

Onderzoek naar implementatie van het Instrument Landing System op de J.A. Pengel Internationale luchthaven



**Afstudeerverslag ter verkrijging van de graad van
Bachelor of Applied Technology (B.Tech.)
In de studierichting Elektrotechniek**

Khaileshkumar Goercharan 10826

Paramaribo, 18 december 2013

Onderzoek naar implementatie van het Instrument Landing System op de J.A. Pengel Internationale luchthaven



Student + reg.nr.: Khaileshkumar Goercharan 10826
Docent-begeleider: D. Ramlakhan M.Sc.
Bedrijf: Luchtvaartdienst Suriname
Bedrijfsbegeleider: R. Maharban (Hoofd CNS Division)

Paramaribo, 18 december 2013

Samenvatting

Dit afstudeerverslag beschrijft het concept van het Instrument Landing System (ILS) dat geïmplementeerd zal worden op de J.A.Pengel Internationale luchthaven door de Luchtvaartdienst Suriname. Het is voor de veiligheid nodig om een nieuwe Instrument Landing System(ILS) te implementeren, om zodoende tijdens het landen vooral bij slecht zicht het risico op incidenten te minimaliseren.

De opdracht voor dit afstudeerproject was een onderzoek in te stellen, conform vluchtuitvoeringsvoorschriften van de International Civil Aviation Organization (ICAO), naar hoe de landingen op de J.A.Pengel Internationale luchthaven te allen tijde veilig kunnen plaatsvinden, en welk precisielandingsstelsel hiervoor toegepast kan worden.

Het doel van dit onderzoek is inzicht te verkrijgen om door toepassing van technologie vooral bij slecht zicht toch nog veilig de landing uit te voeren op de J.A.Pengel luchthaven.

De probleemstelling van het onderzoek luidt:

“ Hoe kan het risico op incidenten tijdens het landen geminimaliseerd worden?”

De methode van onderzoek bestond uit een theoretisch deel en een praktisch deel. Het theoretisch deel bestaat voornamelijk uit de vergelijking tussen de twee (ICAO) vluchtuitvoeringsvoorschriften die in de luchtvaart gehanteerd worden, en de verschillende precisielandings-systemen die in de burgerluchtvaart toegepast worden voor een veilige landing. In het praktische deel van het onderzoek zijn de huidige ILS- subsystemen van de J.A.Pengel luchthaven beschreven. Op deze manier kan vastgesteld worden hoe deze subsystemen precies functioneren. Hierdoor kon worden geanalyseerd wat de voor- en nadelen zijn van het ILS, zodat die argumenten verwerkt konden worden in de eindconclusie.

Aan de hand van het aantal vluchten per dag op de J.A.Pengel luchthaven is de volgende conclusie getrokken:

- Wil men het risico op incidenten tijdens het landen op de J.A. Pengel luchthaven bij slecht zicht minimaliseren, dan moet men een nieuwe cat. I Instrument Landing System (ILS) implementeren. Het cat. I ILS biedt een nauwkeurige benadering met zowel laterale als verticale begeleiding aan minima zo laag als 200 voet boven grondniveau en met een zichtafstand van niet minder dan 800 meters.

De volgende aanbevelingen worden gedaan.

- Gelet op de kritieke toestand van het huidige ILS op de J.A. Pengel luchthaven te Zanderij, dient vervanging van dit systeem spoedig plaats te vinden ter voorkoming van onderbreking in de dienstverlening bij het luchtverkeer.
- Verder wordt het aanbevolen om aan beide einden van de landingsbaan een cat. I ILS te installeren; hierdoor kunnen vliegtuigen vooral bij slecht van beide kanten veilig op de landingsbaan landen wat thans niet mogelijk is bij slecht zicht.

Voorwoord

Om de graad van Bachelor of Applied Technology (BTech), aan het Polytechnic College (PTC) te behalen, dient de student een afstudeerproject uit te voeren in de studierichting waarin hij/zij zal afstuderen. De resultaten moeten dan in een verslag worden weergegeven en er moet een presentatie daarover worden gehouden. Als afstudeerproject heb ik gekozen voor het project genaamd:

“Onderzoek naar implementatie van het Instrument Landing System op de Johan Adolf Pengel Internationale luchthaven ”.

De bedoeling is dat ik met de kennis verworven op het Polytechnic College moet aantonen een project zelfstandig te kunnen beschrijven.

Voor het succesvol afronden van dit project wil ik dank uitbrengen aan dhr. D. Ramlakhan (PTC-begeleider), dhr. R. Maharban (bedrijfsbegeleider) en mevr. G. Long Him Nam (begeleider verslaglegging) voor hun begeleiding bij het uitvoeren van het onderzoek en het schrijven van het verslag. Ook mijn werkgever, de Luchtvaartdienst Suriname, wil ik bedanken voor de ondersteuning die ik in de afgelopen jaren heb gehad tijdens mijn studieperiode. En als laatste, maar zeker niet de minste, wil ik mijn gezin bedanken voor alle steun, begrip en geduld die ik heb gekregen tijdens mijn studietijd.

Paramaribo, 18 december 2013

Khaileshkumar Goercharan 10826

Inhoudsopgave

SAMENVATTING

VOORWOORD

LIJST VAN AFKORTINGEN

LIJST VAN FIGUREN

1	INLEIDING	9
2	VLUCHTUITVOERING.....	11
2.1	Luchtvaartdienst Suriname	11
2.2	International Civil Aviation Organization (ICAO)	12
2.3	Visual Flight Rules (VFR)	13
2.4	Instrument Flight Rules (IFR).....	15
3	PRECISIELANDINGSSYSTEMEN.....	16
3.1	Instrument Landing System (ILS)	16
3.2	Microwave Landing System (MLS)	17
3.3	Wide Area Augmentation System (WAAS)	19
3.4	Transponder Landing System (TLS)	20
4	HUIDIGE SITUATIE OP DE J.A. PENGEL LUCHTHAVEN	23
4.1	De verschillende ILS- Categorieën	23
4.2	Het ILS van de J.A.Pengel luchthaven	24
5	NIEUWE SITUATIE OP DE J.A. PENGEL LUCHTHAVEN.....	28
5.1	De J.A.Pengel luchthaven algemeen.....	28
5.2	De principes van de Localizer.....	29
5.3	De principes van de Glideslope	33
5.4	De principes van de Middle Marker	37
5.5	Principes van de Precision approach path indicator	38
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	40
	LITERATUURLIJST	42
	BIJLAGE I.....	43
	BIJLAGE II	44
	BIJLAGE III.....	45

Lijst van afkortingen

ATC	Air Traffic Control
ATIS	Air Traffic Information Service
CAT	Categorie
CDI	Course Deviation Indicator
CSB	Carrier & Side Band
GS	Glideslope
HSI	Horizontal Situation Indicator
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rule
ILS	Instrument Landing System
IM	Inner Marker
I-ZAN	ILS Identificatie van J.A.Pengel luchthaven
Loc	Localizer
MM	Middle Marker
MLS	Microwave Landing System
OBS	Omni Bearing Selector
OM	Outer Marker
PAPI	Precision Approach Path Indicator
RVR	Runway Visual Range
SBO	Side Band Only
TLS	Transponder Landing System
UHF	Ultra High Frequency
VFR	Visual Flight Rule
VHF	Very High Frequency
WAAS	Wide Area Augmentation System

Lijst van figuren

Figuur	Benaming	Blz
1	VFR- zichtlimieten	14
T1	VFR- limieten	14
2	IFR- navigatie	15
3	ILS- lay-out	16
4	ILS – nadering	17
5	MLS – nadering	18
6	WAAS	19
7	TLS-nadering	21
T 2	Vergelijking v/d landingssystemen	22
8	ILS- categorieën	24
9	Huidige ILS- installatie van Zanderij	25
10	Zendpatroon Loc en Gs	26
11	Localizer Antenne-array	30
12	Loc coverage	30
13	Localizer zendpatroon	31
14	Localizer antennesignalen	31
15	Localizer antennesignalen	32
16	Loc. Cockpit display indicator	33
17	Glideslope antenne	34
18	Glideslope zendpatroon	34
19	Gs coverage	34
20	Glideslope signalen	35
21	Gs-zendpatroon	36
22	Gs-cockpitindicator	36
23	Middle marker antenne	37
24	Marker-beacon uitstralingspatroon	37
25	Markerbaken ontvanger	38
26	PAPI - indicatie	39

1 INLEIDING

De luchtvaartsector is één van de meest dynamische sectoren in de wereld. Het is een sector waar technologische ontwikkelingen elkaar in hoog tempo opvolgen en waar de concurrentie “moordend” is.

De algemene doelstellingen van de luchtverkeersleiding of Air Traffic Control (ATC) kunnen in twee begrippen worden samengevat:

- Veiligheid: optimaal veilige afhandeling van het luchtverkeer is primair;
- Efficiency: zorg dragen voor een zo economisch mogelijke stroom van luchtverkeer, waarbij de veiligheid voorop staat.

Haast alle commerciële, vracht, sport-en privévluchten binnen Suriname worden door de Luchtvaartdienst(luchtverkeersleiding) afgehandeld op de Johan Adolf Pengel Internationale luchthaven.

Aanleiding

Het zicht is een belangrijke factor bij de vluchtuitvoering welke wordt bepaald door de weersomstandigheden en door de plaatselijke tijd (zonnestand). Bij de landing is de vlieger sterk afhankelijk van het zicht op de landingsbaan. Er wordt vaak gedacht dat alle vliegtuigen 'binnengepraat' worden tot op de middenstreep van de baan wat niet het geval is bij de burgerluchtvaart. Om bij slecht zicht toch nog veilig de landing uit te voeren wordt technologie ingezet met behulp van *het Instrument Landing System*. Hierdoor kan een vliegtuig landen op een vliegveld dat niet kan worden gezien vanaf grotere hoogten vanwege slecht weer zoals dichte bewolking, mist, zware regenval etc. waardoor er sprake is van slecht zicht. Afwijking hierop zal alleen plaatsvinden wanneer het zicht zo slecht is dat het systeem niet geschikt blijkt te zijn om ermee te kunnen landen. In zulke gevallen wordt de landing afgebroken en moet worden uitgeweken naar een dichtstbijzijnde luchthaven.

Dit onderzoek is gedaan in opdracht van de Luchtvaartdienst. De Luchtvaartdienst zou graag een rol vervullen in het aanbieden van actuele onderwerpen aan studenten en het bedrijfsleven. Om deze rol te vervullen zijn er inzicht en kennis nodig van het bedrijfsleven in de luchtvaartsector.

Projectopdracht

In dit verslag worden de precisielandingssystemen van de burgerluchtvaart beschreven. Er is

een onderzoek gedaan conform de International Civil Aviation Organization (ICAO) vlucht-uitvoeringsvoorschriften naar hoe de landingen op de J.A.Pengel Internationale luchthaven te allen tijde veilig kunnen plaatsvinden en welk precisielandingssysteem hiervoor toegepast kan worden. Dit heeft geresulteerd in de volgende doelstelling en probleemstelling.

Doelstelling

Inzicht te verkrijgen om door toepassing van technologie vooral bij slecht zicht toch nog veilig de landing uit te voeren op de J.A.Pengel Internationale luchthaven.

Probleemstelling

“Hoe kan het risico op incidenten tijdens het landen geminimaliseerd worden?”.

Hoofdstukkenopbouw

De kern van dit verslag bestaat uit vijf hoofdstukken. In hoofdstuk 2 worden de taakstellingen van de Luchtvaartdienst en de ICAO beschreven en ook de vluchtcondities verduidelijkt. Het is belangrijk om te weten waaraan men zich dient te houden tijdens de vluchtuitvoering. Als eenmaal de vluchtcondities te volgen zijn en het ook duidelijk is hoe de navigatie en landingen op de verschillende vliegvelden in Suriname plaatsvinden zowel visueel als instrumenteel wordt de aandacht gevestigd op de precisielandingssystemen. Om in het verslag tot een goed advies te kunnen komen welk precisielandingssysteem toegepast kan worden op de J.A. Pengel Internationale luchthaven worden de principes van het Instrument Landing System (ILS), Microwave Landing System (MLS), Wide Area Augmentation System (WAAS) en het Transponder Landing System (TLS) belicht(3). Vervolgens is het huidige precisielandingssysteem van de J.A.Pengel Internationale luchthaven beschreven; hiermee zijn de problemen van het huidige ILS geïdentificeerd (4). Op basis van het onderzoek wordt aangegeven hoe men bij slecht zicht toch nog veilig kan landen op de J.A. Pengel luchthaven(5).

Bron: ICAO (july 2006) Annex 10 volume 1 Radio Navigation Aids, 6e editie Montréal

2 VLUCHTUITVOERING

Voor het uitvoeren van vluchten dient men zich aan de vluchtuitvoeringsvoorschriften/- procedures te houden, welke door de International Civil Aviation Organization (ICAO) zijn gesteld voor een veilig en ordelijk luchtverkeer. In paragraaf 2.1 worden de taakstelling en de dienstverlening van de Luchtvaartdienst Suriname belicht. In paragraaf 2.2 worden de taakstelling en de dienstverlening van de International Civil Aviation Organization uitgelegd. In paragraaf 2.3 wordt de Visual Flight Rule beschreven. De Instrument Flight Rule wordt in paragraaf 2.4 beschreven.

Bronnen: ICAO (july 2006) Annex 10 volume 1 Radio Navigation Aids, 6e editie Montréal
Luchtvaartdienst (nov. 2008) AIP- ENR 1-2-1 Suriname
Luchtvaartdienst (july 2008) AIP- ENR 1-3-1 Suriname
Luchtvaartdienst (july 2009) Nationale Luchtvaartgids Suriname volume 2

2.1 Luchtvaartdienst Suriname

De Luchtvaartdienst Suriname valt onder het ministerie van Transport, Communicatie en Toerisme. Deze dienst moet de technische, juridische, economische en administratieve infrastructuur scheppen en in stand houden alsook er toezicht op houden dat het luchttransport in, van, naar en via Suriname volgens de International Civil Aviation Organization (ICAO) procedures zo veilig mogelijk plaatsvindt.

Taakstelling

"Garanderen van een veilig en effectief en efficiënt luchtverkeer naar en van Suriname op basis van internationale normen, regels en door Suriname geratificeerde verdragen en de naleving van wetten en reglementen op het gebied van de luchtvaart".

(www.gov.sr/sr/ministerie-van-tct/diensten/luchtvaartdienst)

Dienstverlening

De kernactiviteiten van de Luchtvaartdienst zijn:

1. Het registreren van vliegtuigen die door het Surinaams luchtruim vliegen;
2. Het registreren van binnenlandse vliegtuigen die binnen het Surinaams luchtruim blijven en tevens gebruikmaken van de landingsmogelijkheden;
3. Het registreren van buitenlandse vliegtuigen die overvliegen of zelfs landen om te taxiën;

4. Het innen van air navigation charges, landings fee, parking fee, passenger service charges;
5. Het sluiten van overeenkomsten met dienstverleners en het onderhouden van de relaties;
6. Het uitoefenen van toezicht en controle op de naleving van overeenkomsten.

2.2 International Civil Aviation Organization (ICAO)

De Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (Engels: International Civil Aviation Organization (ICAO)) is een gespecialiseerde organisatie van de Verenigde Naties die als doel heeft de principes en standaarden ter verbetering van het luchtverkeer op te stellen voor de internationale luchtvaart. De ICAO werd op 7 april 1947 officieel opgericht door een besluit van de Convention on International Civil Aviation, beter bekend als de Conventie van Chicago op 7 december 1944. Doordat de luchtvaart zich tijdens de Tweede Wereldoorlog sterk had ontwikkeld, ontstond er behoefte aan internationale standaarden en afspraken voor een veilige en ordelijke ontwikkeling van het luchtverkeer. (www.icao.int)

Taakstelling:

- Het garanderen van een veilige en ordelijke groei van de wereldwijde burgerluchtvaart
- Het aanmoedigen van het ontwerpen en gebruiken van vliegtuigen voor vreedzame doeleinden
- Het aanmoedigen van de aanleg van luchtwegen, vliegvelden en navigatiemiddelen voor de burgerluchtvaart
- Het voorzien in de behoefte aan veilig, regelmatig, efficiënt en betaalbaar luchtvervoer
- Het voorkomen van economische verspilling door onredelijke concurrentie
- Garanderen dat de rechten van de deelnemende landen gerespecteerd worden en dat alle deelnemende landen een eerlijke kans krijgen om internationale luchtvaartmaatschappijen te exploiteren
- Het voorkomen van discriminatie tussen lidstaten
- Het aanmoedigen van veilige internationale luchtvaart
- Het aanmoedigen van alle aspecten van de burgerluchtvaart in het algemeen.

Ook het Verdrag van Chicago (ondertekend in 1944) (over de beveiliging van de burgerluchtvaart) is een belangrijk internationaal verdrag. Het stelt eisen aan de beveiliging van de burgerluchtvaart. Deze eisen omvatten onder meer de verplichting om passagiers en hun bagage te controleren op wapens en explosieven.

Dienstverlening:

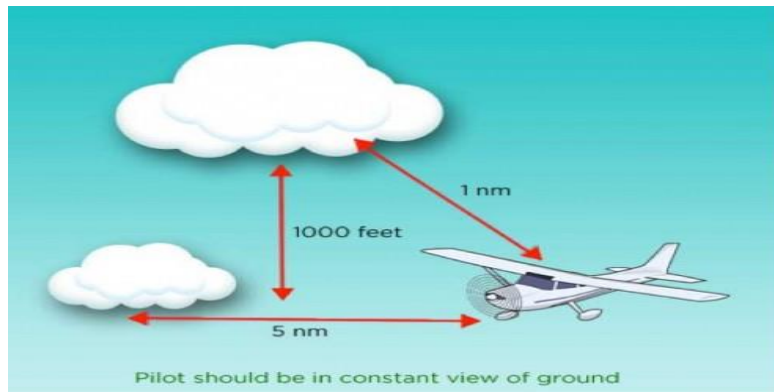
- Het uitgeven van Standard and Recommended Practices (SARP) standaarden en aanbevolen handelwijzen.
- Het uitgeven van procedures voor Air Navigation Services (PANS): procedures voor de luchtverkeersleiding.
- Het (laten) doen van onderzoek naar mogelijke verbeteringen in de burgerluchtvaart
- Het doen van aanbevelingen betreffende het ontwerp en de prestaties van vliegtuigen en een groot deel van hun uitrusting; de kwalificaties van lijnpiloten, bemanningsleden, verkeersleiders en grond- en onderhoudspersoneel; veiligheidsvoorschriften en -procedures voor internationale luchthavens

De ICAO is een van de grootste gespecialiseerde organisaties binnen de Verenigde Naties. De ICAO werkt nauw samen met IATA en de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO). Hoewel in de voormalige Sovjet-Unie hier en daar nog andere standaarden worden gehanteerd, volgen bijna alle landen de richtlijnen van de ICAO. De organisatie blijft echter doorgaan met het verbeteren van deze standaarden om zo haar doelen te bereiken.

De twee belangrijkste door de ICAO uitgegeven standaarden zijn de ICAO-codes en de vluchtuitvoeringsvoorschriften. De vierletterige codes duiden luchthavens, luchtruimen en weerstations aan en de twee vluchtuitvoeringsvoorschriften (Visual Flight Rules en Instrument Flight Rules) geven de vluchtcondities voor de vluchtuitvoering aan. Zowel de vierletterige codes als de vluchtuitvoeringsvoorschriften worden gebruikt bij het opstellen van vluchtplannen en voor informatie aan piloten.

2.3 Visual Flight Rules (VFR)

Vliegen onder VFR (zie figuur 1) betekent dat de navigatie en landing visueel plaatsvinden. Dit houdt in dat de piloot voldoende zicht moet hebben, zowel naar de grond als horizontaal. Uiteraard mag er niet in een gesloten wolkendek worden gevlogen.



Figuur 1: VFR-zichtlimieten

Om onder VFR te kunnen vliegen, moeten zicht en wolkenbasishoogte aan bepaalde limieten voldoen (zie tabel 1). Deze limieten zijn vastgelegd in de VFR-voorschriften.

Tabel 1: VFR-limieten

GAFOR-code				
Zicht/wolkenbasis:	>8000m	3000-8000m	1500-3000m	<1500m
>2000 voet	O	D	M	X
1000-2000 voet	D	D	M	X
0500-1500 voet	M	M	M	X

Samengevat hebben de tekens in tabel 1 de volgende betekenis voor luchtvaartuigen die onder VFR opereren:

- **Open (O):** Zicht en wolkenbasis vormen geen belemmering.
- **Delta (D):** Zicht en wolkenbasis kunnen vluchten onder VFR belemmeren.
- **Marginal (M):** VFR- vluchten kunnen in bepaalde gebieden nog (net) worden uitgevoerd.
- **Closed (X):** Geen VFR- vluchten mogelijk.

Er mag slechts gedurende de daglichtperiode VFR gevlogen worden. Naast zicht en wolkenbasis zijn turbulentie en ijsafzetting belangrijk voor de kleine vliegtuigen. Buien, met name zware buien, gaan gepaard met sterke daal- en stijgstromingen, waarbij sterke windschering en turbulentie voorkomen. Als een klein vliegtuig in dergelijke luchtstromingen terechtkomt,

kan het vrijwel onbestuurbaar worden, of door turbulentie beschadigd worden. Daarom is het verboden om boven 19.500 voet (= Flight Level 195) VFR te vliegen.

In Suriname wordt er alleen bij goed zicht op de J.A.Pengel luchthaven en op alle andere vliegvelden zoals Zorg & Hoop vliegveld VFR gevlogen. Gezien het feit dat bij VFR-vluchten de landingen visueel plaatsvinden, mogen er op de kleine vliegvelden geen vluchten worden uitgevoerd na zes uur 's middags, omdat er geen landingsinstrumenten aanwezig zijn.

2.4 Instrument Flight Rules (IFR)

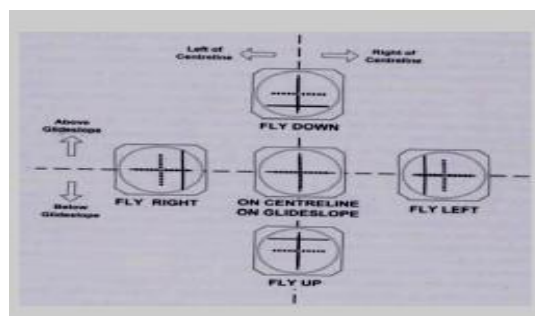
IFR geldt in alle gevallen waarin niet volgens VFR gevlogen mag worden. Het belangrijkste verschil met VFR is dat de navigatie met behulp van instrumenten plaatsvindt, in plaats van visueel (zie figuur 2). De verantwoordelijkheid voor de separatie en, in zekere mate, voor de navigatieopdrachten berust bij de luchtverkeersleiding.

Bij de uitvoering van een IFR-vlucht gelden daarom voor de vlieger de volgende voorwaarden:

- Voor de aanvang van de vlucht moet een IFR-vliegplan ingediend worden;
- De vlieger dient zich te houden aan luchtverkeersinstructies;
- Voor iedere verandering in het vliegplan moet toestemming van de luchtverkeersleiding worden verkregen.

Bij IFR wordt de landing doorgaans als instrumentnadering uitgevoerd. Bij de landing is de vlieger naast alle ter beschikking staande landingshulpmiddelen sterk afhankelijk van het zicht ter plaatse op de landingsbaan.

Er kan een samenhang worden aangegeven tussen beschikbaarheid en nauwkeurigheid van de landingshulpmiddelen en de vereiste minimumzichtlimieten voor het uitvoeren van een veilige landing. De "Runway Visual Range" (RVR) is de minimale zichtafstand op de grond welke wordt gemeten evenwijdig aan de landingsbaan. In Suriname is het alleen op J.A.Pengel luchthaven mogelijk om een IFR landing uit te voeren, omdat op deze luchthaven alleen landingsinstrumenten aanwezig zijn.



Figuur 2: IFR-navigatie

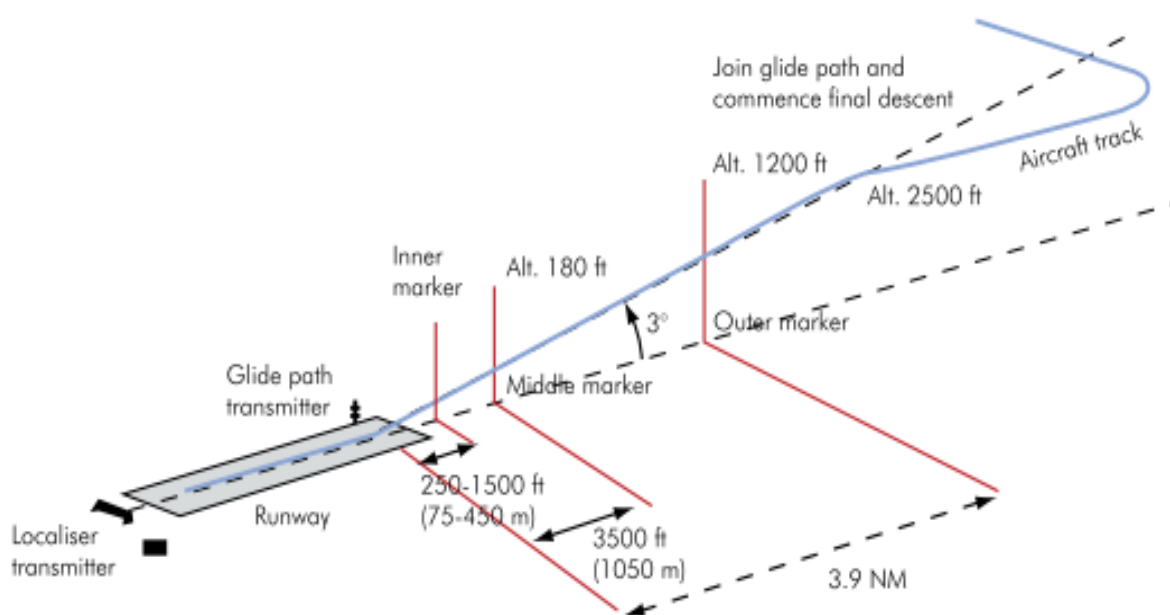
3 PRECISIELANDINGSSYSTEMEN

Alle landingssystemen die vliegtuigen tijdens de eindnadering navigeren, dienen internationaal gestandariseerd te zijn door de International Civil Aviation Organization (ICAO) oftewel de burgerluchtvaartorganisatie. In dit hoofdstuk wordt de aandacht gevestigd op de precisielandingssystemen en wordt in paragraaf 3.1 het Instrument Landing System (ILS) uitgelicht. In paragraaf 3.2 wordt het Microwave Landing System (MLS) beschreven. In paragraaf 3.3 wordt het Wide Area Augmentation System (WAAS) belicht en in paragraaf 3.4 wordt het Transponder Landing System (TLS) uitgelegd.

Bronnen: ICAO (july 2006) Annex 10 volume 1 Radio Navigation Aids, 6e editie Montréal
TU Delft (march 2008) ET4:022 Radio Navigation Landing System, 4e editie Holland

3.1 Instrument Landing System (ILS)

Het ILS (zie figuur 3 en 4) is een all-weather precisie landingssysteem dat wordt gebruikt bij de landing van vliegtuigen. Hierdoor kunnen vliegtuigen bij slechts zicht toch nog veilig landen. Het systeem bestaat uit markerbakens (75 MHz) die de afstand en beslissingshoogte aangeven tot het begin van de landingsbaan, een localizer (108 - 117,975 MHz) die elektronisch de centerline van de landingsbaan aangeeft en een elektronisch glijpad (glide slope, 328,60 - 335,40 MHz) die de vaste dalingshoek van drie graden recht op de landingsbaan definieert (zie figuur 3).



Figuur 3: ILS -layout

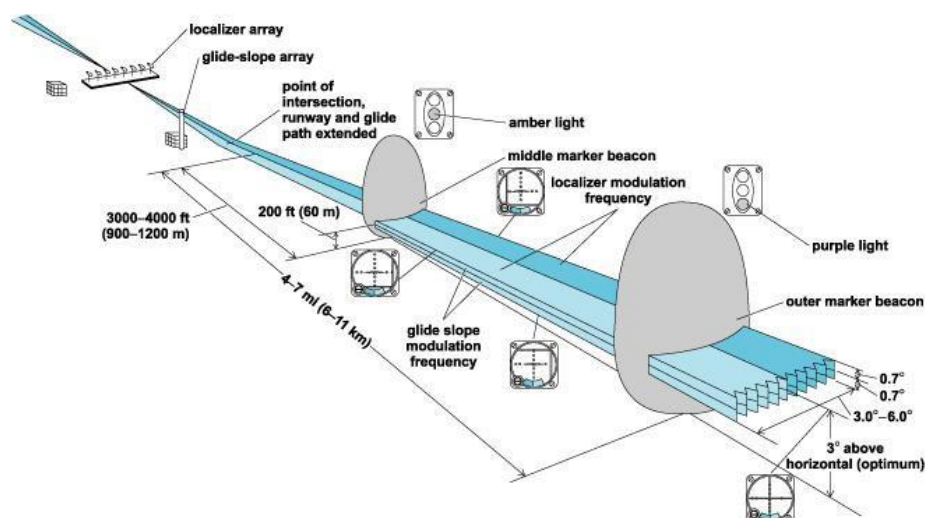
Dit systeem wordt nog steeds wereldwijd bijna op alle luchthavens als primair landingshulpmiddel gebruikt. Dankzij het ILS kan men een landing heel nauwkeurig uitvoeren, en is het tevens mogelijk om een autolanding te maken. Hoewel er al jaren wordt gesproken over de opvolger, het Microwave Landing System (MLS) is de verwachting dat het ILS nog gedurende vele jaren wereldwijd in gebruik zal blijven.

Voordelen:

- Biedt zowel horizontale als verticale begeleiding tijdens de landing.
- Geeft afstandinformatie tijdens de landing.
- Biedt de mogelijkheid om autolanding uit te voeren.
- Bezit dubbel uitgevoerd systeem voor redundancy.

Nadelen:

- Gevoelig voor reflecties.
- Biedt alleen een vaste aanvliegeroute voor de eindnadering/ landing (zie figuur 4).



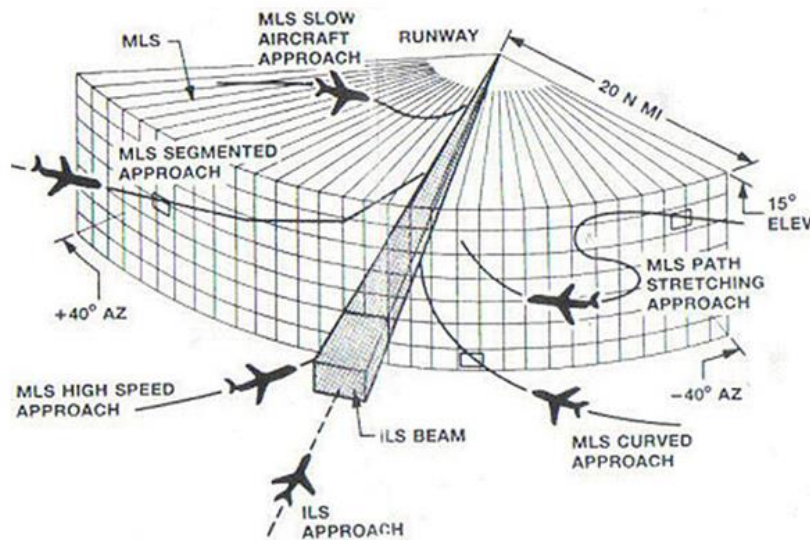
Figuur 4: ILS- nadering

Conclusie: Gezien zijn voor- en nadelen kan dit systeem wel geïmplementeerd worden op de J.A.Pengel luchthaven voor het minimaliseren van het risico op incidenten tijdens het landen bij slecht zicht.

3.2 Microwave Landing System (MLS)

Het MLS (zie figuur 5) is een all-weather precisielandingsstelsel dat de opvolger van ILS

had moeten worden. Bij het ILS kan een landingsbaan slechts volgens één vaste route worden benaderd: onder een dalingshoek van 3° recht op de baan af. MLS moest het mogelijk maken om ieder vliegtuig zijn eigen landingsweg te laten volgen tot aan de landingsbaan zoals in figuur 5 te zien is.



Combined representation of ILS and MLS runway approach

Figuur 5: MLS - nadering

Anders dan bij het ILS wordt alle informatie gescheiden over verschillende frequenties verstuurd. Daarbij kunnen vijf soorten informatie worden onderscheiden:

1. Azimuth (naderingshoek in horizontale richting),
2. Back Azimuth (voor mislukte landingen en vertrek),
3. Elevatie (naderingshoek verticaal)
4. Afstand
5. Communicatie

In het frequentiegebied van 5031 - 5090,6 MHz zijn hiervoor 200 kanalen gedefinieerd. Vanwege de hoge kosten wordt MLS nauwelijks gebruikt. Ook in Nederland is de MLS niet operationeel. Wel zijn er twee slapende MLS-en.

Voordelen:

- Biedt elk vliegtuig zijn eigen route bij de eindnadering / landing.
- Biedt zowel horizontale als verticale begeleiding tijdens de landing.
- Biedt de mogelijkheid om autolanding uit te voeren.

- Bevat dubbel uitgevoerd systeem voor redundancy
- Geeft afstandinformatie tijdens de landing.
- Is minder gevoelig voor reflecties.

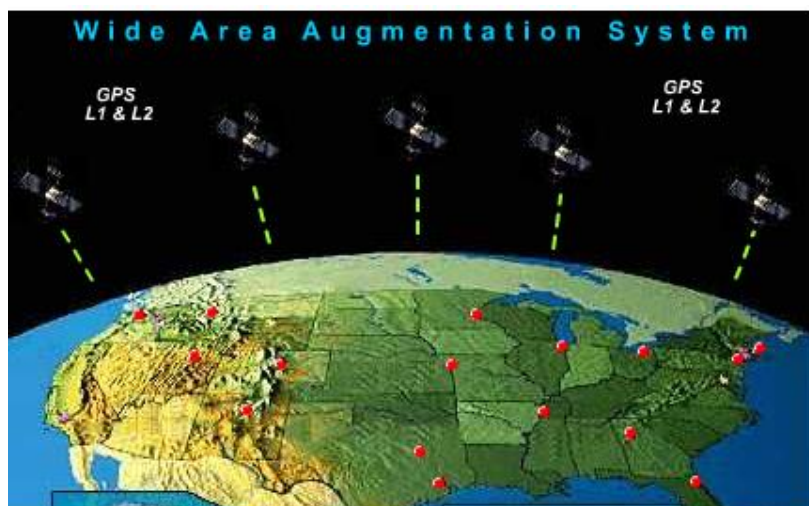
Nadelen:

- Zeer hoge installatie- en onderhoudskosten.
- Naast de basisinstrumenten aan boord nog extra dure MLS-ontvangers nodig.

Conclusie: Gezien zijn voor- en nadelen is dit systeem voor het minimaliseren van het risico op incidenten tijdens het landen op de J.A. Pengel luchthaven bij slecht zicht veel beter dan het ILS. Met de hoge installatiekosten en hoge onderhoudskosten kan men dit systeem niet permitteren in Suriname, omdat het aantal landingen per dag (zie bijlage 1) op de J.A. Pengel luchthaven te klein is om dit systeem optimaal te kunnen onderhouden.

3.3 Wide Area Augmentation System (WAAS)

Het WAAS (zie figuur 6) is een navigatiesysteem met satellieten en grondstations dat de kwaliteit van het Global Positioning System (GPS) verbetert. Hoewel het WAAS-sigitaal is goedgekeurd voor het vliegen op instrumenten, en WAAS-ontvangers beschikbaar zijn, is extra werk nodig voordat het volledige gebruik van het WAAS kan worden gerealiseerd in de burgerluchtvaart.



Figuur 6: WAAS

Met WAAS aan boord van de vliegtuigen is het piloten toegestaan **alleen** in de Verenigde Staten te vliegen onder Instrument Flight Rules (IFR) zonder afhankelijkheid van grondgebonden navigatiehulpmiddelen. WAAS is bedoeld om vliegtuigen in staat te stellen te ver-

trouwen op GPS voor alle fasen van de vlucht, met inbegrip van het precisienaderingssysteem op elke luchthaven binnen zijn dekkingsgebied. WAAS biedt een volledig nauwkeurige benadering, waardoor piloten veilig toegang krijgen tot een luchthaven met zowel de laterale als de verticale begeleiding aan minima zo laag als 200 voet boven grondniveau en met een zichtafstand op de landingsbaan van niet minder dan 800 meters. Het is een kosteneffectief navigatiesysteem dat de piloten van de algemene luchtvaart kunnen gebruiken om de veiligheid alsmede een toename van de toegang tot luchthavens bij alle weersomstandigheden te verbeteren.

Voordelen:

- Goedkoper dan de ILS- en MLS- installaties.
- Geen apart installatie nodig voor meerdere landingsbanen binnen zijn dekkingsgebied.
- Goed voor oceanische gebieden.
- Dubbel uitgevoerd systeem (redundancy)

Nadelen:

- Nog alleen bestemd voor Noord-Amerika.
- Biedt de mogelijkheid nog niet om autolanding uit te voeren.
- Naast de basisinstrumenten aan boord nog extra dure WAAS-ontvangers nodig

Conclusie: Dit systeem wordt thans alleen in Noord-Amerika gebruikt voor navigatie en landingen. Is veel goedkoper dan het ILS en het MLS voor wat betreft onderhoud en installatie. Voor het minimaliseren van het risico op incidenten tijdens het landen op de J.A. Pengel luchthaven zou dit systeem niet toepasselijk zijn, omdat het thans alleen goedgekeurd is voor Noord- Amerika, vooral in de oceanische gebieden en luchthavens met meer dan een landingsbaan.

3.4 Transponder Landing System (TLS)

Het TLS (zie figuur 7) is een all weather precisielandingssysteem. Een TLS kan in gebieden waar een conventioneel ILS niet zou passen of niet goed zou functioneren, zoals een luchthaven die niet beschikt over een goed reflecterend oppervlak (steile heuvels of bergen) voor een ILS drie graden dalingshoek worden geïnstalleerd. Verder kan het TLS op luchthavens die langs de landingsbaan grote gebouwen hebben, zoals hangars of parkeergarages die reflecties

creëren geïnstalleerd worden. TLS hoeft niet speciaal op een bepaalde locatie ten opzichte van de start- en landingsbaan te worden geïnstalleerd. Alle met IFR uitgeruste luchtvaartuigen waarmee een ILS- landing wordt uitgevoerd kunnen ook de TLS- landing uitvoeren zonder toevoeging van nieuwe ontvangers aan boord (zie figuur 7).

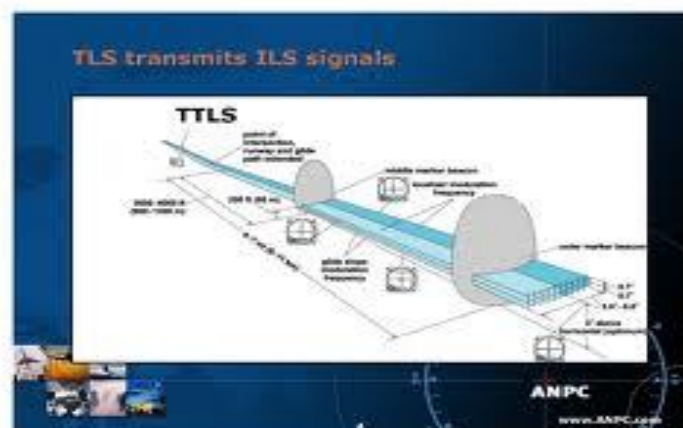
Vliegvelden met een lengte van maximum 2500 meters landingsbanen of die omringd zijn door heuvels, bergen of gebouwen worden beschouwd als ideale locaties voor een transponder landingssysteem (TLS). De TLS biedt een volledig nauwkeurige benadering, waardoor piloten om veilig toegang te krijgen tot een luchthaven met zowel de laterale als de verticale begeleiding aan minima zo laag als 200 voet boven grondniveau en met een zichtafstand op de landingsbaan van niet minder dan 800 meters. Een vliegtuig kan gevlogen worden op een TLS- aanpak zonder de installatie van extra apparatuur of ontvangers, zolang het is uitgerust met een ILS- ontvanger, een horizontale situatie indicator of een koersafwijkingsindicator, en een Mode 3 / A of Mode S transponder.

Voordelen:

- Minder gevoelig voor reflecties.
- Geen extra ontvangers nodig aan boord.
- Biedt zowel horizontale als verticale begeleiding bij de landing.
- Geeft afstandsinformatie tijdens de landing.
- Dubbel uitgevoerd systeem (redundancy)

Nadeel:

- Geschikt voor landingsbanen met een maximale lengte van 2500 meters.
- Biedt de mogelijkheid nog niet om autolanding uit te voeren.



Figuur: 7 TLS-nadering

Conclusie: Dit systeem is in vergelijking met het ILS, MLS en de WAAS goedkoper in installatie en onderhoud. Voor het minimaliseren van het risico op incidenten tijdens het landen op de J.A. Pengel luchthaven is het dekingsgebied van dit systeem niet geschikt, omdat de landingsbaan van de J.A.Pengel luchthaven 3480 meters lang en 45 meters breed is.

In tabel 2 staat nogmaals een vergelijking tussen de verschillende landingssystemen om de juiste keuze te maken voor het geschiktste landingssysteem op de J.A. Pengel luchthaven.

Tabel 2: Vergelijking van de landingssystemen

Landingssysteem	Toepasselijk op de J.A.Pengel Internationale luchthaven
ILS	Wel, gezien aan zijn voor-en nadelen.
MLS	Niet, vergeet hoge onderhoudskosten
WAAS	Niet, alleen vrijgegeven voor Noord- Amerika door ICAO
TLS	Niet, landingsbaan is te lang voor dit systeem

4 HUIDIGE SITUATIE OP DE J.A. PENGEL LUCHTHAVEN

De J.A. Pengel luchthaven heeft, zoals bijna elke internationale luchthaven, een ILS- installatie. Het ILS is eigenlijk niets meer dan een navigatieonderdeel bij het landen. Dankzij dit ILS kunnen de piloten de landing heel erg precies uitvoeren op deze luchthaven. In paragraaf 4.1 worden de verschillende ILS-categorieën uitgelegd. In paragraaf 4.2 wordt het huidige ILS van de J.A.Pengel luchthaven beschreven.

Bronnen: ICAO (july 2006) Annex 10 volume 1 Radio Navigation Aids 6e editie Montréal
Luchtvaartdienst (2000) Luchtverkeer in het jaar 2000 Paramaribo, Suriname
Elstak E.M.C.(2011) Basic NavAids Course Aviation Training Center Suriname
Luchtvaartdienst (july 2009) Nationale Luchtvaartgids Suriname volume 2, 1e editie

4.1 De verschillende ILS-categorieën

Waar de meeste mensen niet van op de hoogte zijn, is dat een ILS-nadering in verschillende categorieën is onderverdeeld, zie figuur 8. Hoe nauwkeuriger het ILS, hoe hoger de categorie. Dit heeft vooral met de certificering en de daarbij horende eisen te maken.

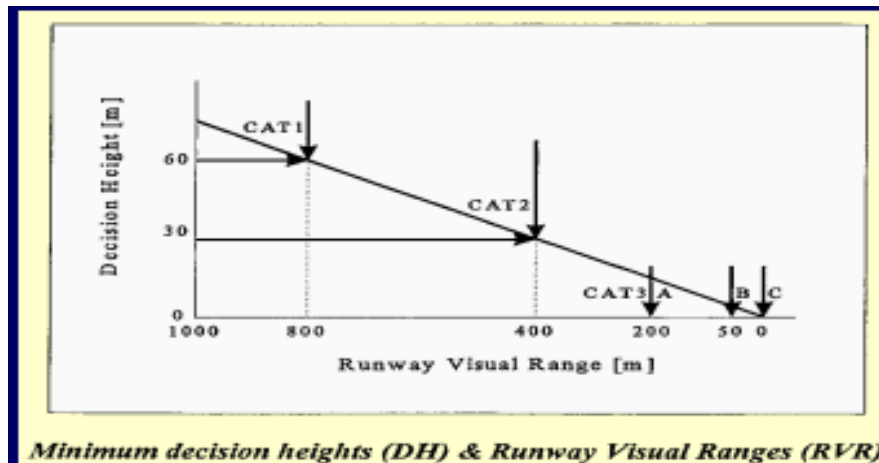
ILS-cat. I biedt een precisie- instrumentennadering en -landing met een decision height niet lager dan 200 voet en met een zichtafstand van niet minder dan 800 meters of een zichtafstand op de landingsbaan niet minder dan 550 meters als de landingsbaan voorzien is van Centerline Lighting .

ILS-cat. II biedt een precisie- instrumentennadering en -landing met een decision height niet lager dan 100 voet en met een zichtafstand op de landingsbaan niet minder dan 400 meters en de landingsbaan moet voorzien zijn van Centerline Lighting.

ILS-cat. III is onderverdeeld in:

- **ILS-cat. III A:** biedt een precisie- instrumentennadering en -landing met een decision height niet lager dan 50 voet en met een zichtafstand op de landingsbaan niet minder dan 200 meters en de landingsbaan moet voorzien zijn van Centerline Lighting.
- **ILS-cat. III B:** biedt een precisie instrumenten nadering en -landing met een decision height niet lager dan 20 voet en met een zichtafstand op de landingsbaan niet minder dan 50 meters en de landingsbaan moet voorzien zijn van Centerline Lighting.
- **ILS-cat. III C:** biedt een precisie- instrumentennadering zonder decision height en

zonder grens van de zichtafstand op de landingsbaan en de landingsbaan moet voorzien zijn van Centerline Lighting.



Figuur 8: ILS-categorieën

Voor de zogenaamde 'autolanding' heeft men minimaal een ILS-cat. III A nodig. Daarnaast moeten voor de nadering ook het vliegtuig en de piloten gecertificeerd zijn om een autolanding te mogen uitvoeren. Bij een dergelijke extreme precisielanding gaat het natuurlijk om het totaalplaatje (flightcrew + vliegtuig + vliegveld + ILS).

4.2 Het ILS van de J.A.Pengel luchthaven

Gelet op de kritieke toestand van het huidige ILS op de J.A. Pengel luchthaven te Zanderij, dient vervanging van dit systeem spoedig plaats te vinden. Dit ILS is haast achttien jaren oud, waardoor de levering van reserveonderdelen door de fabrikant niet meer gegarandeerd is. De Luchtvaartdienst heeft dit probleem al geïdentificeerd en er werd toen het besluit genomen om dit systeem te vervangen middels het aanvragen van een lening bij de Islamic Development Bank. De Luchtvaartdienst is thans bezig met het schrijven van een projectdocument t.b.v. de aanvraag van de lening. Echter is gebleken dat de realisatie van vervanging van het ILS middels deze weg zeker 20 maanden in beslag zal nemen. Verwachtbaar is dat het huidige ILS vanwege ouderdom en andere problemen niet zolang zal blijven functioneren. Ter voorkoming van onderbreking in de luchtverkeersdienstverlening moet dit systeem op korte termijn vervangen worden en wel uit middelen van de staatsbegroting voor het dienstjaar 2014. Aan de hand van de tot nu toe verkregen offertes is het project begroot op een totaal bedrag van USD 1.300.000,- inclusief een (1) jaar fabrieksgarantie, twee (2) jaren technische bijstand en vijftien (15) jaren aftersale service op onderdelen. Met een aflossingsperiode van

drie (3) jaren. Het cat. I Instrument Landing System (ILS) op de J.A. Pengel luchthaven werd in 1995 geïnstalleerd en wordt tot vandaag nog gebruikt als primaire landingshulpmiddel tijdens landingen. Dit ILS biedt een volledig nauwkeurige benadering, waardoor piloten veilig toegang krijgen tot de J.A.Pengel luchthaven met zowel de laterale als de verticale begeleiding aan minimaal zo laag als 200 voet boven grondniveau en met een zichtafstand van niet minder dan 800 meter.

Het ILS van de J.A.Pengel luchthaven is een bijzondere, omdat het praktisch geen hinder ondervindt van gebouwen en bergen, omdat de gebouwen zich buiten de aanvliegroute van het ILS bevinden.

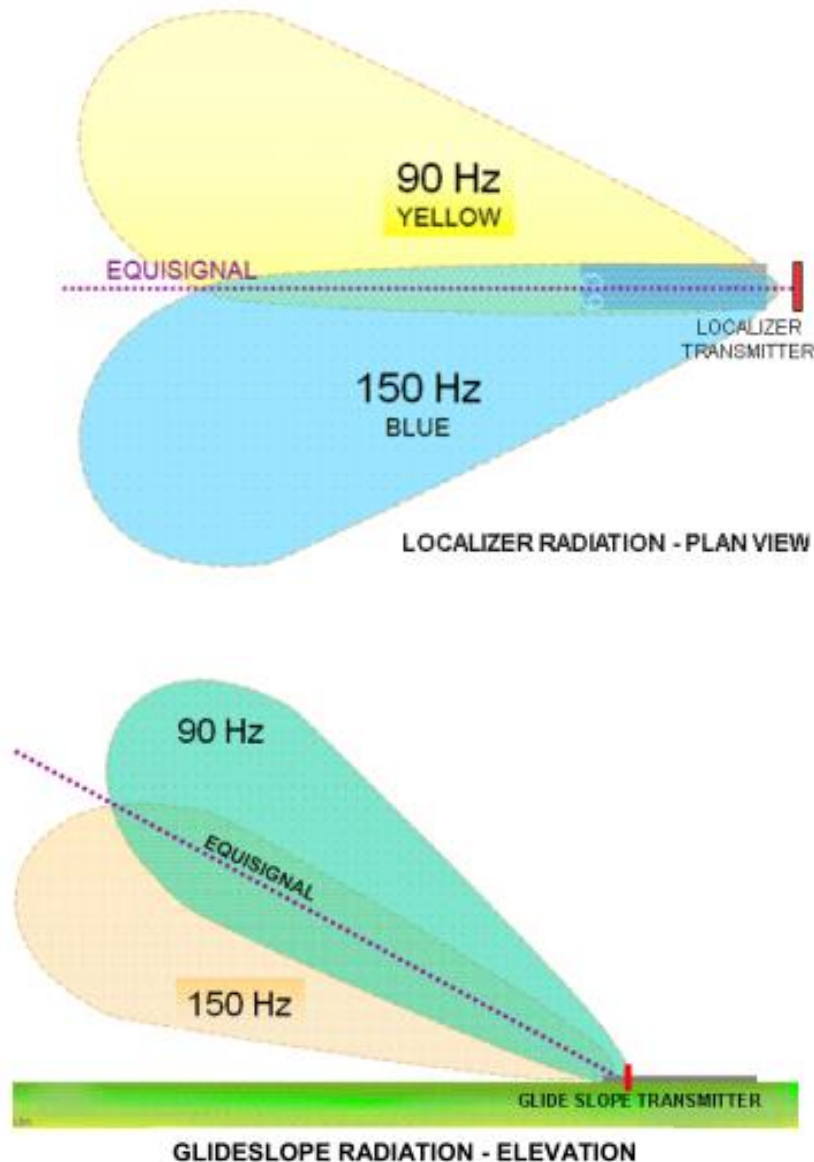
Zoals te zien in figuur 9 bestaat dit ILS uit drie subsystemen:

- ✓ Een localizer
- ✓ Een glideslope
- ✓ Een middle marker beacon



Figuur 9: Huidige situatie ILS - installatie van Zanderij

De localizer bestaat uit een rij van acht antennes en staat aan het einde en in het midden van de landingsbaan op ongeveer 300 meter na de baan drempel geïnstalleerd. De glideslope is een station dat naast de landingsbaan op zo'n 300 meter vanaf de drempel van het begin van de landingsbaan (threshold) staat geïnstalleerd. Zoals te zien is in figuur 10 zenden deze twee subsystemen twee signalen uit met een toon van 90Hz en 150Hz.



Figuur 10: Zendpatroon Loc & GS.

Om de audiotonen van de localizer en de glideslope van elkaar te kunnen onderscheiden, worden deze beide signalen op hun eigen draagfrequenties uitgezonden. Beide signalen worden door het vliegtuig opgepikt en verwerkt. Het vliegtuig meet welk signaal er als sterkst binnenkomt; dus als bijvoorbeeld het 90Hz signaal van de localizer sterker is dan het 150Hz signaal, dan weet het vliegtuig dat het zich links van het middelpunt van de localizer antennes bevindt. Of als bijvoorbeeld het 150Hz signaal van de glideslope sterker is dan het 90Hz signaal, dan weet het vliegtuig dat het zich onder de daalhoek bevindt.

Op de J.A. Pengel luchthaven worden piloten door de luchtverkeersleiding naar het ILS-systeem toe gebracht door ze de goede hoogte, richting en snelheden te geven. Een vliegtuig zal

vervolgens eerst informatie van de localizer op een afstand van 18 nautical miles ongeveer (33,336 km) ontvangen voor de richting van de landingsbaan. Op een afstand van 6 nautical miles ongeveer (10,5km) zal de piloot informatie ontvangen van de glideslope over de drie graden daalhoek. Als het vliegtuig vervolgens daalt volgens de localizer en de glideslope zal het de beslissingshoogte (decision altitude) van 200 voet bereiken bij de middle marker. De piloten moeten bij de middle marker zo'n 900 meters voor het begin van de baan de landingsbaan (verlichting) in zicht hebben. Indien dit niet het geval is, zal het vliegtuig de voorgenomen landing moeten afbreken en uitwijken naar een ander vliegveld.

Kort samengevat de piloot ontvangt de volgende informatie van dit ILS:

- De positie t.o.v. de centerline van de landingsbaan
- De daalhoek naar de landingsbaan
- De vaste (900 m) afstand van vliegtuig naar drempel (threshold) van de landingsbaan en de vaste 200 voet beslissingshoogte (decision altitude).

5 NIEUWE SITUATIE OP DE J.A. PENGEL LUCHTHAVEN

Om het risico op incidenten tijdens de landing op de J.A. Pengel luchthaven te minimaliseren wil de Luchtvaartdienst op zeer korte termijn een nieuwe categorie 1 (cat.1) Instrument Landing System implementeren. Men heeft al een nieuw apparaat geïmplementeerd dat ook een belangrijke bijdrage levert tijdens de eindnadering op de J.A.Pengel luchthaven, te weten de Precision Approach Indicator Path (PAPI). In dit hoofdstuk wordt de aandacht gevestigd op het nieuw te implementeren Instrument Landing System van de J.A.Pengel Internationale luchthaven en worden in de respectievelijke paragrafen de J.A.Pengel luchthaven in het algemeen beschreven(5.1) de principes van de Localizer(5.2), de principes van de Glideslope (5.3) en de principes van Middle Marker (5.4) uitgelegd. Verder worden in paragraaf (5.5) de principes van de PAPI uitgelegd.

Bronnen: Wilcox (mei 1994) Mark 10 Localizer Training Manual Kansas City, USA
Wilcox (mei 1994) Mark 10 Glideslope Training Manual Kansas City, USA
Wilcox (mei 1994) Mark 10 Middle Marker Training Manual Kansas City, USA
Elstak E.M.C. (2011) Basic NavAids Course Aviation Training Center Paramaribo

5.1 J.A.Pengel luchthaven algemeen

De J.A. Pengel luchthaven heeft de langste landingsbaan(3480m) in de regio en is geschikt voor de landing van elk type vliegtuig. Met het aantal landingen (maximaal zes tot zeven per dag) behoort de J.A.Pengel Internationale luchthaven tot de groep van “Sleeping Airports”. Op grond van de veldonderzoeken en literatuurstudies heeft de Luchtvaartdienst besloten om een cat. I ILS te implementeren om het risico op incidenten tijdens de landing te minimaliseren. Aangezien het zelden voorkomt dat het zicht op deze landingsbaan minder dan 800 meter is en het ILS-uitstralingspatroon praktisch geen hinder ondervindt van gebouwen en bergen is een cat. I ILS het meest geschikte precisielandingssysteem voor de J.A. Pengel luchthaven bij de eindnadering. De Luchtvaartdienst is thans bezig met het schrijven van het projectdocument van de te implementeren ILS. Dit project zal gefinancierd worden door de Islamic Development Bank (IsDB).

Het project kan in ongeveer 20 maanden worden uitgevoerd vanaf de datum van goedkeuring van het projectbudget. De uitvoering van het projectschema is opgenomen in bijlage II.

Hieronder volgen de belangrijkste uit te voeren taken:

- Voor de selectie van de projectcoördinator en consultant heeft men twee (2) maanden nodig.

- Voorbereiding van de aanbestedingsstukken zal ongeveer drie (3) maanden duren. Deze drie maanden zijn nodig voor de terreinlandmeetkundige, voor het bepalen van de exacte technische specificaties van het ILS en het opstellen van de aanbestedingsvoorwaarden.
- Aanbestedingsproces: ongeveer drie (3) maanden voor de afgifte van de offerte, het beantwoorden van aanbestedingsvragen, indien nodig, de ontvangst van de offertes, het selecteren van de meest geschikte bidder, en de voorbereiding en ondertekening van het contract.
- Voorbereiding van de apparatuur en aanpassing aan de omstandigheden van de lokale site op basis van het onderzoek ter plaatse, gevolgd door de fabriekstraining en testen en daarna vershippen van de apparatuur. Dit kan ongeveer zeven (7) maanden duren.
- De apparatuur wordt vervolgens geïnstalleerd en getest op locatie. Dit kan nog vijf (5) maanden duren. Civiele werken voor de voorbereidingen van de site (s) zullen worden uitgevoerd, terwijl de apparatuur wordt voorbereid in de fabriek. Aanbevelingen van leveranciers zullen worden opgevolgd. ILS - fabrieksopleiding voor het onderhoud van ILS moet gevolgd worden en daarna on-the-job training tijdens de installatie. Buitenlandse training zal worden voorafgegaan door de plaatselijke training over basisprincipes van het Instrument Landing System, zodat wanneer technici naar het buitenland gaan ze over een goede kennis van de basisprincipes beschikken. Men kan wel een hogere categorie ILS implementeren, maar dit zal heel veel kosten met zich meebrengen gelet op het feit dat de pas gerehabiliteerde landingsbaan niet beschikt over een centerline verlichting en een taxi-baan welke de belangrijkste vereisten zijn voor een hogere ILS-categorie.

Het nieuwe ILS moet bestaan uit:

- een localizer met zendfrequentie 109.9 Mhz en luchthavenidentificatie (IDENT) I-ZAN,
- een glideslope met zendfrequentie 333,4Mhz,
- een middle marker met zendfrequentie 75Mhz.

5.2 De principes van de localizer

De localizer (koerslijnbakken) is een navigatiesysteem, dat bestaat uit twee AM gemoduleerde VHF-zenders en twee monitors, met daarbij een gecompliceerd antennestelsel bestaande uit acht of 12 antennes (zie figuur 11). Deze localizer werkt in de VHF-band, en geeft aan de piloot informatie, die nodig is om een veilige landing uit te voeren op de centerline van de landingsbaan. De informatie die de vlieger krijgt, heeft betrekking op de plaats waar het vliegtuig zich op dat moment bevindt ten opzichte van het midden van het verlengde van de landingsbaan. Deze informatie wordt ook gebruikt in verschillende apparaten in het vliegtuig voor het

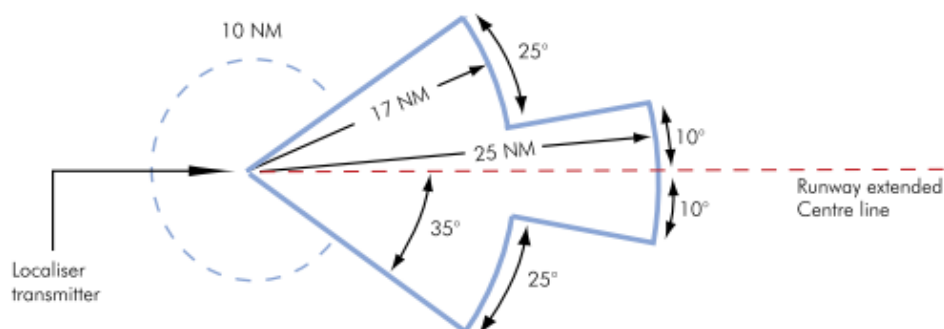
realiseren van automatische nadering, landing en uitrollen op de baan. De localizer antenne op de J.A. Pengel luchthaven zal aan het einde van de landingsbaan op 300 meter na de baandrempel geïnstalleerd worden, zoals bij iedere luchthaven, omdat de antenne geen obstructie mag zijn voor huidige localizer uitstraling voor landende of opstijgende vliegtuigen.



Figuur 11: Localizer Antenne-array

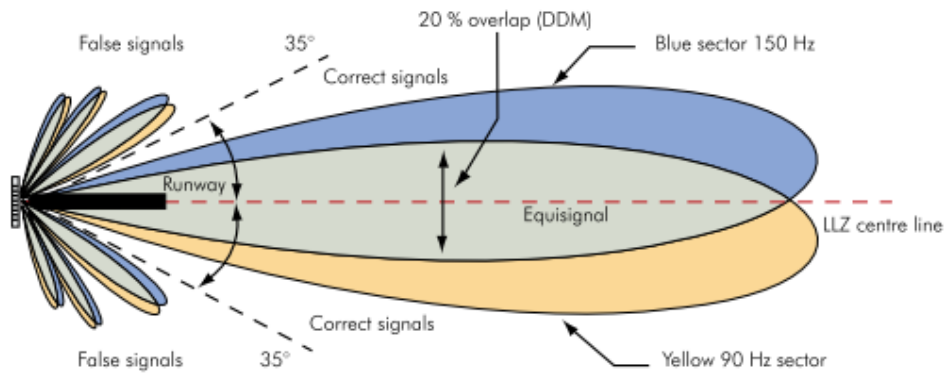
De localizer frequentie voor de J.A. Pengel luchthaven is 109.9Mhz met 50khz kanaalscheiding. Deze drager wordt gemoduleerd met audiotonen van 90Hz, 150Hz en 1020Hz. De 1020Hz toon wordt gebruikt voor de luchthavenidentificatie.

Het ontvangstbereik van de localizer zoals in figuur 12 is te zien, is minstens 25 nautical miles binnen 10 ° graden van het on-track-sigitaal. Op het gebied van 10 ° tot 35 ° van het on-track-sigitaal, is het ontvangstbereik minstens 17 nautical miles. Dit komt omdat de sterkte van het sigitaal uitgelijnd is met de middellijn van de landingsbaan.



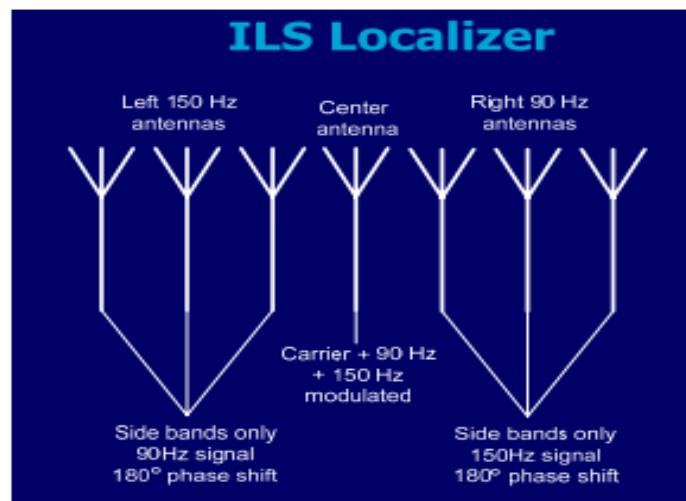
Figuur 12: Loc coverage

De localizer antenne-array straalt twee verschillende signalen gelijktijdig over de baan en in het verlengde van de baan, (die links van de baan een naalduitslag naar rechts geven, en rechts van de baan een naalduitslag naar links) een 150 Hz sigitaal en een 90 Hz sigitaal (zie figuur13).



Figuur 13: Localizer zendpatroon

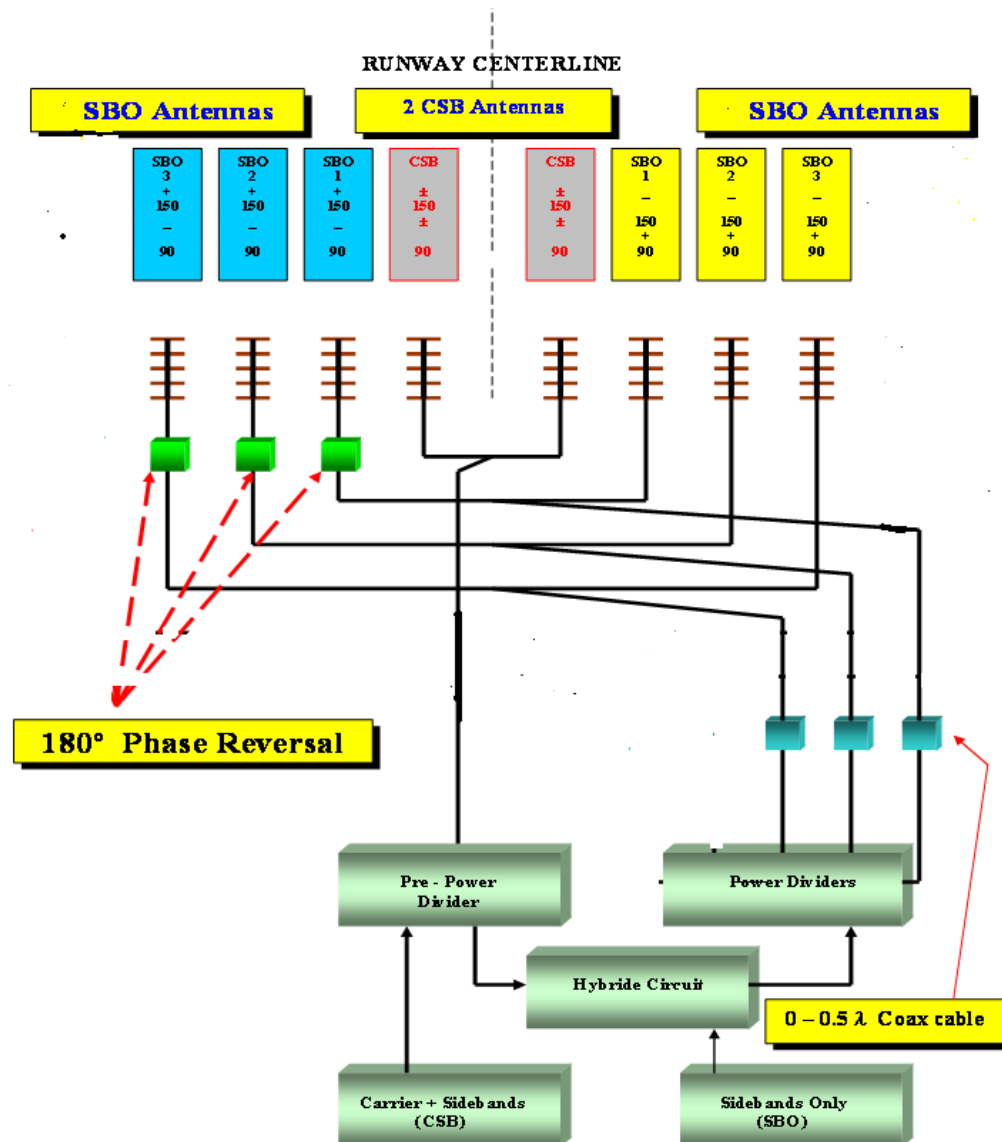
Het localizer carriersignaal wordt door de twee middelste antennes uitgezonden in de aanvliegrichting van de baan. In figuur 14 is de draaggolf (CSB) met de 150Hz en de 90Hz modulatiesignalen te zien.



Figuur 14: Loc. Antennesignaal

De resterende linker- en rechterantennes (zie figuur 15) worden alleen door de zijbandfrequenties (SBO) gevoed via amplitude- en faseschakelingen door de draaggolf (carriersignaal) te filteren. Merk op, dat links het 150 Hz signaal overheerst en rechts het 90 Hz signaal overheerst. Dit krijgt men door in de desbetreffende coaxkabel (links) voor alle zijbandantennes een extra lengte van een $\frac{1}{2}$ golflengte toe te voegen (zie figuur 15). Hierdoor is de kabel dus een $\frac{1}{2}$ golflengte langer, wat overeenkomt met 180graden faseverdraaiing van het signaal. Merk op, dat er een dubbele omdraaiing moet plaatsvinden, omdat het volgende nodig zijn:
 Links: +150 Hz en -90Hz (hier is er een omdraaiing nodig).
 Rechts: -150Mhz en +90Hz (hier is er een omdraaiing nodig).

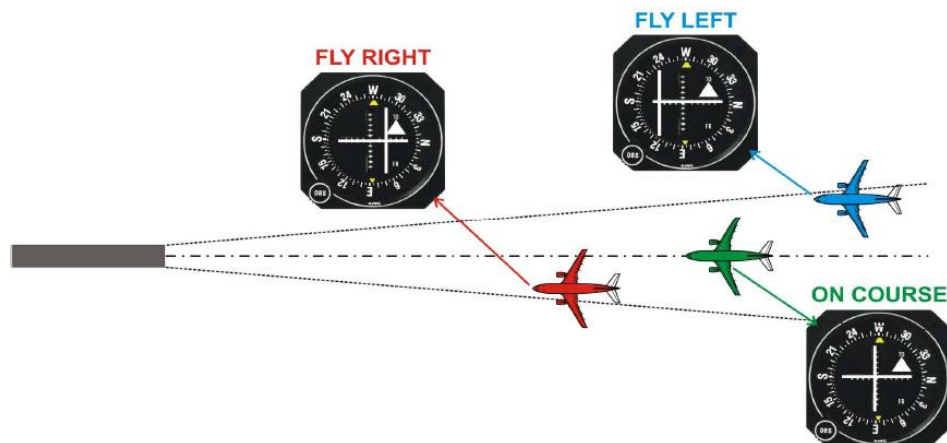
Alle individuele antennes krijgen een bepaald deel van het zijbandsignaal, in grootte en in fase toegevoerd, waardoor een zo scherp mogelijk uitstralingspatroon ontstaat in de aanvliegrichting van de baan. De antennes die men gebruikt heeft bij deze localizer, zijn de LOG-PERIODIC antennes. Deze antennes stralen meer dan 90% van hun energie uit in een richting, waardoor ze zeer efficiënt zijn, en de zenders minder vermogen hoeven uit te stralen.



Figuur 15: Localizer antennesignalen

Als men een localizer ontvanger (in het vliegtuig) (zie bijlage 3) op de zenderfrequentie 109.9Mhz heeft afgestemd, zal na detectie, afhankelijk van de plaats van het vliegtuig, een sterker 150Hz (blauw vliegtuig in figuur 16) of een sterker 90Hz signaal(rood vliegtuig in figuur 16) ontvangen worden. Achter de detector worden de 150Hz en 90Hz signalen gefilterd en tot een gelijkspanning gemaakt, om ze daarna naar een indicator te leiden (Course

Direction Indicator). Als het vliegtuig in het midden van de baan is, dan moet de naald ook in het midden staan (zie het groene vliegtuig in figuur 16).



Figuur 16: Loc. Cockpit display indicator

In de ontvanger ontvangt men dus radiofrequentie (VHF) signalen, die bestaan uit:

- (1) een draaggolf (uitgezonden door de middenantennes),
- (2) de som van de zijbandfrequenties (uitgezonden door de middenantennes + de resterende antennes),
- (3) een Ident (ILS-identificatie I-ZAN),
- (4) en eventueel ATIS-informatie.

De localizer heeft een Field monitor, die elke afwijking detecteert, en doorgeeft aan de monitor(en). De monitor controleert of deze afwijking binnen de tolerantie is. Is de afwijking buiten de tolerantie, dan schakelt de monitor over naar de standby zender. Als de fout dan nog niet is opgelost, dan schakelt de monitor de zender uit.

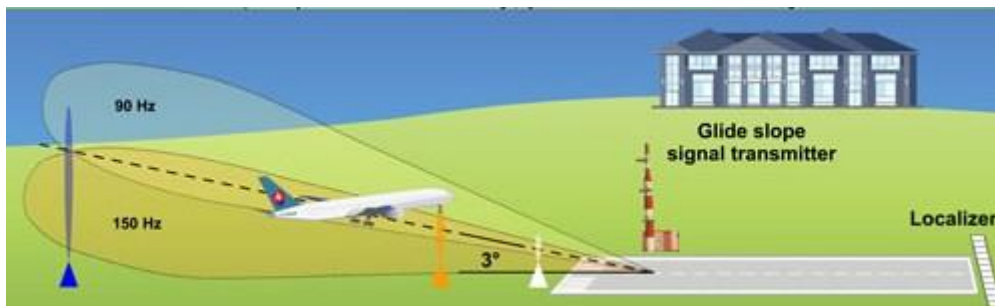
5.3 De principes van de Glideslope

De glideslope (glijpadbaken) is een navigatiesysteem, dat bestaat uit twee AM gemoduleerd UHF-zenders en twee monitors, met een samengesteld antennestelsel, bestaande uit drie antennegroepen (zie figuur 17).



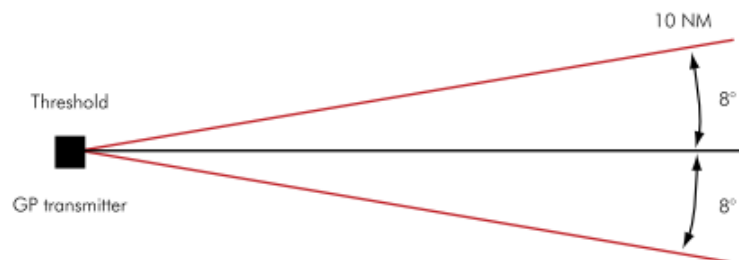
Figuur 17: Gs- antenne

De glideslope biedt de piloot daalhoekinformatie, die aangeeft of het vliegtuig onder de juiste daalhoek naar het begin van de landingsbaan gaat (touchdown punt). De verkregen informatie heeft betrekking op de plaats waar het vliegtuig zich op dat moment bevindt, ten opzichte van de denkbeeldige schuine lijn naar de baan zoals in figuur 18 afgebeeld.



Figuur 18: Glideslope zendpatroon

Deze informatie wordt ook in verschillende apparaten in het vliegtuig gebruikt, voor het realiseren van een automatische nadering en landing. Het glijpad is normaal te ontvangen op een afstand van 10 nautical miles, zie figuur 19. Echter, op sommige plaatsen, is het glijpad gecertificeerd voor een uitgebreid servicevolume dat de 10 nautical miles overschrijdt.

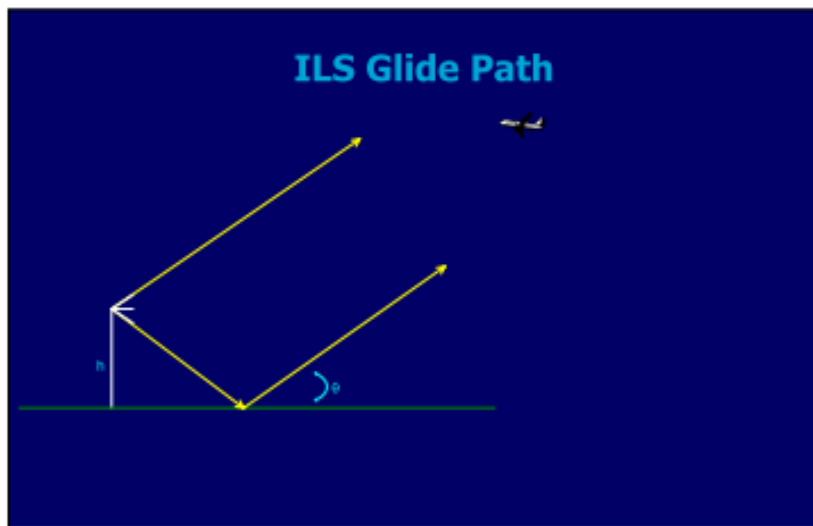


Figuur 19: Gs coverage

Het glijpadbaken van de J.A.Pengel luchthaven zal op een zendfrequentie van 333,4Mhz uitzenden. Het signaal dat de glideslope uitzendt, en dat ontvangen wordt in het vliegtuig, is een

samengesteld signaal. Dit signaal komt tot stand door gecontroleerde reflecties voor de glide slope antenne op de grond en een direct uitgezonden signaal zoals in figuur 20 te zien is.

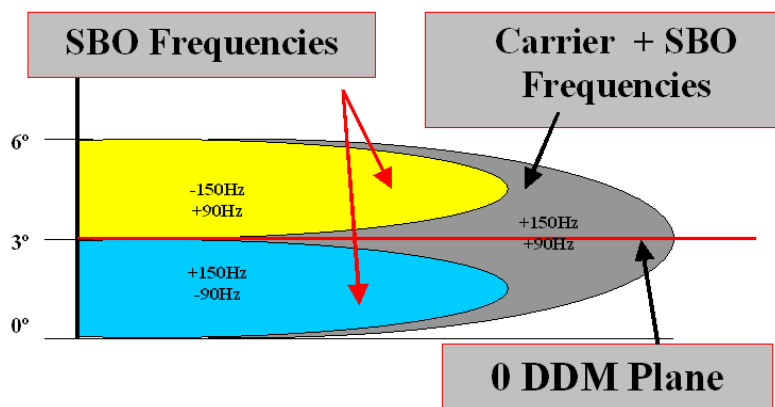
Elke (radio)golf zal bij een reflectie op een oppervlakte(grond) een verdraaiing van 180 graden ondergaan. De combinatie van de directe en de gereflecteerde golf geeft in de ruimte voor de antenne, een uitzendpatroon dat men een lobe noemt, en die de vorm heeft van een lang-gerekte druppel.



Figuur 20: Glideslope signaal

De vorm van deze lobe is afhankelijk van de hoogte van de zendantenne en de hoogte van de frequentie. Is de antenne heel dichtbij de grond, dan heeft men misschien een lobe. In de praktijk heeft men niet met één golf te maken, maar met miljoenen golven, die alle voor de antenne gereflecteerd worden en gecombineerd met de directe golven. De som van al deze signalen wordt een samengesteld glideslope signaal.

Met de onderste antennegroep worden de draaggolf (UHF) en de 90 Hz en 150 Hz modulatiesignalen uitgezonden, zodanig dat de hoek van maximale uitstraling(lobes) precies drie graden onder de vooraf berekende dalhoek komt. De middelste antennegroep straalt alleen de zijbandfrequentie uit (90Hz en 150Hz) onder een zodanige hoek, dat het gevolg is, dat de lobes een hoek hebben die twee keer zo klein is als die van de draaggolf, waardoor hun eerste minimum (tussen de lobes) samenvalt met het maximum van de draaggolf (bv. 3graden), zie figuur 21.



Figuur 21: Gs-zendpatroon

De twee frequenties (90Hz en 150Hz) zijn zodanig aan elkaar gekoppeld, dat de 90Hz negatief is in de onderste lobe en de 150Hz positief in de onderste lobe. De 90Hz is positief in de bovenste lobe en 150Hz negatief in de bovenste lobe. Als bij de ontvanger het 150Hz signaal sterker is dan weet de piloot dat hij onder de drie graden dalingshoek is (zie rood vliegtuig in figuur 22). Wordt het 90Hz signaal sterker dan weet de piloot dat hij boven de drie graden dalingshoek is (zie blauw vliegtuig in figuur 22).



Figuur 22: Gs-cockpitindicator

De combinatie van alle signalen in de ruimte voor de antenne heeft tot gevolg, dat op de denkbeeldige lijn (onder een hoek van drie graden) de resultante van alle signalen nul (0) is. De glideslope van de J.A.Pengel luchthaven zal een Capture Effect Glideslope zijn, die via een extra antenne groep een extra 4,2Khz draaggolf uitzendt, om de daalhoek zuiverder te maken. De glijpadfrequenties worden gekoppeld aan de localizer, wat betekent dat de piloot om af te stemmen maar een ontvanger heeft te bedienen (zie bijlage 3). De glideslope heeft ook een Field monitorantenne, die elke afwijking detecteert, en doorgeeft aan de monitor(en). De monitor controleert of deze afwijking binnen de tolerantie is. Is de afwijking buiten de

tolerantie, dan schakelt de monitor over naar de standby zender. Als de fout dan nog niet is opgelost, schakelt de monitor de zender uit.

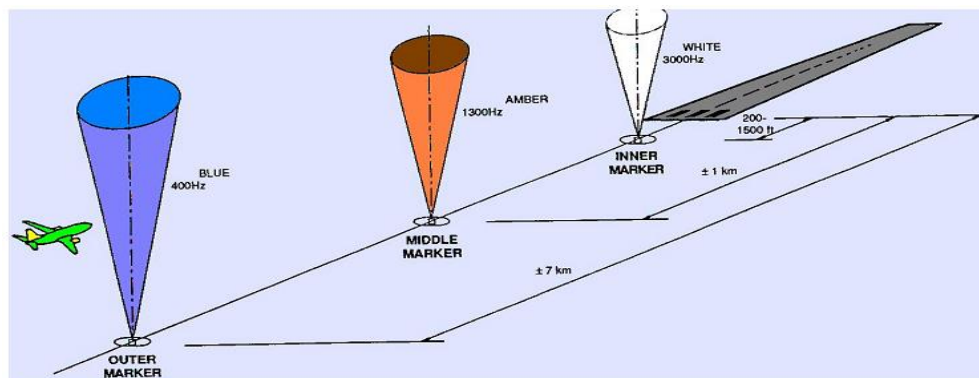
5.4 De principes van de Middle Marker

Middle Marker is een navigatiesysteem, dat bestaat uit twee AM gemoduleerde VHF-zenders en twee monitors, met een yagi antenne (zie figuur 23) en staat altijd (900 meters) voor de landingsbaan en werkt op 75Mhz, en op audiotoon van 1300Hz.



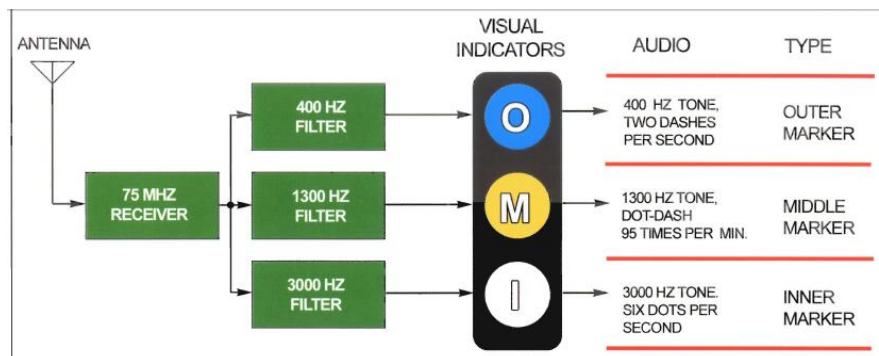
Figuur 23: Middle Marker antenne

Dit systeem wordt gebruikt om de piloot enige afstandsindicatie te geven, zodat hij weet wat zijn afstand tot het begin van de baan is tijdens de landing. De middle marker staat precies op de plaats waar het vliegtuig zijn final approach naar de baan moet inzetten. Hier beslist de piloot of hij de landing gaat uitvoeren of afbreken. De polarisatie van de middle marker is horizontaal, en de uitstraling is recht omhoog in de vorm van een kegel zoals in figuur 24 te zien is.



Figuur 24: Marker-beacon uitstralingspatroon

In de ontvanger in het vliegtuig (zie figuur 25) worden de verschillende tonen gefilterd en wordt een lampje aangeschakeld als waarschuwingssignaal voor de vlieger.



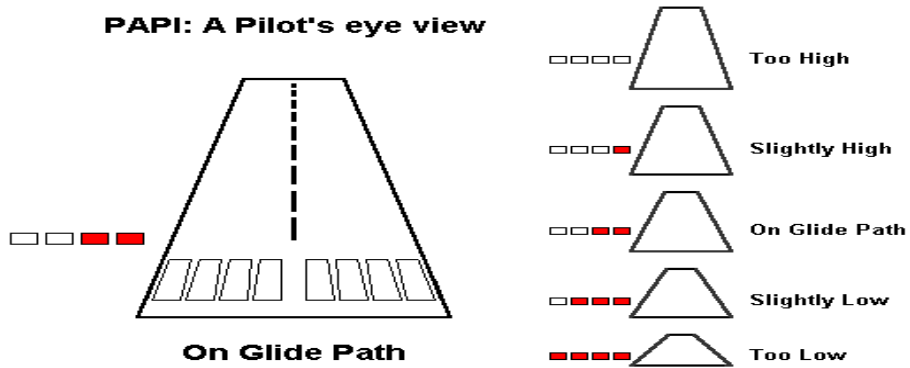
Figuur 25: Markerbaken ontvanger

Ook wordt via een luidspreker de desbetreffende toon hoorbaar gemaakt. De J.A.Pengel luchthaven heeft geen outer marker nodig, omdat deze luchthaven wel beschikt over een Distance Measuring Equipment (DME). Een DME geeft constant afstandsinformatie, wat voor de vliegers veel beter is dan een lampje dat gaat oplichten als men over de outer marker vliegt. De Inner Marker wordt alleen gebruikt voor categorie II-vluchten dus heeft de J.A.Pengel luchthaven ook geen inner marker nodig. De middle marker heeft ook een Field monitor-antenne, die elke afwijking detecteert en doorgeeft aan de monitor(en). De monitor controleert of deze afwijking binnen de tolerantie is. Is de afwijking buiten de tolerantie, dan schakelt de monitor over naar de standby zender. Als de fout dan nog niet is opgelost, schakelt de monitor de zender uit.

5.5 Principles van de Precision approach path indicator

De Precision Approach Path Indicator (PAPI) is een visueel landingshulpmiddel dat gebruikt wordt op de J.A.Pengel luchthaven bij het naderen van de landingsbaan. Het systeem bestaat uit een aantal (4) modules met led-lampen, geïnstalleerd aan beide kanten van de landingsbaan, die een zichtbare indicatie geven over de positie van het naderende vliegtuig in de landingsbaan of het glijpad van de landingsbaan. Elke module met led-lampen heeft een lenzenstelsel dat het licht verdeelt in twee aparte segmenten: wit en rood. Afhankelijk van de zichthoek van de piloot ten opzichte van deze systemen ziet deze ofwel het witte of het rode licht. Bij een optimale nadering ziet de piloot de helft van de lichten rood en de andere helft wit zoals in figuur 26 afgebeeld. Dit betekent dat het vliegtuig dan op het optimale glijpad zit met een hellingshoek van 3°. Als het vliegtuig onder het gewenste glijpad zit ziet men meer

rode dan witte lampen en als men te hoog zit juist meer wit dan rood. De PAPI-verlichting wordt voor het naderende vliegtuig, samen met de overige baanverlichting, op de J.A. Pengel luchthaven geactiveerd door de luchtverkeersleiding.



Figuur 26: PAPI - indicatie

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies

Aan de hand van het aantal vluchten per dag op de J.A. Pengel luchthaven worden de volgende conclusies getrokken:

- Wil men het risico op incidenten tijdens het landen op de J.A.Pengel luchthaven bij slecht zicht minimaliseren, dan moet men een nieuwe cat. I Instrument Landing System (ILS) implementeren. De cat. I ILS biedt een nauwkeurige benadering met zowel de laterale als de verticale begeleiding aan minima zo laag als 200 voet boven grond-niveau en met een zichtafstand van niet minder dan 800 meters op de landingsbaan.
- ILS cat. II en cat.III zijn niet toepasselijk op de J.A.Pengel luchthaven, omdat er geen centerline verlichting aanwezig is op deze pas gerehabiliteerde landingsbaan en ook geen taxibaan aanwezig is. Deze zijn de belangrijkste twee voorwaarden van de ICAO voor de cat. II en cat. III systemen.
- Deze twee systemen (cat. II en III) dienen twee tot vier keren jaarlijks geïnspecteerd te worden door een speciaal flight check vliegtuig, terwijl de cat.I eenmaal per jaar geïnspecteerd dient te worden. Hierdoor wordt het onderhouden van een cat.II en cat.III systeem vele malen duurder, wat met zich meebrengt dat men deze kosten moeilijk terug kan verdienen gelet op de vijf tot zes landingen per dag maximaal.
- Alle categorieën van het ILS zijn altijd dubbel uitgevoerd, zodat bij storingen deze binnen een paar seconden moeten kunnen overschakelen van de main- naar de standby zender, die beide van precies dezelfde kwaliteit zijn (redundancy).
- Voor de visuele landingen zijn zowel bij de begin als bij het einde van de landingsbaan aan beide kanten PAPI-systemen aanwezig, zodat men bij goed zicht ook veilig op de baan kan landen.

Aanbevelingen

- Gelet op de kritieke toestand van het huidige ILS op de J.A. Pengel luchthaven te Zanderij, dient vervanging van dit systeem spoedig plaats te vinden ter voorkoming van onderbreking in de luchtverkeersdienstverlening.
- Verder wordt het aanbevolen aan beide einden van de landingsbaan een cat.I ILS te installeren. Hiermee kunnen vliegtuigen van beide kanten veilig op de

landingsbaan landen bij slecht zicht wat nu niet het geval. Zo een dubbele ILS-installatie wordt een interlock systeem genoemd. Hierdoor kunnen de luchtverkeersleiders bepalen van welke kant het vliegtuig veilig op de landingsbaan kan landen, omdat steeds een van de ILS-installatie op dat moment operationeel zal zijn. Het voordeel hierbij is dat, als het zicht aan de ene kant van de landingsbaan slecht is, waardoor een vliegtuig niet zou kunnen landen, maar het zicht aan de andere kant van de landingsbaan niet slecht is het vliegtuig vanuit deze kant normaal kan landen op de landingsbaan in plaats van uit te wijken naar een andere luchthaven.

LITERATUURLIJST

BOEKEN

Elstak E.M.C.(2011) Basic NavAids Course Aviation Training Centre
ICAO (july 2006) Annex 10 volume 1 Radio Navigation Aids zesde editie Montréal
Tuijl, W.H. van (aug. 1979) Rapport LR-285 Delft- Nederland

MAGAZINES

Luchtvaartdienst (2000) Luchtverkeer in het jaar 2000 Paramaribo, Suriname
Luchtvaartdienst (july 2008) AIP- ENR 1-3-1 Suriname
Luchtvaartdienst (nov. 2008) AIP- ENR 1-2-1 Suriname
Luchtvaartdienst (july 2009) Nationale Luchtvaartgids Suriname volume 2, 1e editie
TU Delft (march 2008) ET4:022 Radio Navigation Landing System 4e editie Holland
Wilcox (mei 1994) Mark 10 Localizer Training Manual Kansas City, USA
Wilcox (mei 1994) Mark 10 Glideslope Training Manual Kansas City, USA
Wilcox (mei 1994) Mark 10 Middle Marker Training Manual Kansas City, USA

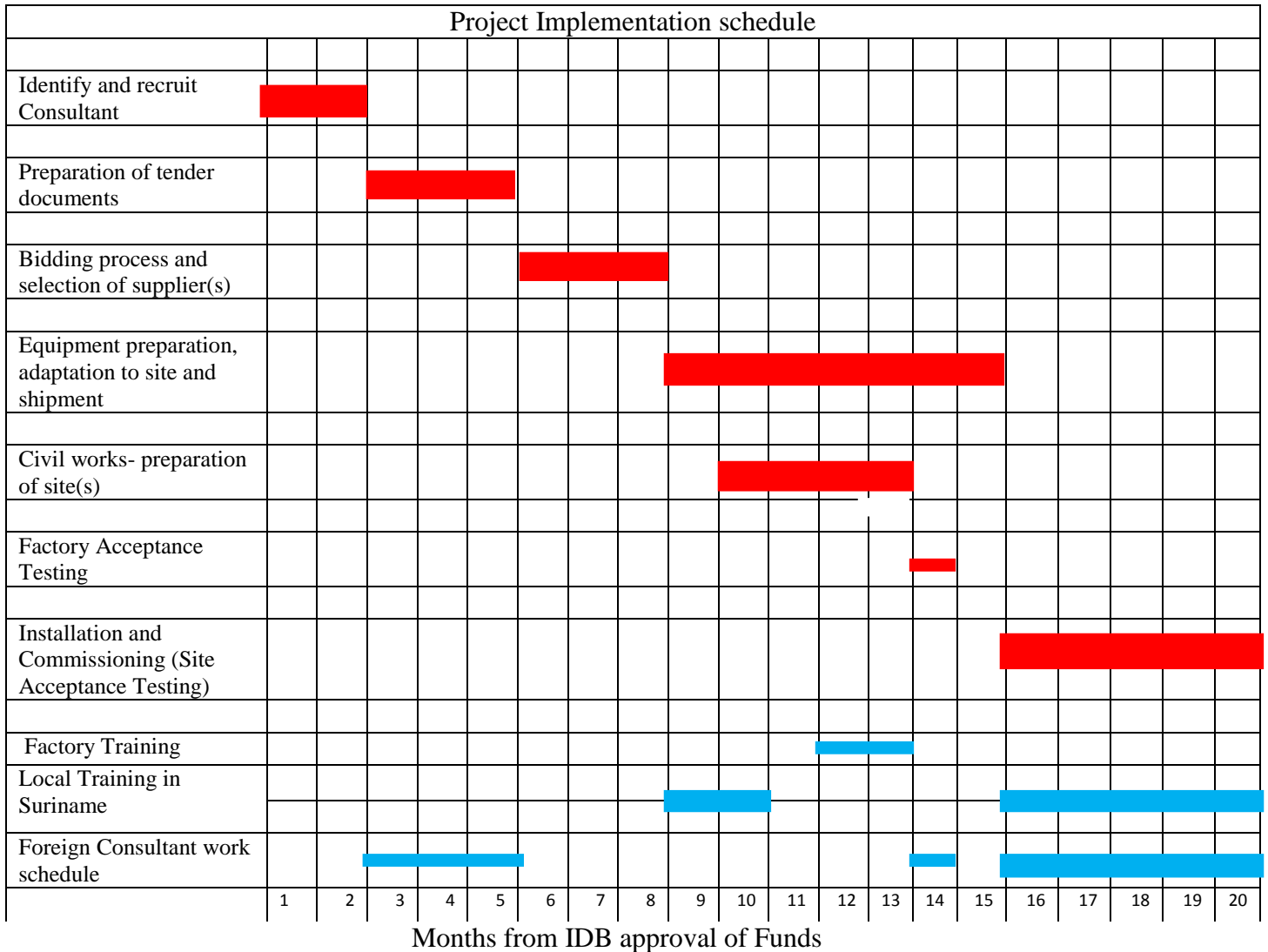
WEBSITES

<http://www.wikipedia.org>
www.gov.sr/ministerie-van-tct/diensten/luchtvaartdienst
www.icao.int

BIJLAGE I: Statistiek van het aantal vluchten op de J.A. Pengel luchthaven

YEAR	MONTH	COMM	CARGO	MIL	GA	MOV TOTAL
2013	JAN	302	57	0	38	397
	FEB	244	51	4	36	335
	MAR	273	56	12	25	366
	APR	281	56	2	22	361
	MAY					0
	JUN					0
	JUL					0
	AUG					0
	SEP					0
	OCT					0
	NOV					0
	DEC					0
	TOTAL:		1100	220	18	121
2012	JAN	233	21	4	25	283
	FEB	201	23	4	48	276
	MAR	257	26	8	13	304
	APR	235	20	4	27	286
	MAY	233	62	14	37	346
	JUN	224	58	0	34	316
	JUL	252	68	6	25	351
	AUG	260	62	6	26	354
	SEP	241	60	2	18	321
	OCT	238	62	0	34	334
	NOV	252	64	10	23	349
	DEC	310	52	8	21	391
	TOTAL:		2936	578	66	331
2011	JAN	240	34	2	28	304
	FEB	197	34	4	37	272
	MAR	219	38	0	29	286
	APR	232	32	2	30	296
	MAY	236	28	4	46	314
	JUN	225	26	2	37	290
	JUL	236	36	14	22	308
	AUG	242	34	4	29	309
	SEP	252	34	4	16	306
	OCT	226	34	4	21	285
	NOV	219	32	12	31	294
	DEC	245	22	10	21	298
	TOTAL:		2769	384	62	347
		78%	11%	2%	10%	
2010	JAN	301	20	4	24	349
	FEB	266	26	6	30	328
	MAR	304	36	2	36	378
	APR	270	36	10	90	406
	MAY	274	30	2	29	335
	JUN	254	34	2	27	317
	JUL	286	42	0	35	363
	AUG	291	38	14	42	385
	SEP	275	36	6	12	329
	OCT	261	36	4	27	328
	NOV	245	38	44	100	427
	DEC	249	30	22	55	356
	TOTAL:		3276	402	116	507
		76%	9%	3%	12%	
2009	JAN	246	22	2	16	286
	FEB	224	24	6	19	273
	MAR	246	28	10	17	301
	APR	244	18	6	16	284
	MAY	205	26	6	24	261
	JUN	227	30	6	22	285
	JUL	295	24	2	25	346
	AUG	307	26	8	10	351
	SEP	260	28	6	24	318
	OCT	284	28	8	23	343
	NOV	252	30	10	31	323
	DEC	312	28	10	35	385
	TOTAL:		3102	312	80	262
		83%	8%	2%	7%	

BIJLAGE II: Project Implementatie Schedule



BIJLAGE III: Blokschema van een ILS- ontvanger

