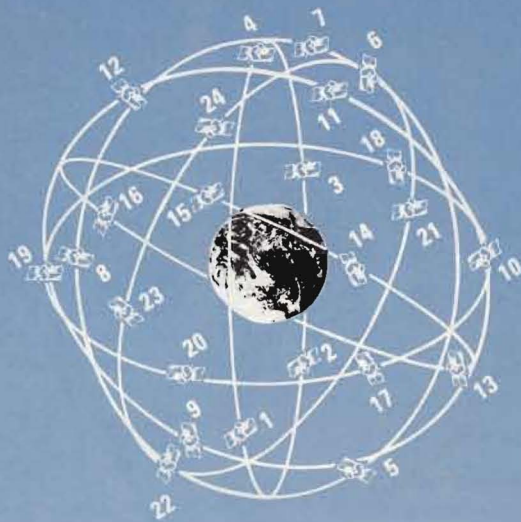
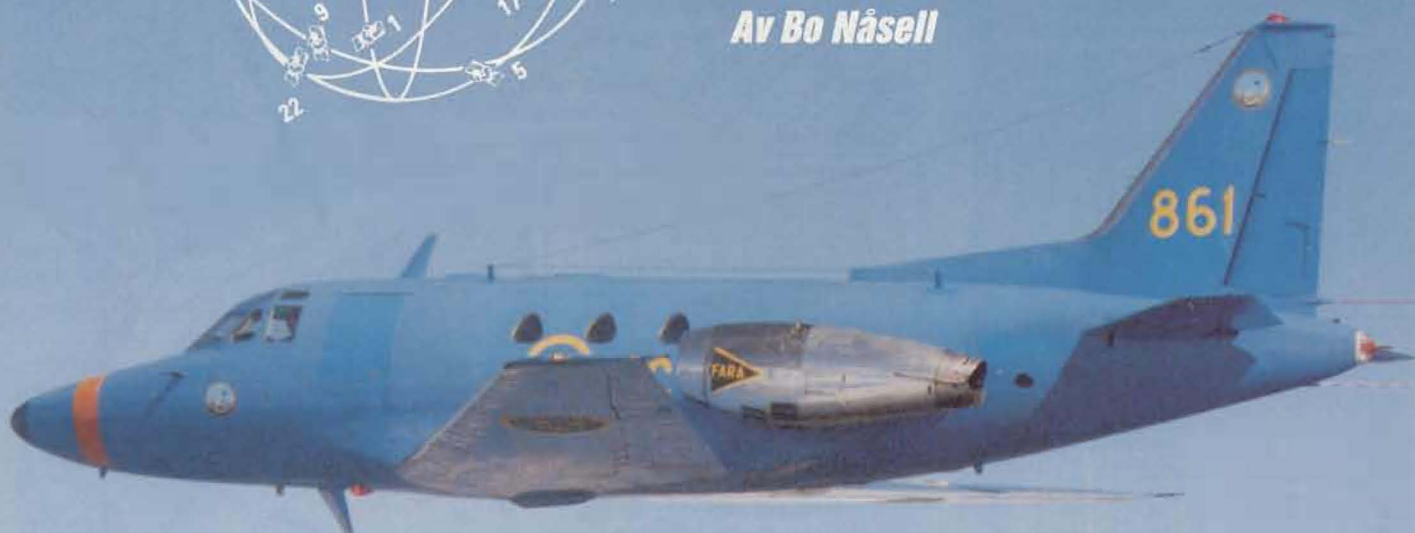


Del 3:



Detta är det tredje avsnittet om satellitnavigering. I nr 1/90 berättades om "sat-nav-systemet" i vårt svenska VIP-flygplan TP 100 (Saab 340B/T). I nr 2/90 följde vi upp med en allmän redogörelse för civila satellitnavigeringssystem i Väst och Öst. Nu avslutas temaserien med en summering av militära applikationer, ett ämnesområde som inte varit lika lätt att införskaffa uppgifter om.

Av Bo Nåsell



# Militär satellitnavigering

Det är i USA som navigeringssystemet **NAVSTAR GPS** (The NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) utvecklades. DOD (Department Of Defense) bekostar utvecklingen och uppskjutningen av satelliterna. Kostnaden uppges till ca 90 miljarder kronor. Varje satellit väger ca 900 kg. Satelliternas livslängd beräknas till 7 1/2 år. De placeras i banor på stort avstånd från jorden (ca 2000 mil). Satelliterna skjuts upp med Delta-raketer. De placeras i sex olika banplan. När systemet är färdigutbyggt ingår 24 satelliter. Omloppstiden är 11 tim och 58 min.

Satellitdatasignalerna är tillgängliga för såväl militära som civila ändamål.

Förutom för navigering används GPS också vid andra tillämpningar.

**Tidmätning.** – En betydelsefull militär GPS-tillämpning är möjligheten att få mycket noggranna tidsangivelser (ca 50

nanosekunder). Den används för t ex koordinering av hoppfrekvensförbindelser.

**Geodetisk inmätning.** – Med GPS är det möjligt att fastställa lägesrelationer på marken med centimeternoggrannhet. Man använder då en speciell teknik, s k *bärvågsmätning* (man gör fasmätningar på bärvågen). För att erhålla den höga noggrannheten behöver två villkor uppfyllas.

1) Mätningen behöver vid större avstånd utföras stationärt under viss tid = i dag några timmar och med utvecklad teknik några minuter.

2) Mätningen behöver göras samtidigt dels på den sökta punkten och dels på en känd punkt som ingår i ett triangelnät.

Genom efterbearbetning av mätdata kan sedan det relativa avståndet och den relativa riktningen mellan punkterna be-

räknas samt koordinatskillnaden fastställas med centimeternoggrannhet.

Sådana GPS-mätningar har med framgång genomförts sommaren 1990 i Flygvapnet.

**Navigering.** – GPS tillsammans med **Glonass** (det sovjetiska satellitnavigeringssystemet) kan förutses bli de dominerande navigeringssystemen mot slutet av 90-talet.

Skälet är att när systemen är helt utbyggda, kan man bestämma sin position sekunds snabbt på alla höjder i tre dimensioner och med stor noggrannhet.

## Militär användning

Systemen är framtagna av militären för militär användning. GPS för amerikanska stridskrafter och NATO-förband. GLO-NAS för östsidans stridskrafter. Båda sy- ▶



stemen är också tillgängliga för andra användare. Ännu så länge är någon avgift för användningen inte aviserad. GPS, som vi känner bäst, har två olika tjänster. Dels en krypterad **PPS-kod** (Precise Positioning Service) avsedd för auktoriserade främst militära användare och dels en **SPS-kod** (Standard Positioning Service) för allmänt bruk. PPS-koden ger möjlighet till hög navigeringsnoggrannhet (storleksordningen  $\pm 10$  m). SPS ger ca 25 m navigeringsnoggrannhet under ostörda förhållanden. Man använder två metoder för att förhindra oönskad användning av den högsta noggrannheten:

1) **SA (Selective Availability)**, som ger något försämrade satellitdata och tidsreferens. SA påverkar både PPS och SPS. Med en kryptomodul i en PPS-mottagare erhålls korrektionsmeddelanden som ger full noggrannhet.

2) **AS (Anti Spoofing)** innebär att PPS kodas till Y-kod. För att kunna ta emot PPS med Y-kod fordras en kryptomodul och kryptonyckel, som endast kan erhållas efter tillstånd från DOD.

Följande tabell visar i meter hur positionsnoggrannheten påverkas av kod och störning.

ostört	SA utan nyckel	SA med nyckel	SA+AS unyck	SA+AS mnyck
SPS 25	100	25	100	25
PPS 10	100	16	-	16

GPS med SA uppges vara mycket svårstörd.

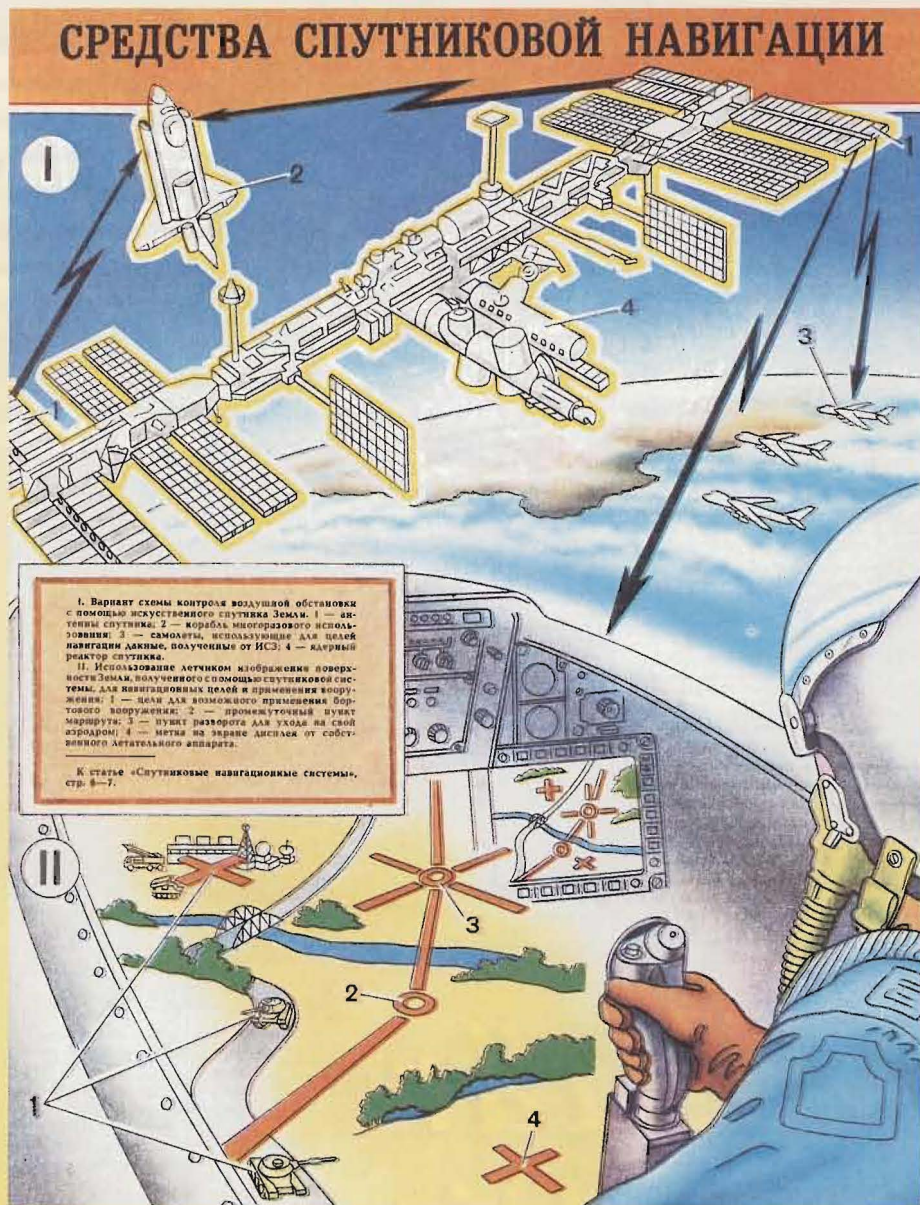
Skälet till ovanstående degraderingar är bl a för att förhindra robotanfall med meterprecision mot eget territorium.

● ● Det svenska flygvapnet har tillgång enbart till den allmänna SPS-koden. Med en referens-GPS-mottagare finns det möjlighet att lokalt återfå den högre precisionen (5-30 m). Referensmottagaren är en högkvalitativ mottagare (med 8-12 kanaler), som placeras på en mycket väldefinierad plats. Mottagaren kan därför beräkna det avståndsfel som varje enskild satellit anger. Detta fel är i stort lika i ett större område runt mottagaren (man anger en radie av ca 40 mil som acceptabel). Från mottagaren sänds korrektions signaler ut kontinuerligt för varje mottagen satellitfelvisning (pseudorange-korrektioner).

Flygplan och helikoptrar i området, som använder GPS och som kan ta emot korrektionssignalerna, kan korrigera varje mottagen satellits felvisning.

Det är möjligt att samtidigt registrera

**Princip för differentiell GPS.**



avläst GPS-läge i flygplanet och pseudorange-korrektionerna vid en GPS-referensmottagare. I efterskott kan så de exakta flygbanorna beräknas.

För att kontinuerligt få exakt läge indikerat från GPS, behöver korrektionssignalerna sändas upp till användaren i luften. Detta kan ske via radio eller radiolänk eller med annan överföringsmetod. Televerket i Sverige arbetar på lösningar för att kunna sända ut GPS-korrektions signaler över hela landet.

**GPS i flygvapnet?**

Finns det anledning att i flygvapnets verksamhet använda satellittekniken vid navigering? Flygvapnet saknar tillgång till PPS-koden och någon garanti för att SPS-koden finns tillgänglig i GPS-systemet i kris och krig finns inte.

Möjligheten att använda GLONASS är inte utredd.

Noggrannheten redan med SPS-koden är bättre än i de flesta andra navigerings-system som används i flygvapnet. Med differentiell teknik blir noggrannheten helt överlägsen. Även om flygvapnet i dag inte har tillgång till PPS-koden, kan man

inte utesluta att i en framtid en sådan möjlighet kan uppenbara sig. Så har t ex Australiens flygvapen fått tillgång till denna kod.

Om en eventuell användning av GLO-NASS skulle ge samma noggrannhet som GPS PPS-kod, kan man inte utesluta möjligheten av att PPS-koden blir tillgänglig. Denna ger mycket hög navigeringsnoggrannhet.

Från Flygvapnets sida kan man emellertid inte lita på att användbara satellitnavigeringsdata finns tillgängliga i kris- och krigssituationer. Av denna anledning måste Flygvapnet hålla fast vid de ostörbara navigeringssystem som i dag finns i Flygvapnets krigsflygplan. – Som kuriositet kan nämnas, att USA i samband med IRAK-krisen minskade SA så att SPS ger en noggrannhet på ca 25 m.

Exempel på ett ostörbart system är trög-hetsnavigering (TN). GPS och TN är en utmärkt kombination för ett stridsflygplan. Beroende på var en GPS-antenn placeras på flygplanet, kan kontaktarna med satelliterna brytas av och till i samband med avancerade manövrer. I en växelverkan mellan TN och GPS kan därvid mycket hög lägesnoggrannhet ändå bibehållas.



● ● Vid årets internationella flygutställning i FARNBOROUGH var en märkbar tendens hos många tillverkare, att man i större navigeringssystem integrerar GPS med TN. Det framkom också, att man inom NATO satsar på GPS. Tillverkare från Italien, England, Tyskland, Frankrike och USA har startat ett samordningsprojekt. Inom projektet samarbetar man för att ta fram en uppsättning GPS-mottagare som täcker avioniksidan, marina behov och bärbara utrustningar.

Tillgången på operativa GPS-satelliter är ännu så länge begränsad (6 prototypsatelliter och 9 reguljära av planerade 24 satelliter). Detta innebär att tvådimensionell navigering i dag är möjlig ca 20 tim per dygn och tredimensionell navigering (där höjden också anges) är möjlig ca 14 tim per dygn. Data finns därför tillgängliga för försök med och begränsad användning av GPS.

Av denna anledning är det därför ännu bara militära beställningar i USA, som omfattar ett större antal sålda GPS-mottagare. En ny satellit skjuts upp varannan månad. Antalet sålda GPS-mottagare väntas därför stiga 91/92 både civilt och militärt, när de uppskjutna satelliterna ger full täckning dygnet runt. Först tvådimensionellt och sedan tredimensionellt och på alla höjder.

## Tänkbara användningsområden

**Incidentberedskap.** – Flygvapnets främsta uppgift är att med sin styrka vara fredsbevarande. I detta sammanhang är incidentberedskapen en betydelsefull verksamhet. Med GPS-stöttning kan man i dessa sammanhang ännu bättre än i dag logga lägen för att t ex verifiera eventuella kränkningar av svenskt luftrum.

**Utvärdering av luftstridssituationer.** – GPS ger möjlighet att med stor noggrannhet logga deltagande flygplans banor och åtgärder i luftstridsövningar. Vid en gemensam återspelning av loggade data får man ett bra underlag för att på ett effektivt sätt utvärdera och dra slutsatser av övningen.

**Kollisionsvarning mellan flygplan.** – En kombination av GPS och TN, som i real-

tid kan fastställa flygplanets läge och riktning, ger också underlag för beräkning av var inom en kon flygplanet kan befinna sig de närmaste sekunderna. Genom att flygplan inom samma område sänder dessa predikterade lägen till varandra, kan också kollisionsvarning ges när koner skär varandra. Med ett sådant system kan t ex luftstridsövningar göras mer realistiska och effektiva.

**Kollisionsvarning flygplan-mark.** – Genom användning av en terrängdatahöjdbas i kombination med ett hinderregister finns med satellitnavigeringens höga noggrannhet möjlighet att lägga in varning för framförliggande mark eller flyghinder.

**Diagramflygning.** – Diagramflygning av radarstationer ställer krav på noggrann loggning av flygplanets läge i förhållande till vad radarstationen visar. De loggningsmöjligheter som GPS kan erbjuda torde vara ett kostnadseffektivt alternativ.

**Kontrollflygning av landningshjälpmedel.** – De kontrollflygningar som görs av Flygvapnets landningshjälpmedel fordrar i dag omfattande mätutrustning på marken, som mäter in flygplanets bana. Om motsvarande inmätning kan ske med GPS direkt i luften, torde även detta vara en kostnadseffektiv lösning.

**GPS som landningshjälpmedel.** – ICAO diskuterar GPS som ett framtida alternativt landningshjälpmedel till MLS (= Microwave Landing System). Med ett GPS-landningssystem i FV:s flygplan blir alla banor oberoende av banriktning tillgängliga för landning under instrumentlandningsförhållanden.

## Flygvapnet och GPS i framtiden?

Som framgår av FV-Nytt nr 1/90 är Flygvapnet först i landet med att använda GPS i operativ drift med TP 100. Erfarenheterna från användningen av GPS-mottagarna är fortfarande mycket positiva under de timmar på dygnet när tillräcklig satellitäckning finns.

Flygvapnets nya flygräddningshelikoptrar HKP 10 är förberedda för integration av en GPS-mottagare i det omfattande navigeringssystem som finns i helikop-



Exempel på presentationssystem för GPS-landning (Tunnelpresentation. Observera terrängen i bakgrunden.)



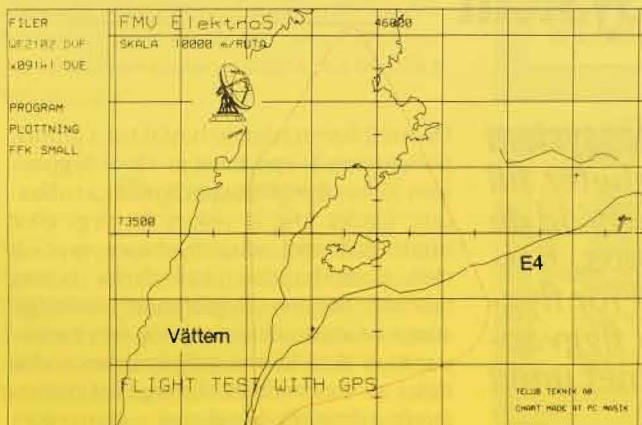
tern. I Flygvapnets äldre helikoptrar HKP 3 har, som föregångare till GPS, en AP-navigatör installerats. Denna får sitt underlag från DECCA-kedjorna. I större delen av landet fungerar AP-navigatören bra (ca 300 m navigeringsnoggrannhet). I inre delen av landet är dock DECCA-täckningen begränsad. Här kan det bli aktuellt att förse en första HKP 3 med en GPS-mottagare med i stort samma navigeringspresentation som i dag finns i AP-navigatören.

**GPS-projekt i Sverige.** – Ett svenskt företag arbetar i dag bl a med en GPS-transponder med sju mottagarkanalerna och en sändarkanal, som kontinuerligt sänder ett flygplans läge till marken och till andra flygplan för detektering på t ex dataskärmar. Transpondern kan också hantera differentiella data från en referensstation.

Företaget har i ett tidigt skede börjat studera GPS-koncept och utveckla flygtillämpningar runt detta. Detta arbete ledde till att information och vetskap om GPS kom att spridas i Sverige. Initiativet medförde att ett svenskt IT4 (=statsunderstött samarbetsprojekt) för GPS-studier startades. I projektet tillvaratas flygvapnets intressen av FMV (Försvarets Materielverk).

Förutom FMV ingår i projektet Televerket, Lantmäteriverket, Sjöfartsverket, Ericsson, SAAB-SCANIA, FFV och VOLVO.

FMV:PROV har genomfört flygprov med GPS i TP 86. En ny sexkanalig differentiell GPS-mottagare installeras i TP 86. En referensstation kommer att placeras i Karlsborg. Markprov avses genomföras i december 1990. Flygproven skall inledas i januari 1991.



Målföljningsbana från ett av våra svenska sat-nav-prov.

Denna prickade bana användes vid flygning mot Karlsborgs olika inmätningssystem. Flygplanet leddes från Karlsborg.