frem til 2035 anslås å bety en merkostnad på opp mot 100MNOK i forhold til en avvikling. Etter en samlet vurdering synes det riktig å avvikle DGPS og spare disse kostnadene fordi

- det ikke er behov for posisjonskorreksjoner fra tjenesten fordi GPS yter godt nok alene eller så kan EGNOS gi minst like gode korreksjoner som DGPS
- deaktiveringen av S/A i GPS i 2000 har vist seg å bli videreført over tid
- DGPS-tjenesten kan ikke varsle om alle typer feil på GPS, blant annet vil ingen feil som er lokale for skipet bli varslet gjennom DGPS
- Det er ikke regulatoriske krav om at DGPS skal brukes på skip eller at kyststater skal levere signaler
- Flere land har avviklet sine DGPS-tjenester de senere årene
- de fleste større fartøy bruker RAIM og har dermed en funksjon for å varsle om upålitelig posisjon selv uten å bruke DGPS. Fartøy som ikke bruker RAIM idag har mulighet til å aktivere dette på sin eksisterende navigasjonsmottaker og til å velge en hensiktsmessig alarmterskel
- i tillegg til å utgjøre en reservenavigasjonsmetode bidrar observasjonbasert navigasjon også til å vurdere troverdigheten til GPS-posisjonen ombord i tillegg til RAIM
- DGPS er et teknisk utdatert system som også representerer en digital sikkerhetsfare i seg selv
- utviklingen i retning av at det kommer i bruk nye navigasjonssignaler i årene fremover