

# INNEHÅLL

15	LANDNING, SYSTEM OCH METODER	3
15.1	Allmänt	3
15.2	Landningssystem	5
15.2.1	Allmänt	5
15.2.2	Landning utan markbundna landningshjälpmedel	5
15.2.3	Landningshjälpmedel med sidlägesinformation	6
15.2.4	Landningshjälpmedel med sid- och höjdlägesinformation	8
15.2.5	Framtida landningssystem	16
15.3	Landningsnormer	17
15.3.1	Allmänt	17
15.3.2	Felkällor hos landningssystem	18
15.3.3	Inflygningsområden	19
15.3.4	Parametrar för landningsminima	21

## 15 LANDNING, SYSTEM OCH METODER

### 15.1 ALLMÄNT

Med *landning* avses det förlopp under flygningen som innebär förberedelser för och utförande av en procedur som för flygplanet från allmän flygning till ett stillastående läge på marken. Synonymt med begreppet *landning* kan *inflygning* användas.

För att underlätta landningen används en särskild inlärd rutin som växlar beroende på befintligheten eller typen av landningshjälpmedel.

Med *landningshjälpmedel* menas ett system som ger riktungs-, avstånds-, sidläges- eller höjdlägesinformation eller en kombination av dessa, längs en flygbana som leder fram mot sättpunkten på rullbanan.

Med *sättpunkt* menas den punkt där landningsmanövernns aktuella flygbana (glidbana) skär rullbanan.

*Avbruten inflygning (pådrag)* kallas den del av inflygningen som vidtar när flygföraren vid ett misslyckat landningsförsök ej når sättpunkten utan flyger över landningsbanan och stiger till betryggande höjd.

Varje lyckat flyguppdrag måste avslutas med en landning. De flesta landningar kan utföras med hjälp av yttre visuella referenser i bra väder, men många landningar måste genomföras med utnyttjande av elektroniska landningshjälpmedel i väder med nedsatt sikt.

Vid en normal flygning nalkas flygplanet flygfältet på en viss höjd och påbörjar därefter en höjdminskning i ett eventuellt landningsvarv för att nå en punkt i rullbanans mittlinjes (QFU) förlängning. I sista fasen av inflygningen (finalen) bibehåller flygplanet ett konstant höjdläge för att vid avståndet ca 10 km från landningsbanan ånyo börja en höjdsänkning mot sättpunkten med en glidbanelutning om 2–4°.

På finalen utnyttjas eventuell sidlägesinformation från aktuellt landningshjälpmedel. Vid ankomsten till glidbanans början används fortsättningsvis dessutom styrinformationen från landningshjälpmedlets höjddledningssändare in till dess flygföraren kan erhålla yttre visuella referenser som medger en säkerställd landning.

Vädersituationen i området kring flygfältet har som framgått stor inverkan på landningens genomförande. En landning under visuella väderförhållanden (VMC) kan utföras i enlighet med visuelflygreglerna (VFR) medan en landning under instrumentväderförhållanden (IMC) måste utföras i enlighet med instrumentflygreglerna (IFR).

För att karakterisera vädersituationen inför man begrepp som molnbas (molnhöjd) och bansynvidd (RVR = Runway Visual Range). Bansynvidden är ett mått på sikten och anger det största avstånd längs en rullbana, på vilket banljus (el motsv) är synliga, mätt från den banände där inflygning sker. International Civil Aviation Organization (ICAO) definierar vissa väderkategorier med bestämda värden för molnbas och bansynvidd. Kategori I innebär 60 m molnbas och 800–1200 m bansynvidd. Kategori II innebär 30 m molnbas och 400 m bansynvidd. Kategori III innebär 0 m molnbas och III a 200 m, III b 50 m och III c 0 m bansynvidd.

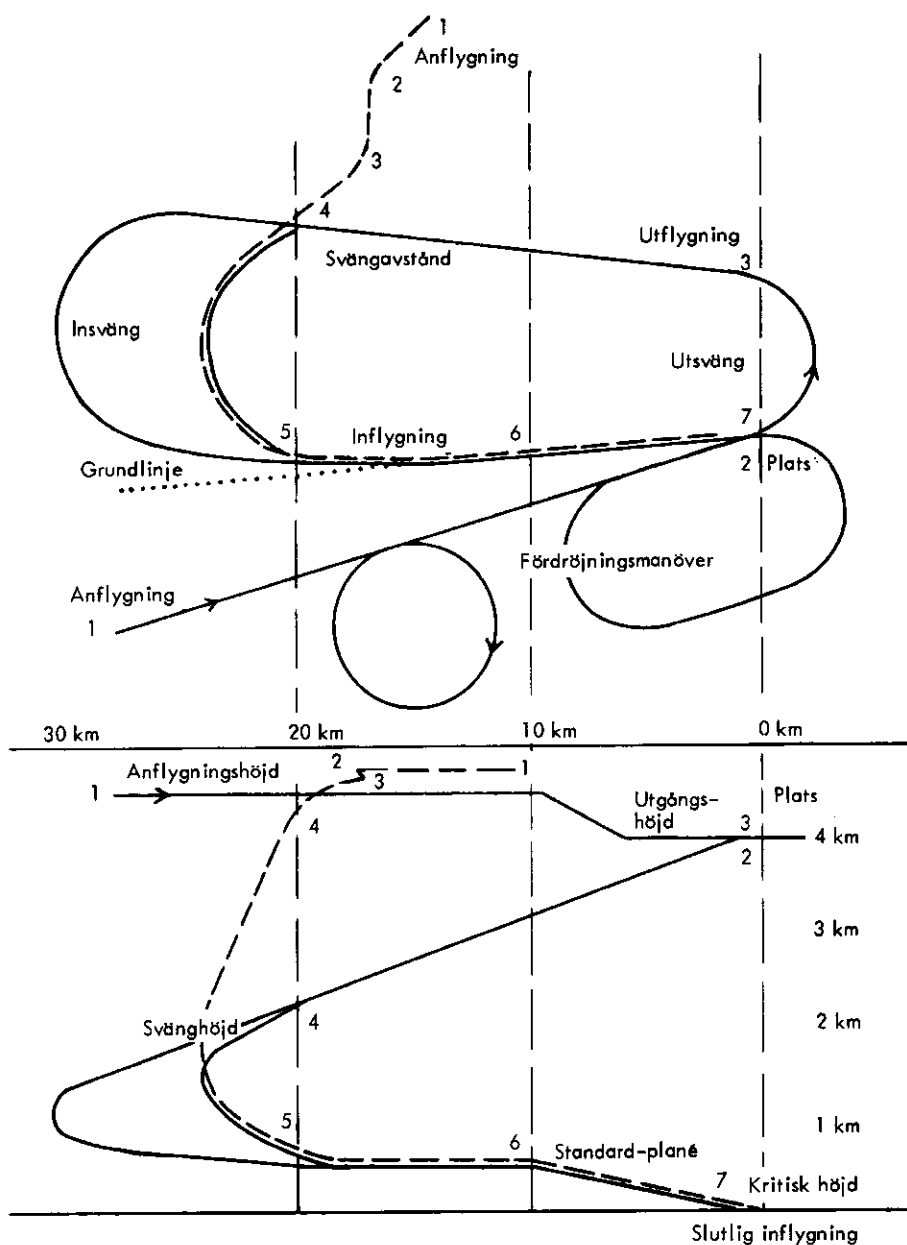


Bild 15.1 Slingmetod — och rakbanemetod — — — vid landning

Uppenbarligen krävs allt noggrannare landningssystem med presentationsutrustningar ombord på flygplanet som underlättar en följning med mycket små fel, om landning skall kunna genomföras i en lägre väderkategori. Redan kat I innebär stora krav på landningssystemet.

Med en *landningsprocedur* förbereder och utför flygföraren landningen. Proceduren växlar beroende på typen av landningshjälpmedel och navigationssystem.

Landningsprocedurerna vid instrumentflygning åskådliggörs på bild 15.1. Med slingmetoden görs ett landningsvarv efter platstagnation ovanför flygfältet medan vid rakbanemetoden en anflygning görs direkt till grundlinjens (QFU) förlängning. Då mer än ett flygplan skall landa gör de efterföljande flygplanen en fördröjningsmanöver i lämpligt väntläge.

Platstagnation sker på lämplig utgångshöjd som anges av flygkontrollorgan. Vid rakbanelandning anvisar samma organ lämplig anflygningshöjd. Inflygningen påbörjas då inkurs har uppnåtts och avslutas med en standardplané ned mot sättpunkten med en konstant sjunkhastighet.

## 15.2 LANDNINGSSYSTEM

### 15.2.1 Allmänt

De flesta landningshjälpmedel kompletteras med ytterligare utrustning ombord på flygplanet såsom luftdataenhet och kursgyro för att forma det landningssystem som är fördelaktigast sett ur noggrannhets- och säkerhetssynpunkt.

Landningshjälpmedlet ger information om flygplanets läge i sidled och/eller höjdläge i förhållande till en nominell glidbana ned mot sättpunkten. Flygföraren får information om sitt aktuella läge i förhållande till den nominella banan, eller information om hur han skall styra för att nå den nominella glidbanan. I dessa fall talar man om egenlandningssystem. En annan typ av hjälpmedel kräver en aktiv insats från markpersonal (trafikledare), som på grundval av information från radarrepresentationsutrustning på marken, meddelar flygföraren flygplanets läge i förhållande till den nominella glidbanan.

I framtiden kommer egenlandningssystemen att få allt större dominans medan system av typ »dirigering från marken» endast kommer att tjäna som reserv- eller övervakningssystem. Landningsförloppet kommer att bli alltmer automatiserat för att avlasta piloten och minska den mänskliga faktorns betydelse.

I det följande presenteras olika landningssystem, som används inom FV. De landningshjälpmedel som utnyttjas mest behandlas här mer ingående.

### 15.2.2 Landning utan markbundna landningshjälpmedel

Som framgick ovan är allmänna navigeringshjälpmedel användbara i de fall en landning måste utföras utan särskilt markbundet landningshjälpmedel. De flygburna navigeringsutrustningar som avses är luftdatainstrument, radarhöjdmätare och kursgivare.

Eftersom utrustningarna beskrivs i kap 8 skall här endast beröras användningen av respektive instrument vid landning.

Luftdatainstrumenten ger information om fart, höjd och stig- eller sjunkhastighet. Vid allmän flygning refereras till standardatmosfären 1013, 2 mb, enligt ICAO, (QNE) och flyghöjden anges då som t ex 4550 std (standardatmosfärhöjd). Vid civil lufttrafik i luftleder relateras alltid höjden till standardatmosfären, vilket innebär att en viss flyghöjd i std har en med lufttrycket varierande motsvarighet i verkligt höjdläge. Då större noggrannhet erfordras, ställs den barometriska höjdmätarens millibarskala in på lufttrycket vid havsytans nivå (QNH). Höjdmätarens höjdangivelser refereras då till havsytans medelnivå.

Då en landning skall genomföras ändras referenshöjdtrycket till lufttrycket vid flygfältets nivå (QFE). I allmänhet beräknas ett QFE för varje bansträcka (rullbanans början) och flygföraren meddelas aktuell bansträckas QFE strax före landning. Flygföraren får på så sätt en relativt noggrann uppgift om flygplanets höjd i relation till rullbanans början under hela landningsförloppet.

En radarhöjdmätare mäter avståndet till terrängen under flygplanet oberoende av atmosfärsvariationerna. Eftersom variationerna i terrängens höjdnivåer kan vara stora (radarhöjdmätaren anger avståndet till terrängens höjdkontur), blir utslagen på radarhöjdinstrumentet mycket ryckiga, trots en viss känslighetssträcka. Radarhöjdmätningen ger dock en väsentlig information om höjdskillnaden till närmast underliggande hinder. Se avsn 8.8.

Kursgivare (kursgyro eller magnetkompass) utnyttjas när ett flygfält skall anflygas och markbaserade riktningshjälpmedel saknas. Efter platstagningen följs utflygningskursen med hjälp av kursgivare och efter insvängen mot rullbanans grundlinje (QFU) upprätthålls kursen mot sättpunkten i rullbanans magnetiska riktning genom följning av utslaget på kursinstrument.

Vid höjdsänkningen i standardplanén kan med fördel variometern användas. Variometern registrerar flygplanets sjunk- eller stighastighet genom att mäta tryckförändringen. Se kapitel 8. Eftersom sjunkhastigheten i standardplanén skall vara relativt konstant, kan flygföraren försöka hålla ett konstant variometerutslag. Samtidigt skall då kursen, som leder mot rullbanan, följas med hjälp av kursgivarinstrumentet.

En landning utan markbaserade landningshjälpmedel kan på ovan angivna sätt genomföras med godtagbar noggrannhet. Flygplanets höjdmätare möjliggör ett intagande av rätt utgångshöjd, svänghöjd och inflygningshöjd, samt medverkar tillsammans med variometern till att planén kan genomföras med acceptabla avvikelser.

Vädersituationen vid en landning av detta slag är betydelsefull, eftersom god sikt med hög molnbas gynnsamt påverkar landningens lyckliga genomförande.

### 15.2.3 Landningshjälpmedel med sidlägesinformation

I detta avsnitt skall behandlas landningssystem som ger information om riktning eller sidläge i förhållande till flygfältet eller till en nominell inflygningsbana mot sättpunkten. De landningshjälpmedel som avses används i regel som navigeringshjälpmedel, men kan även utnyttjas vid landningen. Pejl, VOR och NDB är system som har denna egenskap medan SRE är ett renodlat landnings- och övervakningssystem. Pejl, VOR och NDB behandlas i kap 9 vad avser dess användning i navigeringssammanhang.

#### 15.2.3.1 Pejl

Pejlar har behandlats i avsn 9.2, varför här endast antyds pejlers användning vid landning.

Fördelen med pejlingen (markpejl) är att flygplanet endast behöver vara utrustat med en kommunikationsradio. Strålningen från denna mäts in från marken med hjälp av en rörlig (mekaniskt eller elektriskt) ramantenn. Trafikledaren, för vilken flygplanets riktning blir känt på grundval av den från pejlen presenterade informationen, meddelar flygföraren lämplig anflygningskurs och kan sedan med pejlen kontrollera anflygningen.

Flygföraren tar därefter plats ovanför pejlen och gör en sväng och utflygning enligt slingmetoden på trafikledarens order. Efter insvängen mot inflygningslinjen kan flygföraren använda hjälputrustning av typ luftdata och kursgivare för att fullfölja landningen. I allmänhet är dock pejlen placerad i nära anslutning till någon rullbana vilket innebär att pejlen används som komplement även vid inflygningen.

Med pejl uppnås en noggrannhet om 3–5°.

Då flygplanet är utrustat med flygburen pejl, *ADF* (se avsn 9.2.3), kan pejlingen utföras från flygplanet mot någon fast radiofyr eller radiostation. Det kan vara en NDB-fyr, en LI eller en LO. De senare är lokaliseringsfyrar, angringsfyrar, för inflygning mot landningsbanor, varav i allmänhet en yttre står 6,5–11 km

från sättpunkten och en inre står ca 1 km från sättpunkten. Där radiofyren står placerad i anslutning till inflygningsområdet kan användningen av ADF möjliggöra en landning efter en med markpejlmetoden analog procedur. Där radiofyren ej står placerad i anslutning till inflygningsriktningen kan flygföraren ta plats över fyren och efter en för respektive fall speciell procedur (slingmetod) fullfölja landningen.

Noggrannheten med flygburen pejl ADF kan uppskattas till 5°.

### 15.2.3.2 VOR

VOR är ett mycket vanligt navigeringshjälpmedel. I avsn 9.3 behandlas VOR mera ingående, medan här endast landning med VOR tas upp. VOR-fyren sänder med två strålningsdiagram, ett fast och ett roterande. På ett särskilt VOR-instrument eller ett ILS-instrument informeras flygföraren om bäringen till den aktuella VOR-fyren, som identifieras av en morsekodad signal.

Noggrannheten i bäringsangivelsen är ungefär 3°.

Eftersom VOR företrädesvis är ett civilt navigeringshjälpmedel är VOR-fyrar i allmänhet placerade i civila luftleder och i anslutning till terminalområdet för civila flygfält. Det hindrar inte att militärflyget i vissa avseenden kan utnyttja VOR som landningshjälpmedel, främst då för att ge anflygningsledning. Efter platstagning genomförs landningen enligt slingmetoden. I de fall en VOR-fyr är lämpligt placerad i förhållande till rullbanan kan inflygning ske på grundval av bäringsinformationen från VOR kompletterad med kursinformationen.

### 15.2.3.3 SRE

SRE (Surveillance Radar Element) är en övervakningsradar med täckning 360° runt utrustningen. Räckvidden varierar men är för SRE-delen av PAR 46 km. Andra SRE i Sverige har räckvidder om ca 120 km. Principerna för radar framgår i avsn 10. Trafikledaren studerar ett PPI där ekot från flygplanet framträder. På grundval av informationen om flygplanets läge på PPI meddelar trafikledaren flygföraren om lämplig anflygningsriktning.

Med SRE kan både sling- och rakbanemetoden användas. Vanligtvis är dock SRE-utrustningen på flygplatsen kompletterad med ett annat landningshjälpmedel, varvid SRE uppfattas som ett trafikövervakande system, som kontrollerar och säkerställer landningarna.

Övervakningsradarn SRE har i allmänhet en noggrannhet om ca  $\pm 2^\circ$  i sidled och 5 % i avståndsled.

### 15.2.3.4 Anita

Navigeringsfyrarna Anita (lägre sändareffekt) och Anna (högre sändareffekt) utnyttjas i vissa situationer som landningshjälpmedel. Eftersom funktionsprinciperna för Anita och Anna är desamma, behandlas enbart Anita här.

Från flygplanet bestäms kurs och avstånd till Anita-fyren, som i allmänhet är uppställd i anslutning till flygfältet. Vid anflygningen ställs den flygburna stationen in på lämplig kanal och startar, om sändning sker med rätt frekvens (rätt kanal), markstationen Anita, som skickar ut en svarssignal (pulser). Motta-

garen ombord läser in på aktuell Anita-fyr om svarssignalen mottas på rätt kanal. På ett instrument anges då avståndet till Anita-fyren och på vilken sida om flygplanets längdaxel markstationen Anita befinner sig.

Avståndsmätningen sker enligt de principer som behandlas under DME i kap 9. Tiden mellan frågepulsens sändning från flygplanet och svarspulsernas ankomst mäts och ger information om avståndet.

Svarspulserna tas emot över två riktantenner i flygplanet och genom jämförelse mellan svarsamplituderna från vänster- respektive högerantennen erhålls en indikering av hur flygplanets längdaxel är riktad i förhållande till sammanbindningslinjen mellan flygplan och fyr. Vid lika signalstyrkor är flygplanet riktat rakt mot fyren och anflyger mot denna (homing). Platstagnung sker i allmänhet ovanför Anita-fyren.

Landningen kan sedan fullföljas med slingmetoden. Utflygningen sker med bestämd kurs och vid lämpligt svängavstånd (mätt från Anita-fyren) görs en insväng mot grundlinjen. Inflygningen genomförs med hjälp av kursreferens och höjdinformationen från höjdmätaren, om Anita-fyren ej är placerad så att riktningsinformationen därifrån kan utnyttjas. I allmänhet kan dock avståndsinformationen från Anita användas, på så sätt att om landningens glidbanelutning är 1:20 ( $2,86^\circ$ ), avståndet till sättpunkten divideras med 20 och det erhållna ideala höjdvärdet jämförs med den aktuella höjden given från luftdataenheten. När flygplanet har gått igenom moln och föraren kan flyga VFR korrigeras givetvis eventuellt felläge och landningen kan avslutas.

#### 15.2.4 Landningshjälpmedel med sid- och höjdlägesinformation

De landningssystem som behandlas i detta avsnitt har det gemensamt att de ger sid- och höjdlägesinformation till flygplanet.

Barbro har likartade funktionsegenskaper som Anita men är avsedd som landningsfyr. Både Barbro och Anita arbetar tillsammans med en flygburen frågestation och mottagare gemensam för navigerings- och landningsanvändningen.

PAR är en markradarstation som med två antenner sveper längst inflygningsriktningar i dels höjdlid, dels sidled. Trafikledaren informerar flygföraren om läget på inflygningsbanan.

ILS ger med två fasta antennarrangemang lobar i inflygningsområdet. Flygplanets läge i sidled och höjdlid i förhållande till en nominell inflygningsbana kan direkt avläsas ombord.

TILS ger med två snabbt svepande smala lobar flygplanläget i höjd- och sidled, som är avläsbart ombord på flygplanet, i form av styrorder till föraren.

##### 15.2.4.1 Barbro

Landningsradiofyren Barbro utnyttjas i allmänhet för direktlandning, men anflygning kan även ske mot en Anita-fyr varefter slingbanemetoden används, där då Barbrofyren utnyttjas under sista fasen av inflygningen. Barbro-fyren, som placeras vid landningsbanans ändpunkt, utgörs liksom Anita-fyren av en mottagare för flygplanets frågepulser och en sändare, som skickar ut svarspulser. Barbro har emellertid en lobväxlande riktantenn med de båda lobriktningarna på ömse sidor om inflygningslinjen och med loberna överlappande varandra så att signalstyrkorna blir lika på själva inflygningslinjen.

Information om avståndet ges genom mätning av pulsgångtid i enlighet med fråge-svarssystemet för Anita. Enligt ovan sänds sidlägesinformation i två lober, som ligger symmetriskt i förhållande till inflygningslinjen. Flygutrustningen mäter sidläget relativt inflygningslinjen genom att jämföra amplituden hos olika pulser. Oberoende av avståndet från fyren är dessa sidpulser amplitudförhållande detsamma på samma vinkel från fyrens symmetrilinje (inflygningslinjen).

Beroende på flygutrustningens standard växlar presentationsformen för avstånds- och sidlägesinformationen. Presentationen kan ske direkt efter mottagningen på instrument för flygföraren. I andra fall slussas den mottagna informationen in i en kalkylator och behandlas tillsammans med information från andra givare för att sedan i lämplig form presenteras för flygföraren på instrument.

Det senare förfarandet används med flygplan 35. Flygföraren ges här information i form av styrorder som om de följs leder in mot den ideala inflygningslinjen till sättpunkten. I två blockscheman (bild 15.2) åskådliggörs hur landningssystemet Barbro används med flygplan 35.

Vid höjdlägesbestämningen utnyttjas avståndsmätningen som sker i Barbro-systemet. Eftersom landningen utförs med glidbanelutningen 1:20 ( $2,86^\circ$ ), kan ett avstånd till sättpunkten översättas till en motsvarande höjd genom en division med 20. Denna division ombesörjs i kalkylatorn, där den så erhållna ideala höjden jämförs med den aktuella höjden enligt luftdataenhetens höjdmätare. Referenshöjdtrycket QFE för gällande bantröskel (se avsn 15.2.2) har tidigare ställts in på aktuellt värde och luftdatahöjden motsvarar således höjdskillnaden mellan flygplanhöjden och bantröskelns höjd. Luftdatahöjden jämförs med den avståndsberoende höjden på glidbanan 1:20 och skillnaden  $\Delta$  ger upphov till ett utslag på den horisontella visaren på kursvisarinstrumentet.

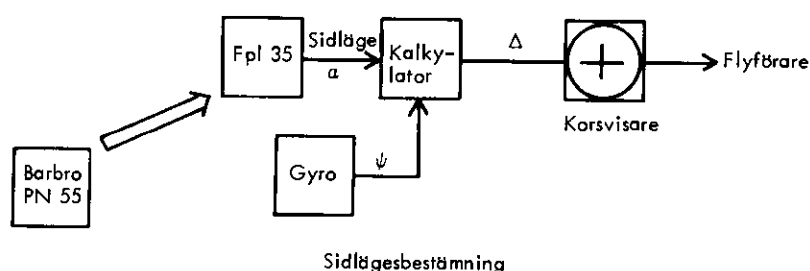
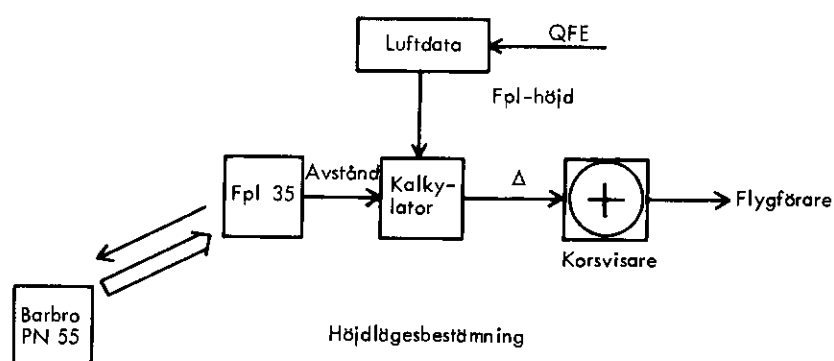


Bild 15.2 Blockscheman över landningssystemet Barbro använt med fpl 35



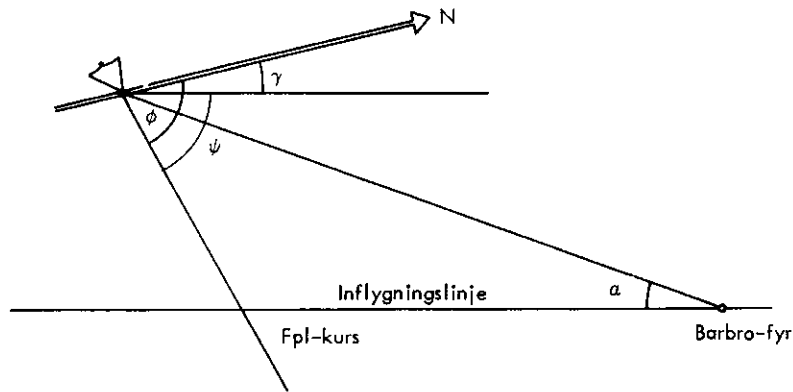


Bild 15.3 Sidinflygningsbana (Barbro)

Tabell 15.1 Landningshjälpmedel Barbro

Informationstyp	En markstation som ger avstånd och sidläge
Frekvens	210–240 MHz
Effekt	Markutrustning 100–200 W Flygutrustning $\approx$ 300 W
Räckvidd	40 km
Täckningsområde sidlägessändare	$\pm 35^\circ$
Antal kanaler	1 frekvensval 8 olika fyrvalskanaler
Modulation	Pulsmodulation
Informationstypsidentifiering	Avståndsmätning enligt DME-metoden sidlägesinformationen fås ur pulsamplitud- mätning
Användning	Fpl 32, fpl 35 m fl
Övrigt	Noggrannhet i höjdbestämningen 25 m vid avståndet 0 km 35 m vid avståndet 10 km Noggrannhet i sidbestämningen $3^\circ$

Vid sidlägesbestämningen erhålls från Barbro-fyren aktuellt sidläge  $\alpha^\circ$  i förhållande till fyrens symmetri (inflygningslinjen). Från kursgivarutrustningen erhålls skillnaden  $\Psi$  mellan kursvinkeln  $\phi$  och landningsbanans riktning  $\gamma$ . Se bild 15.3. Kalkylatorn bestämmer en skillnad  $\Delta$  mellan  $k \cdot \alpha$  ( $k$  konstant) och  $\Psi$ , som på korsvisarinstrumentet styr ut den vertikala visaren. Genom att flyga så att  $\Delta$  håller sig kring noll, kommer flygföraren att följa en bana in mot inflygningslinjen.

Landningssystemet Barbros egenskaper finns återgivna i tabell 15.1.

#### 15.2.4.2 ILS

ILS (Instrument Landing System) är det av ICAO förordade landningshjälpmedlet. Följaktligen är ILS mycket utnyttjat världen över främst för civila instrumentinflygningar. Som militärt landningshjälpmedel är ILS främst användbart för transportflyg.

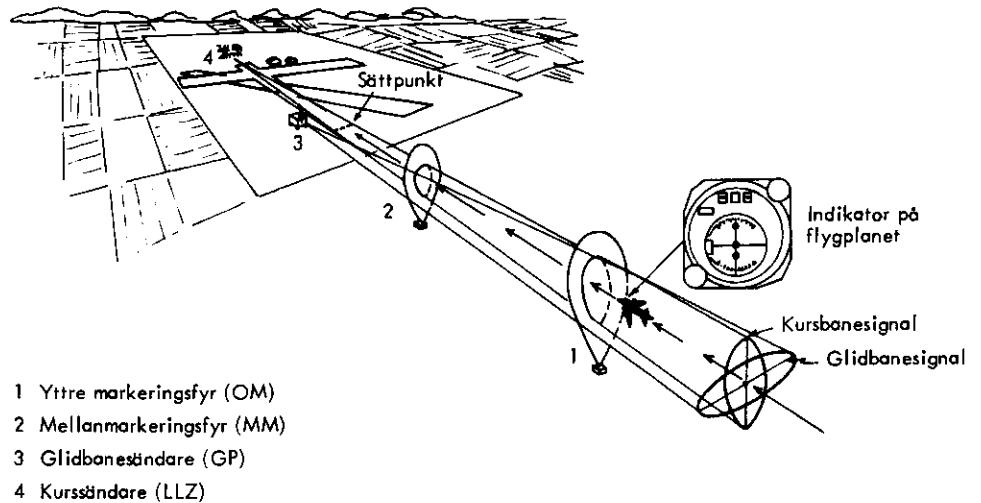


Bild 15.4 Instrumentlandningssystem ILS

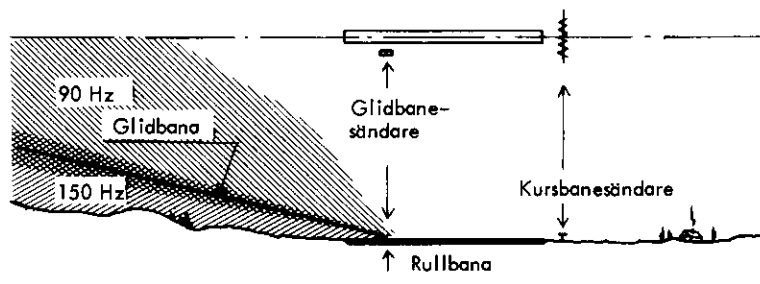


Bild 15.5 Glidbanesändare, princip

ILS ger ledning i höjd och sidled med två skilda sändare, glidbanesändare eller höjdläggessändare (glideslope) och kurssändaren eller sidläggessändare (localizer). Som inflygningshjälp finns i allmänhet 2–3 markeringsfyror på inflygningslinjen på olika avstånd från sättpunkten. Ofta utnyttjas i stället LO och LI, se avsn 15.2.3. Glidbanesändaren (höjdläggessändaren) står placerad vid sidan om rullbanan i höjd med sättpunkten. Kurssändaren (sidläggessändaren) står placerad i bortre banändan av aktuell rullbana. Se bild 15.4.

Höjdläggessändaren åstadkommer ett strålningsdiagram inom vilket en signal är proportionell mot det vertikala avståndet från den nominella glidbanan. På motsvarande sätt är sidläggessändarens signaler proportionella mot det horisontella avståndet från den nominella kursbanan (glidbanans markprojektion). Detta förklaras av att var och en av sändarna producerar radiovågor som innehåller två informationsbärare i form av en amplitudmodulation på 90 Hz och en på 150 Hz på den gemensamma bärvågen. I varje punkt inom täckningsområdet har den mottagna signalen en total modulation som består av en del 90 Hz-modulation och en del 150 Hz-modulation. Skillnaden i modulationsgraden för de båda frekvenserna motsvarar ett viss felläge, som presenteras på ett korsvisarinstrument. För glidbanesändningen gäller exempelvis att 150 Hz-modulationen dominerar vid underläge medan 90 Hz dominerar vid överläge i förhållande till den nominella glidbanan. Se bild 15.5.

Markeringsfyrrarna (Marker Beacons) har till uppgift att indikera avstånd till bantröskeln längs inflygningslinjen. De ger fixar för att underlätta orienteringen vid

landningen. Yttre markeringsfyren står ca 7 km från bantröskeln, mellersta markeringsfyren ca 1000 m och inre märkfyren 300 m från bantröskeln. Enligt de internationella bestämmelserna för ILS-installationer skall varje ILS-anläggning ha två markeringsfyrar med den tredje (inre markeringsfyren) som ett valfritt tilläggsalternativ. Se bild 15.4 och 15.6.

Markeringsfyrarna sänder med bärfrekvensen 75 MHz med en amplitudmodulering om 400 Hz, 1300 Hz och 3000 Hz för yttre, mellersta och inre markeringsfyren. För identifiering görs modulationen styckvis kontinuerlig i form av en nyckling i streck och prickar.

Ombord på flygplanet finns en särskild mottagare för markeringsfyrar och via audivisuell presentation indikeras när en markeringsfyr passeras.

Egenskaperna hos ILS återges i tabell 15.2.

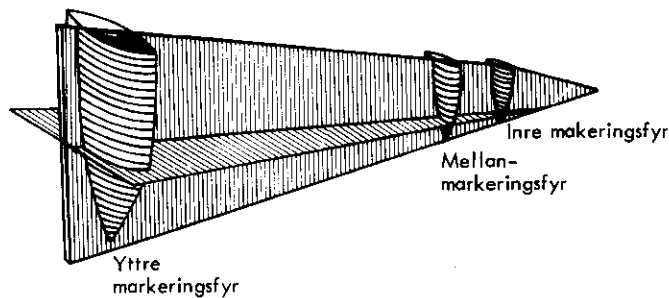


Bild 15.6 Markeringsfyror (ILS)

Tabell 15.2 Landningshjälpmedel ILS

Informationstyp	En markstation med glidbanesändare och en med kurssändare	
Frekvens	Glidbanesändare	328–335 MHz
	Kurssändare	108–112 MHz
	Markeringsfyror	75 MHz
Effekt	Glidbanesändare	20 W
	Kurssändare	50 W
	Markeringsfyror	2,5 W
Räckvidd	Glidbanesändare	20 km
	Kurssändare	45 km
Täckningsområde		
Kurssändare	Vid räckvidden 45 km $\pm 10^\circ$ Vid räckvidden 30 km $\pm 35^\circ$	
Glidbanesändare	$0,45 \cdot \Theta - 1,75 \Theta$ där $\Theta$ är glidbanelutningen	
Antal kanaler	20 st (skall ändras till 40 st)	
Modulation	AM med 90 Hz och 150 Hz	
Informationstypsidentifiering	Olika polarisation och modulationsgrad för kurs- och glidbanesändare	
Användning	Huvudsakligen civil	
Övrigt	Noggrannhet i höjdbestämningen $0,4 \Theta$ är glidbanelutningen	

## 15.2.4.3 TILS

TILS representerar en ny generation av landningshjälpmedel. »Tactical Instrument Landing System» skiljer sig från konventionell ILS genom den högre frekvensen och genom tekniken med svepande lober i täckningsområdet. Enligt ovan fyller ILS hela sitt täckningsområde med radiostrålning, vilket kan ge besvärande reflektioner. TILS har i stället två smala lober (en för sid- och en för höjdlägesinformationen) som sveper över täckningsområdet horisontalt och vertikalt. Se bild 15.7. Varje läge hos en lob motsvarar en viss kodad pulskombination, som avkodas i flygplansmottagaren medan loben bestrålar flygplanet. Flygföraren erhåller då information om positionen i förhållande till referensläget hos loben, som exempelvis för sidlägessändaren är inflygningslinjen. Kodningen innebär att ett visst vinkelläge hos loben svarar mot ett bestämt tidsavstånd mellan pulspar i lobens utsända strålning. Se bild 15.8. Eftersom informationen överförs på en gemensam bärfrekvens måste varje informationstyp (sid- eller höjdlägesinformation) separeras i tiden och identifieras genom särskild kodning. Hur detta görs framgår av bild 15.8 och bild 15.9. Pulsavståndet a identifierar informationstypen och avståndet b mellan andrapulsen i två på varandra följande pulspar ger vinkel- eller lägesinformationen. Avståndet a förblir detsamma så länge sändning av samma informationstyp pågår, medan avståndet b förändras beroende på lobens läge relativt dess referensposition.

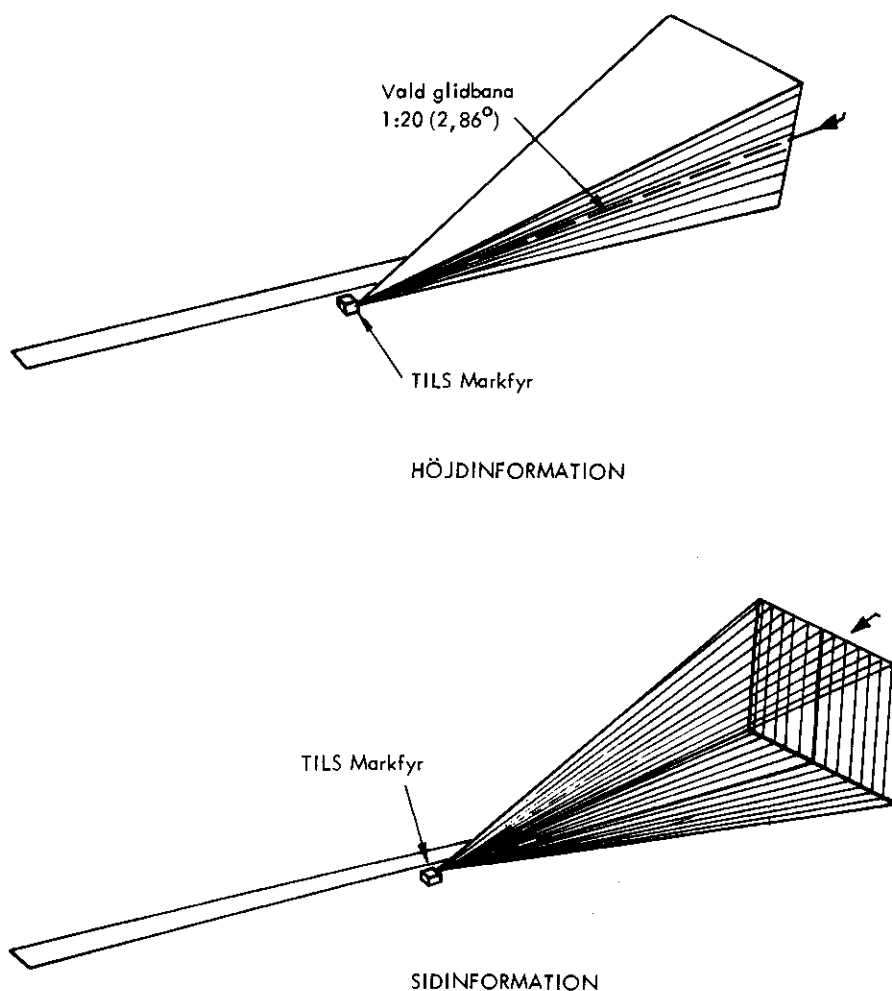


Bild 15.7 Landningshjälpmedel TILS

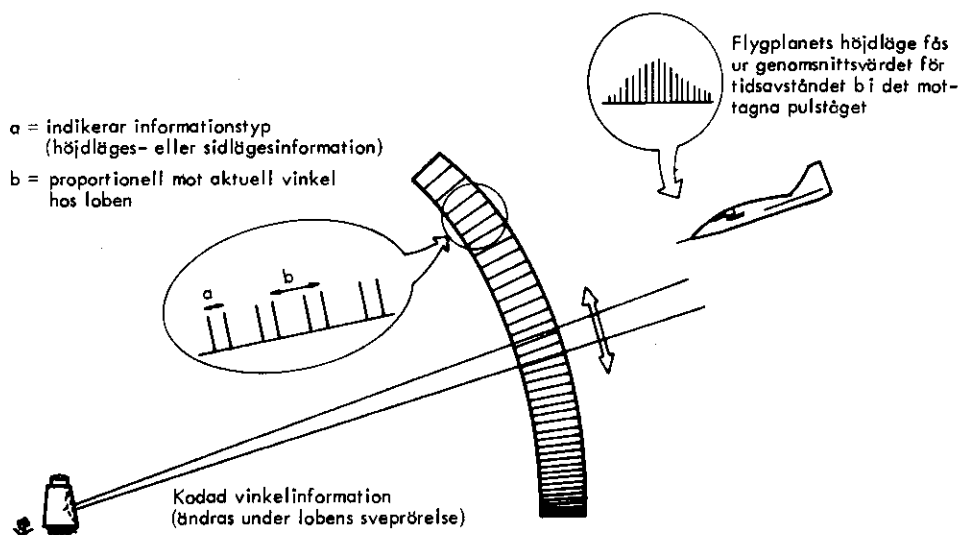


Bild 15.8 Vinkelkodningen i TILS

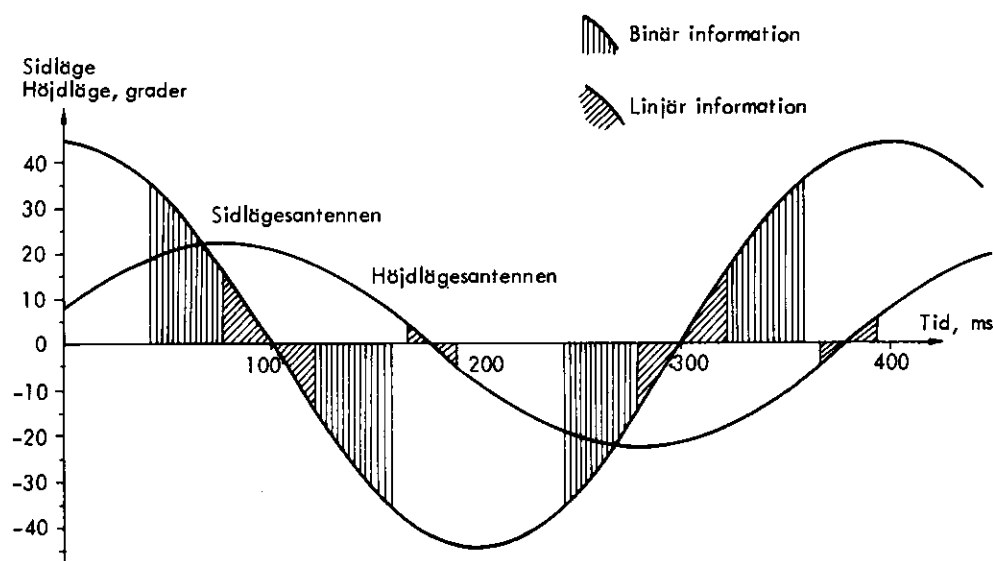


Bild 15.9 Antennsvepet för sid- och höjdlägesinformationen i TILS

Bild 15.9 åskådliggör den tidsuppdelning som sker mellan sändning av sidlägesinformation och höjdlägesinformation. Som framgår ges i hela sidtäckningsområdet ej information om exakta läget i förhållande till inflygningslinjen. Mellan sidläget  $15^{\circ}$  och  $35^{\circ}$  ges enbart information »flyg vänster» eller »flyg höger».

Vid landning med TILS används rakbanemetoden, där navigeringssystemet ombord först leder flygplanet till en landningsbrytpunkt (LB) på avståndet 20 km från sättpunkten. Navigeringssystemet ger flygföraren styrordrar om en standardsväng in mot inflygningslinjen när LB har passerats. När flygplanet kommer in i TILS täckningsområde (uppfångningsfönster) sker inlåsning på TILS, som då ger ledningsinformation mot landningsbanan.

Inlåsningen sker automatiskt till rätt TILS-kanal om systemet (TILS + fpl 37) arbetar i normalmod. Den rena sid- och höjdlägesinformationen från TILS behandlas i centraldatorn som överför lägesinformation till styrordrar som presenteras för flygföraren på siktlinjeindikatorn (SI) i fpl 37. Detta instrument är av typ »Head up display», ett i flygförarens siktlinje uppprojicerat flyginformationsinstrument. Se kap 11.

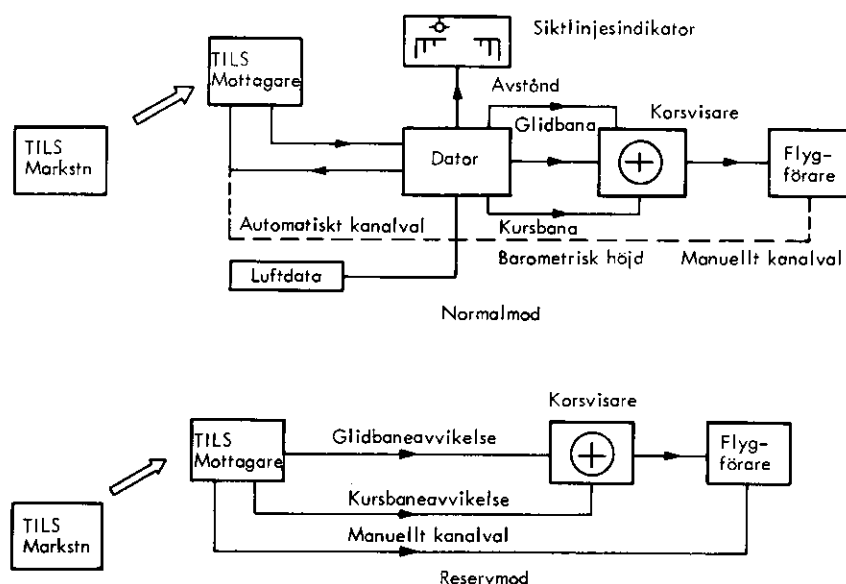


Bild 15.10 Signalmottagning fpl AJ 37 – TILS

Tabell 15.3 Landningshjälpmedel TILS

Informationstyp	En markstation med samplacerade sid- och höjdlägesändare
Frekvens	15,4–15,7 GHz
Effekt	2 kW
Räckvidd	0,2–100 km vid fri transmission 0,2– 25 km vid 5 mm regn/timma
Täckningsområde	
Sidlägesändare	Sidled $\pm 35^\circ$ Höjded $+10^\circ$ över horisontalplanet
Höjdlägesändare	Sidled $+20^\circ$ Höjded $+10^\circ$ över horisontalplanet
Antal kanaler	20 st
Modulation	PPM (pulspositionsmodulation)
Informationstypsidentifiering	Tidsavståndet mellan pulserna i pulsparen
Användning	Fpl 37
Övrigt	Noggrannhet för hela systemet (sändare + mottagare) = $+0,25^\circ$

Om normalmod av någon anledning ej fungerar presenteras TILS lägesinformation enbart direkt på konventionella flyginstrument (korsvisare) »Head down display». Detta funktionstillstånd benämns reservmod. Bild 15.10 åskådliggör i blockscheman TILS signalmottagning i normal- och reservmod.

Som framgår av bild 15.7 är TILS markstation placerad vid sidan om rullbanan i höjd med sättpunkten. Till skillnad från ILS är sid- och höjdlägesändarna samplacerade.

Beroende på TILS-markstationens placering intill rullbanan sammanfaller ej inflygningslinjen (TILS symmetrilinje) med grundlinjen. Detta är en nackdel eftersom kursen då måste ändras efter genomgången av molnen.

En sammanställning av TILS egenskaper framgår av tabell 15.3.

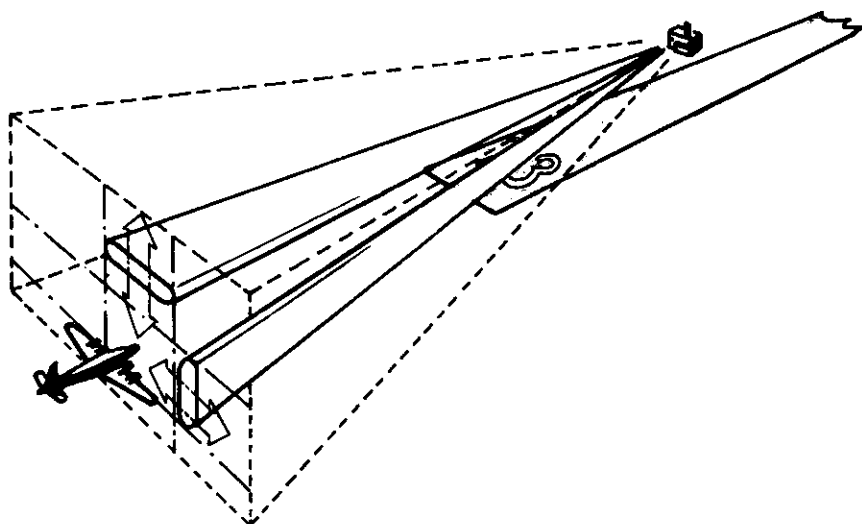


Bild 15.11 Landningshjälpmedel PAR

#### 15.2.4.4 GCA och PAR

De hittills behandlade landningssystemen i avsn 15.2.4 har varit av typen egenlandningssystem. GCA (Ground Controlled Approach) och PAR (Precision Approach Radar) är radarlandningshjälpmedel där trafikledare på grundval av radarbilden muntligt informerar flygföraren om flygplanets läge under landningen.

PAR är en beståndsdel i ett GCA-system, som dessutom innefattar SRE (Surveillance Radar Element). SRE-delen är en övervakningsradar med 360° täckning runt markstationen. SRE har beskrivits i avsn 15.2.3, varför här enbart PAR behandlas.

PAR består av två svepande sändarantennor, en i höjddled och en i sidled (se bild 15.11), vars strålning täcker inflygningsområdet. Trafikledaren får information om flygplanets läge i förhållande till de nominella glid- och kursbanorna (som är inritade på radarpresentationsbilden) på grundval av den ekobild flygplanet ger upphov till. Den flygplansutrustning som krävs för en PAR-landning är enbart en mottagare för radiokommunikation, genom vilken flygföraren får styrordrar från markpersonalen. Detta är en styrka hos PAR, eftersom en PAR-landning kan utföras oberoende av flygplanstyp och utrustning, men samtidigt en svaghet eftersom trafikledarutbildad personal måste bemanna PAR-stationen.

I vissa avseenden kan PAR användas parallellt med andra landningssystem för att kontrollera deras noggrannhet och för att övervaka inflygningen.

Egenskaper hos landningssystemet PAR (den militära versionen PN 67) framgår av tabell 15.4.

#### 15.2.5 Framtida landningssystem

Som tidigare framhållits tillhör TILS en ny generation av landningshjälpmedel. ILS, som har använts främst civilt i ett 30-tal år, är snart moget för ersättning, eftersom man kräver en allt större noggrannhet för att få bättre landningsreguljäritet. Vid de diskussioner som har förekommit där lämpligt ersättningssystem för ILS har behandlats, har landningssystem av liknande typ som TILS förordats.

Tabell 15.4 Landningshjälpmedel PAR

Informationstyp	Sid- och höjdlägesinformation genom talkommunikation från marken
Frekvens	9 GHz
Effekt	Pulseffekt 250 kW Medeleffekt 200 W
Räckvidd	18 km
Täckningsområde	Sidled $\pm 15^\circ$ ( $\pm 10^\circ$ ) <sup>1)</sup> Höjdläge $+8^\circ$ ( $+7^\circ$ ) över horisontalplanet
Antalet kanaler	Motsvarar antalet talförbindelser med radio
Modulation	Pulsradar Pulsbredd 0,55 $\mu$ s Pulsrep-frekvens 1500 Hz
Informationstypsidentifiering	Markdirigerat
Användning	Kan användas av samtliga flygplan
Övrigt	Styrkan hos systemet ligger i att det är oberoende av flygplanstypen och flygplansutrustningen. Talförbindelse krävs dock.

1) Värden inom parentes är civil standard

Ett framtida landningssystem kan därför tänkas bestå av ett vidareutvecklat TILS, med andra ord ett egenlandningssystem med svepande smala lober i täckningsområdet på mikrovågsfrekvenser (t ex C- eller  $K_u$ -bandet). För att uppnå hög informationshastighet används säkerligen elektronisk svepning i stället för mekaniskt svepande antenner. För att säkerställa landningen även i dåligt väder kommer ett framtida system att ha hög noggrannhet och tillförlitlighet. Förutom information om sidläge och höjdläge kommer systemet att ge avståndsinformation med hjälp av en landnings-DME och dessutom information om t ex aktuell horisontalsikt, vindriktning, landningshjälpmedlets status osv.

Antalet kanaler kommer att vara högre ( $\geq 100$ ) än nuvarande standard. Systemet kommer att utformas så att nu vanliga felkällor, t ex böjar i ledstrålen, hög dämpning i regn, terrängpåverkan med icke önskade reflektioner etc minskar i betydelse.

Ett militärt krav är att landningshjälpmedlet rent apparatmässigt är miljötåligt och lätthanterat. Ett framtida landningssystem kommer därför att ha ett kompakt och miljökänsligt utförande. Säkerligen kommer moduluppbyggnad att användas för att en flexibel konstruktion skall erhållas. Önskade prestanda och egenskaper fås då genom lämpligt val av moduler.

## 15.3 LANDNINGSNORMER

### 15.3.1 Allmänt

Landningen är ett kritiskt skede av flygningen. Olycksstatistiken visar att flertalet olyckstillbud äger rum under landningsfasen.

Av denna anledning görs mycket för att förbättra, säkerställa och underlätta landningens genomförande. Som framgått ovan försöker man göra landningssystemen noggrannare och ge flygföraren allt bättre ledning ner mot sättpunk-



ten. I detta avsnitt skall normerna för landningsförloppet med hänsyn till säkerhetsaspekterna behandlas. Häri inbegrips då en översikt av de vanligaste felkällorna hos landningssystemen och hur felen skall beaktas.

Vid genomförandet av en landning utnyttjas någon typ av landningshjälpmedel. Vid flygning i moln krävs ett landningssystem åtminstone ned till den höjd från vilken ögonkontakt med bana, banljus eller inflygningsljus kan erhållas. Vid flygning i klart väder underlättas inflygningen, om flygföraren kombinerar instrumentutslagen från ett landningshjälpmedel med de yttre visuella referenserna han erhåller.

Den noggrannhet med vilken ett landningssystem presenterar flygplanläget i förhållande till den nominella glidbanan och den noggrannhet flygföraren kan upprätthålla vid följande av instrumentutslagen avgör hela landningsprocedurens noggrannhet och kallas *totala landningsnoggrannheten*. Denna är avgörande för exaktheten i flygplanets inflygning och givetvis avgörande för hur dålig vädersituation som kan tillåtas för landning med aktuellt landningshjälpmedel, flygplan och flygförare. På så vis bestäms *landningsminima* för de olika kombinationerna av landningshjälpmedel, flygplan och flygförare på varje flygfält. (Observera att OSF har en något modifierad definition av begreppet landningsminima).

Även andra än de ovan nämnda faktorerna påverkar säkerheten vid landningen. De aerodynamiska förhållandena inverkar på flygplanets stabilitet under landningsförloppet och fordrar uppmärksamhet. Flygförarens förmåga att landa ett flygplan beror mycket på hur bra han kan kontrollera flygplanet under fartreduktionen inför landningen, med från landning till landning växlande last, vindbyar och turbulens, ändvirvlar, isbildningar, osv. Val av rätt anfallsvinkel är viktigt. Anfallsvinkeln skall anpassas efter inflygningshastigheten, last och aktuella aerodynamiska förhållanden. Till stor del växlar de här nämnda egenskaperna med hänsyn till flygplantypen och det är därför viktigt att flygföraren känner sitt flygplan och hur det påverkas av olika aerodynamiska förhållanden.

### 15.3.2 Felkällor hos landningssystem

I samband med behandlingen av landningssystemen i avsn 15.2 berördes några olika felkällor för de skilda systemen. I detta avsnitt görs en generell sammanställning av de tänkbara feltyper som konstituerar den totala landningsnoggrannheten.

De parametrar som påverkar toleranserna i ett landningssystem kan tänkas häröra från de fyra huvuddelarna i det arbetande systemet:

- markstation
- transmissionsförlopp
- flygplansutrustning
- flygförare/flygplan

Nedan följer exempel på de tänkbara feltyperna i ett komplett landningssystem.

#### A. Markstationen

1. Onoggrannhet i inriktningen av ledstrålen i sid- och höjddled
2. Olinjäriteter och känslighetsvariationer hos markstationens sändare
3. Begränsningar i övervakningsutrustningen

*B. Transmissionsförloppet*

1. Signaldämpningar p g a väderförhållanden
2. Reflektioner p g a omgivande terräng
3. Anomalier i lufthavet (påverkar exempelvis mätning av barometrisk höjd)

*C. Flygplansutrustningen*

1. Onoggrannhet och olinjäritet i mottagare eller i indikatorer
2. Felindikeringar och inställningsfel
3. Fel hos hjälpustningar: luftdata, radarhöjd, kursgyro, variometer
4. Fel i informationsbehandlingen

*D. Flygförare/flygplan*

1. Brister i förmågan att följa givna instrumentutslag exakt
2. Bristande förmåga att följa *flera* instrumentsystem
3. Begränsning i reaktionsförmågan och tidsförluster i beslutsprocessen
4. Inställningsfel och avläsningsfel
5. Felaktigheter i flygplanets manövrerbarhet
6. Oförmåga att kontrollera flygplanet vid svåra aerodynamiska förhållanden

Som framgår är det många faktorer som samverkar till totala landningsnoggrannheten. De parametrar som är svårast att värdera och kontrollera är de som flygföraren introducerar i systemet (D). Flygförarens ofullkomlighet är självklar, men graden av otillräcklighet är ytterligt varierande beroende på individen. Ett givet instrumentutslag symboliserar ett visst flygplanläge i förhållande till den nominella inflygningsbanan. Flygföraren försöker genom lämpliga lägesförändringar att minska utslaget. Ett givet instrumentutslag kan även presentera en styrorder för flygföraren, som från aktuellt flygplanläge med bibehållet nollutslag leds in mot inflygningslinjen. Även här försöker flygföraren manövrera flygplanet så att instrumentutslagen minimeras.

För att få en ungefärlig uppskattning av en flygförarens genomsnittsfel vid följning av ett instrumentutslag, brukar man i civila flygsammanhang räkna med att flygföraren åtminstone förmår hålla sig inom halva maximala instrumentutslaget. Vid toleransberäkningen för ett landningssystem motsvarar således pilotens felbidrag ett mot halva instrumentutslaget ekvivalent sid- respektive höjdlägesfel.

Felfaktorer härrörande från markstationen, transmissionsförloppet och flygplansutrustningen är lättare att värdera vid en toleransberäkning. Man kan i detta sammanhang med prestandaundersökningar och flygprov kontrollera och få statistiskt underlag på landningssystemets *totala systemnoggrannhet*, med vilket avses totala landningsnoggrannheten förutom de fel som introduceras av flygförare.

### 15.3.3 Inflygningsområden

Flygfält är omgivna av växlande terräng. Vissa flygfält ligger på slättlandet och är i stor utsträckning befriade från höga hinder. Andra flygfält har mycket kuperad omgivning med svåra hinder i anslutning till inflygningsbanan.

Naturligtvis avgör hindersituationen kring flygfältet möjligheten till en säker landning. Eftersom landningsförloppet för flygplanet allt närmare marken inom en sektor kring grundlinjen, bör hinder som ligger inom denna sektor beaktas.

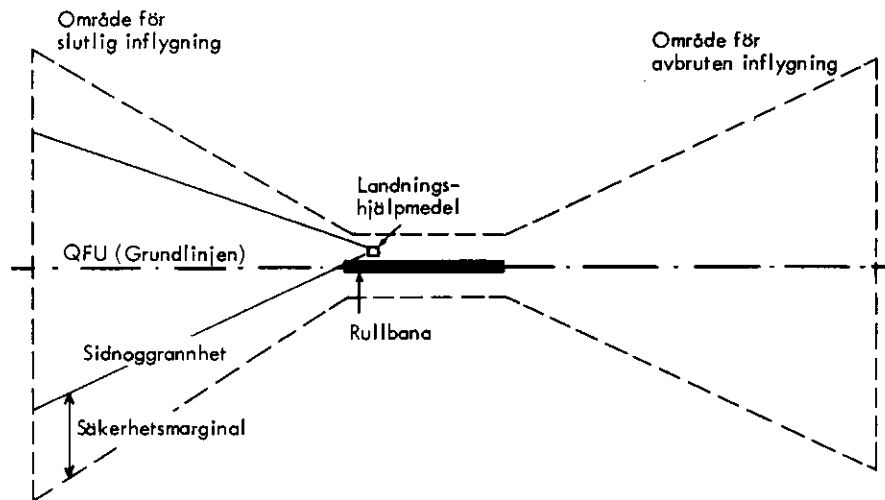


Bild 15.12 Inflygningsområden

Utgående från ett systems totala landningsnoggrannhet görs en bedömning av flygplanets noggrannhet i sidled i förhållande till grundlinjen. För varje landningssystem erhålls således en spridningsbild på sidnoggrannheten på en lämpligt vald  $\sigma$ -nivå. Till detta värde läggs en viss säkerhetsmarginal för att man skall erhålla gränserna för inflygningssektorn eller *området för slutlig inflygning* (finalen). Se bild 15.12. Inom det så uppkomna området kan det landande flygplanet förväntas befinna sig under inflygningen och vid bestämning av *landningsminima-parametrarna* (se avsn 15.3.4) tas hänsyn till de hinder inom området som kan tänkas äventyra landningen.

När flygföraren är tvungen att avbryta inflygningen och göra pådrag, passerar han först flygfältet och stiger därefter till betryggande höjd. Det är därför nödvändigt att på ömse sidor om rullbanan och i dess förlängning i inflygningsriktningen avsätta ett säkerhetsområde på motsvarande sätt som vid området för slutlig inflygning. Detta *område för avbruten inflygning* (se bild 15.12) är i stort sett detsamma oberoende av landningshjälpmedlet. Som framgått ovan gäller motsatsen för området för slutlig inflygning. Vid bestämning av parametrarna för landningsminima beaktas även de hinder inom området för avbruten inflygning som kan påverka säkerheten vid ett tänkbart pådrag.

Inom området för slutlig inflygning finns på bestämda avstånd från bantröskeln flygplatsbelysning för att underlätta lägesbedömningen vid en landning. Beroende på flygfältets status (huvudbas eller reservbas) är ljuskonfigurationen olika. Flygplatsbelysningen vid en huvudbas visas på bild 15.13.

Längs rullbanans kanter finns banljus med vitt eller gult sken. Se bild 15.13. I höjd med bantröskeln finns *tröskelljus* med grönt sken. Längs taxibanorna finns i allmänhet blå lampor, *taxiljus*. Det är önskvärt att alla banor dessutom är utrustade med inflygningsljus. Av ekonomiska skäl är detta emellertid inte möjligt, men varje flygplats har som regel inflygningsljus till den bana som huvudsakligen används, när instrumentinflygning sker. Hur den mest fullständiga inflygningsljusanläggningen inom FV är uppbyggd framgår av bild 15.13. Beskrivningen av övriga inflygningsljusanläggningar återfinns i MIL AIP.

Ett optiskt landningshjälpmedel som finns på vissa flygfält är *glidbanefyren*. Se bild 15.14. Den kan liknas vid en havsfyr, men särskiljer vinkelriktningar i vertikalled i stället för horisontalled. Då flygplanet befinner sig på rätt glidbanelutning visas detta med särskilt färgat ljussken. Denna ljusfyr kan i många sammanhang vara ett värdefullt komplement till andra hjälpmedel och ljus vid landning i mörker.

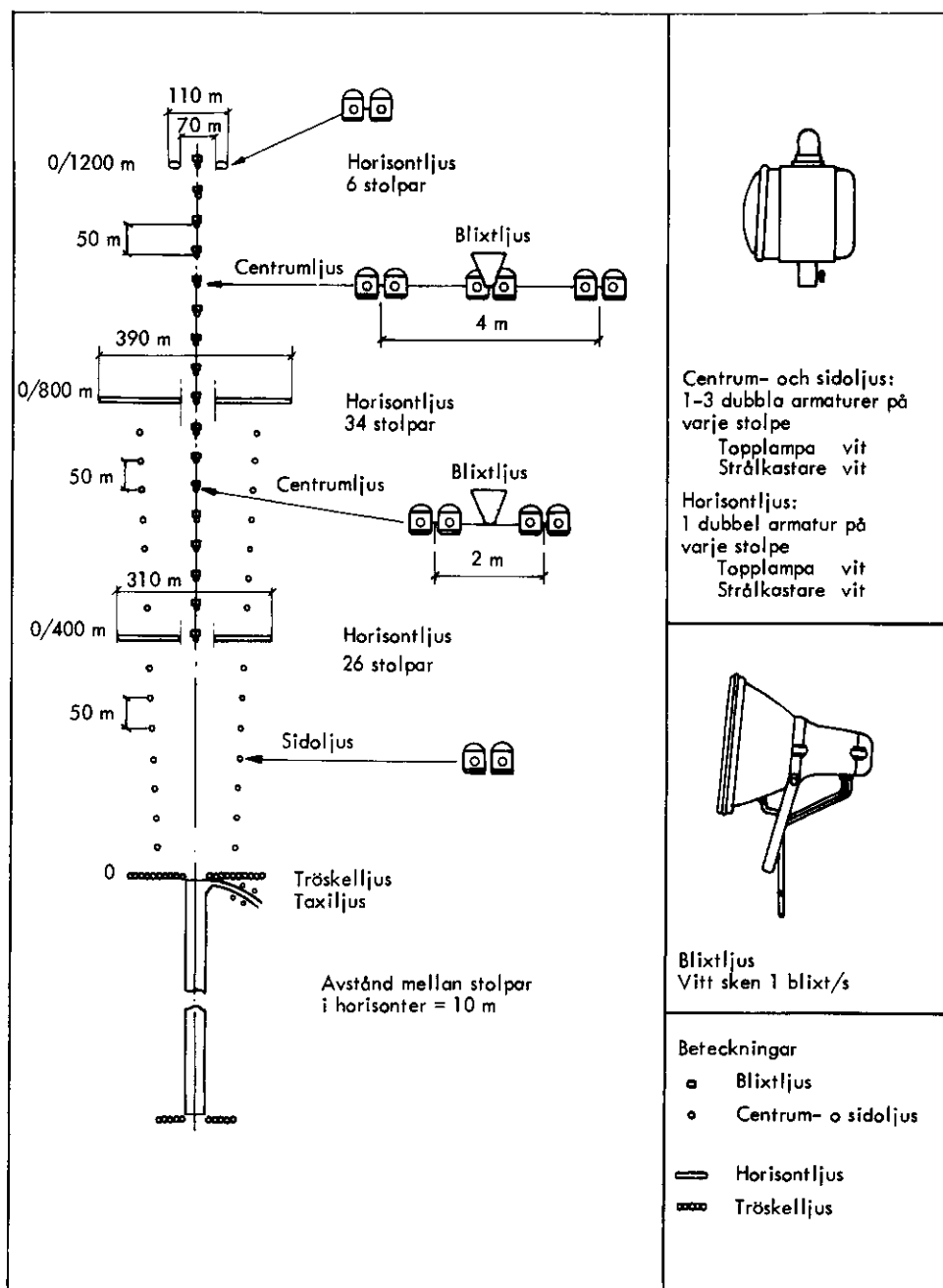


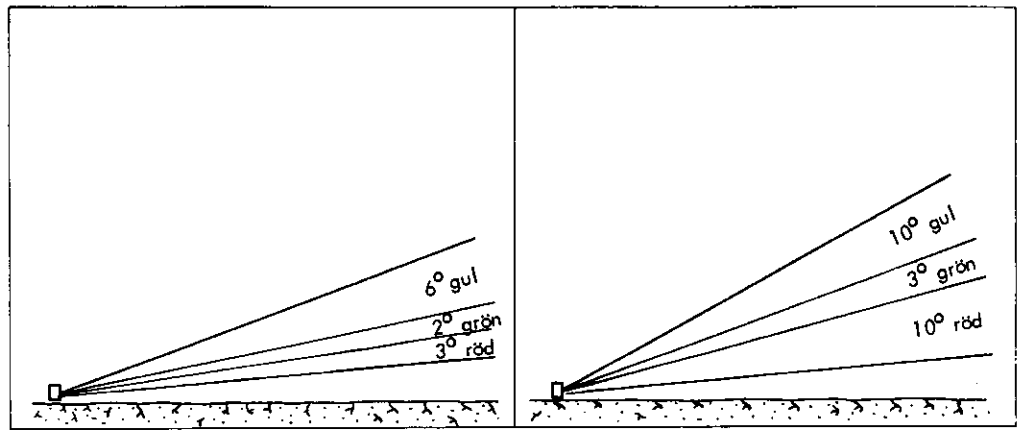
Bild 15.13 Inflygningsljusens placering vid flottilflygplats

Benämningen på visuell glidbaneindikering av aktuellt slag är VASIS (Visual Approach Slope Indicator System).

### 15.3.4 Parametrar för landningsminima

#### 15.3.4.1 Landningssystem som ger höjdlägesinformation

Liksom den totala landningsnoggrannheten i sidled utnyttjas för att dimensionera inflygningsområdenas storlek, utnyttjas den totala landningsnoggrannheten i höjdlid för att utröna den vertikala spridningen i förhållande till den nominella glidbanan. Uppenbarligen är den del av spridningsbilden, som ligger *under* glid-



Glidbanefyr Siemens (⊗) och Jungners (Δ)

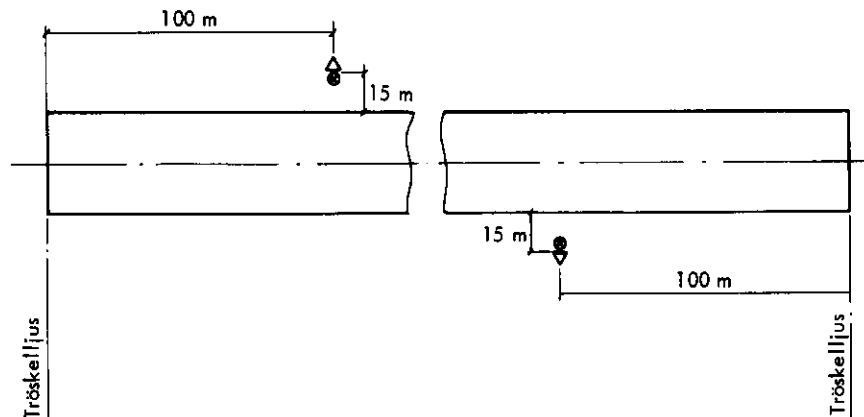


Bild 15.14 Placeringen för glidbane- (sektor-) fyrrar vid flottilflygplatser

banan mest intressant. Det är således möjligt att på lämplig konfidensnivå bestämma en tänkbar värsta eller sämsta lägsta glidbana för ett givet landningshjälpmedel, flygplan och pilot.

Den på så sätt bestämda sämsta glidbanan för ett visst landningssystem har en lutning av säg  $a \cdot \Theta^{\circ}$ , där  $0 < a < 1$  och  $\Theta$  är den nominella (ideala) glidbanans lutning.  $a \cdot \Theta^{\circ}$  är således den glidbanelutning med vilken flygplanet landar, då hela systemets deltoleranser samverkar till den mest ogynnsamma totala landningsnoggrannheten.

Ett mått på landningssystemets godhet eller noggrannhet är den *hinderfrihet* som förknippas med systemet. Hinderfriheten,  $h_f$ , varierar från 30 till 90 m för de här behandlade landningshjälpmedlen.

Vid bestämning av minima för ett landningssystem är den framräknade sämsta glidbanan utgångspunkten. På avståndet  $h_f$  m under  $a \cdot \Theta$  och med samma lutning som sämsta glidbanan läggs ett lutande plan *OSC* (Obstacle Clearance Surface). Man betraktar därefter hur de hinder, som ligger inom det gällande

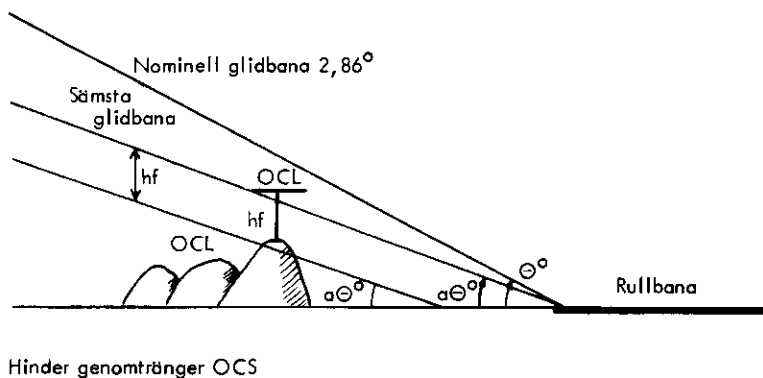
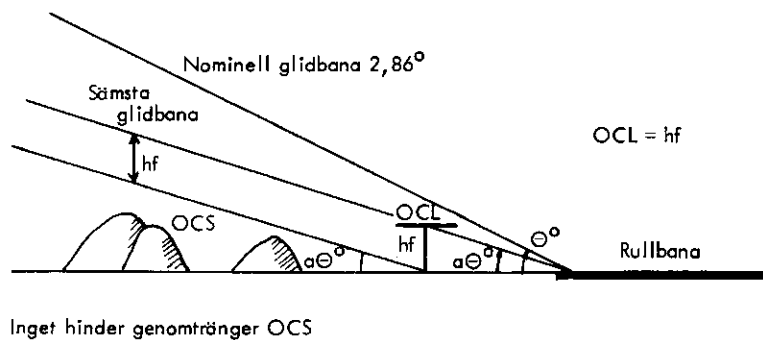


Bild 15.15 Beräkning av glidbana

området för slutlig inflygning, höjdmässigt förhåller sig till OSC. *OCL* (Obstacle Clearance Limit) bestäms därefter till värdet av hinderfriheten *hf*, om inget hinder genomtränger OSC, och till högsta hindrets höjd + hinderfriheten, om hinder tränger igenom OSC. Se bild 15.15.

För varje kombination av landningssystem och landningsbana erhålls således ett *OCL*-värde. Säkerhetshöjden för ett visst hjälpmedel och en viss bana fås som *OCL*-värdet med ett eventuellt tillägg. Tillägget motiveras av att säkerhetshöjden *f<sub>n</sub>* (1972) ej får understiga 60 m.

Begreppet *säkerhetshöjd* definieras på följande sätt enligt OSF:

Säkerhetshöjd är för visst landningshjälpmedel angiven höjd som inte får underskridas vid instrumentinflygning, om landning inte kan fullföljas med visuell referens till bana, banljus eller inflygningsljus.

#### 15.3.4.2 Landningssystem som ej ger höjdlägesinformation

Eftersom dessa system saknar höjdlägesgivare kan totala landningsnoggrannheten i höjddled ej bestämmas på ovan angivet sätt. Någon sämsta glidbana kan ej anges och av den anledningen görs OCS till ett horisontalt plan, som tangerar högsta hindret inom det gällande området för slutlig inflygning. *OCL*-värdet bestäms av OCS-höjden med aktuell hinderfrihet *hf* adderad. Säkerhetshöjden är lika med *OCL*-värdet.

För system med eller utan höjdlägesinformation gäller att *säkerhetshöjden* är bestämmande för *kritiska höjden*. Som har framgått är genomsnittsförarens följningsnoggrannhet indirekt avspeglad i värdet för säkerhetshöjden, genom kopplingen med sämsta glidbanan. Kritisk höjd är ett individuellt höjdvärde som anges för varje flygförare i form av ett tillägg till den generellt bestämda säkerhetshöjden. Tilläggets storlek beror på den aktuella förarens landningserfarenhet och utbildningsnivå och hans förtrogenhet med utrustningen och flygfältet.

Begreppet *kritisk höjd* definieras på följande sätt enligt OSF:

Kritisk höjd är den höjd över en flygplatsnivå (bantröskel) vid vilken plané under instrumentinflygning skall vara avbruten, om inflygning inte kan fullföljas med visuell referens till bana, banljus eller inflygningsljus. Kritisk höjd är säkerhetshöjd ökad med eventuellt tillägg.

I avsn 15.1 nämndes den kategoriindelning som ICAO har infört, och som svarar mot vissa vädersituationer. Kategori I innebär exempelvis 60 m molnbas och 800–1200 m sikt. Uppenbarligen kan även kategoribegreppet hänföras till ett landningssystemens prestanda, vilket för ett system av kategori I innebär att 60 m kritisk höjd kan medföra en säker landning.