



Försvarets Historiska Telesamlingar
Marinen



2019-09-07

SAAB:s sikte i 9LV-familjen 50 år

Bertil Eklund (redaktör) m.fl

M/02 2019



Förord

Denna publikation har tagits fram med anledning av att det år 2019 är 50 år sedan dåvarande Philips Teleindustri fick sin första beställning av en artillerieldledning i 9LV-serien. Beställare var FMV för den svenska marinen.

Flera olika tekniska genombrott 1969 kombinerades och utnyttjades för att åstadkomma en svensk fartygseldledning med unika egenskaper. Generationsvisa uppgraderingar har därefter säkerställt att siktet i 9LV-familjen ännu idag uppvisar topprestanda med hög konkurrenskraft på världsarenan.

Dokumentet har tagits fram av SAAB för att användas bl a i företagets marknadsföring. Det föreligger där också i en engelsk utgåva. Dokumentet har utarbetats av Sven Bidö, Svante Larsson, Bertil Eklund (redaktör) m.fl., alla tidigare medarbetare vid dåvarande Philips Teleindustri, numera SAAB i Järfälla. Även medarbetare inom FHT har medverkat och det har därför befunnits lämpligt att även ge ut dokumentet som en FHT-skrift med detta förord.

Siktet i 9LV-familjen 50 år 2019.



Figur 1. Svenska marinens torpedbåt Norrköping av typ SPICA II



Fig 2. Svenska marinens korvett av typ Visby

Innehållsförteckning

1	Översikt	3
1.1	Inledning	3
1.2	Utmaningen	4
1.3	Siktets nyckelteknologier	5
1.4	Vidare utveckling av 9LV-familjen	5
2	9LV- siktets födelse	6
2.1	Beställningen	6
2.2	Företaget	6
2.3	Magnetronerna	7
2.4	Systemegenskaper	7
2.5	9LV siktet	8
2.6	Ytterligare nyckelpersoner	9
3	9LV-siktets teknik och vidareutveckling	10
3.1	Bakgrund	10
3.2	Radarsiktet första generationen – ARTE 722	10
3.3	Radarsiktet andra generationen – RAKEL 203	18
3.4	Radarsikte tredje generationen – ARTE 726 och 9LV Mk 2	21
3.5	Radarsikte generation 4 – revolution	22
3.6	Övriga större förändringar	23

Texten i detta dokument har sammanställts och redigerats av Bertil Eklund på underlag från Sven Bidö, Svante Larsson och Bengt-Åke Jönsson. Utöver underlagslämnarna har dessutom Malte Jönson, Tomas Ahlberg, Göran Granberg, Bengt Bergqvist, Guy Hörnfeldt samt Peter Evans bidragit med konstruktiva förslag och kommentarer.

Saab Systems, företaget som utvecklade och fortfarande tillverkar siktet till 9LV-familjen är medlem i Saabkoncernen. Företaget har under åren flera gånger fått nya ägare som varit villiga att investera, vidareutveckla och underhålla Fartygssystem SS2000. Eldledningssiktet 9LV CEROS utgör en av nycklarna till företagets stora framgång med SS2000 på världsarenan.

Siktets utveckling startades av Philips Teleindustri 1969. Företaget bytte ägare och/eller namn till Philips Elektronikindustrier 1975, Bofors Electronics 1989, NobelTech 1991, CelsiusTech 1993 och slutligen Saab år 2000. "Samma företag" men många olika ägare!

1 Översikt

1.1 Inledning

År 2019 firar siktet 50-årsjubileum och uppdaterade versioner är i högsta grad ännu moderna. Nästan alla teknikersystem, som är så gamla är hopplöst föråldrade och sedan länge förvisade till glömska eller i bästa fall museum. Hur har då siktet kunnat vara up-to-date så länge? Svaret ligger antagligen i att det utformades som en sammansättning av ett antal delsystem, vilka vart och ett byggde på tekniska innovationer. När delsystemen med nytänkande teknologi kombinerades i siktet, skapades en ny, framsynt generation av eldledning. Kombinationen av hög noggrannhet med liten storlek och vikt var och har förblivit en stor konkurrensfördel. Siktets olika delsystem har därutöver kunnat bytas ut eller moderniserats i takt med att ny teknik eller nya krav tillkommit, medan själva siktesplattformen med sitt servosystem har kunnat hantera de ökade vikter som tillkommit. Draghjälp till framgången kom nog också från företagets utveckling av zonerörsammunit. Philipssiktet bildade t.ex. tillsammans med Bofors exportsuccé 57 mm allmålskanon och zonerörsammunit ett effektivt luftförsvar. Dessutom fanns det vid siktets födelse en strävan hos Försvarmakten att värna den nationella profilen genom att vidareutveckla den nationella kunskapen till kompetenstorn inom olika teknologiområden, där företag tilläts att "spänna bågen" i tekniska högriskprojekt. Siktets tillblivelse hos Philips Telindustri (PTAB) utgör ett sådant exempel, där FMV:s och Philips kompetenser kombinerades. Pionjärande, inspiration, djup fackkunskap, samt inte minst hårt och idogt arbete tillsammans med en hel del tur skapade ett sammansatt, komplext men robust system, vilket tekniskt låg långt före sina konkurrenter. Sven Bidö, vilken ansvarade för utvecklingen av siktet, och som sedermera även blev VD för företaget, berättar i kapitel 2 historiken om pionjärarbetet hur ett gäng framsynta eldsjälar på leverantörs- och kundsidan lyckades med att göra siktet till en framgångssaga. I kapitel 3 beskriver Svante Larsson med stöd från Bengt-Åke Jönsson, bägge veteraner från företaget, siktets tekniska huvuddelaroch även den generationsvisa vidareutvecklingen av siktet från starten i ARTE 722 fram till våra dagar.

Siktet blev en ryggrad i fartygseldledningen 9LV och en av pelarna i exportframgångarna där system har levererats till dussintalet olika länder. Bilderna nedan visar några av de levererade systemen.



Fig 3 och 4. Svenska marinens korvett av typ Göteborg respektive stabsfartyget Carlskrona



Fig 5 och 6. Danska Skaden (Skatan) av Flyvefiskentyp respektive finländska marinens Rauma



Fig 7 och 8. Australiens fregatt av typ ANZAC respektive Canadas fregatt Calgary av typ Halifax

1.2 Utmaningen

Eldledningen i ett fartygs luftförsvar ska även i grov sjö ha en vinkelnoggrannhet i storleksordningen 1 mrad, dvs ca 1 m per km skjutavstånd. Med sådan noggrannhet kommer zonrörsammuniten att säkerställa att målet oskadliggörs. Samma krav gäller i stort även vid bekämpning av sjömål.

Normen för den svenska flottans fartygseldledning levererades på 1960-talet av holländska Signaal (HSA), vilket också ingick i Philipskoncernen. Systemet fanns ombord på torpedbåtar av typ SPICA I. Sändtagarna för såväl spanings- som följeradarn satt under däck. Signalen fördes via vågledare och vridskarvar upp till och ner från en mast med radom i form av en kula, i vilken antennerna för bägge radartyperna fanns. Kulan gav väder- och vindskydd, men omöjliggjorde optisk sikt.

Parametrar att överglänsa eller åtminstone vara jämbördig med:

- (Prismässigt konkurrenskraftigt)
- Noggrannhet
- Räckvidd
- Störtålighet
- Tillkommande optronikkanal i form av TV/laser med utbyggbarhet även med IR, för att kunna hantera och motverka det allvarliga hotet från lågflygande robotar (sea skimmers)
- Minskat slitage av pjäsens kuggkranar genom reduktion av eldledningsstörningar, vilket uppnås genom förbättrad precision och jämnare gång. Byte av pjäsens kuggkranar är en komplicerad och kostsam operation

1.3 Siktets nyckelteknologier

Siktet bygger på grundteknikerna:

Hoppfrekvensradar som skapar bättre följenoggrannhet och överlägsen störresistens relativt fast frekvens. För att uppnå detta genomfördes en miniatyrisering av spaningsradarns X-bandsmagnetron till Ku-bandet, så att den så skapade separata följeradarn kan sättas som "ryggsäck" på siktespedestalens topp i direkt anslutning till den radomförsedda antennen. Därigenom slipper man förluster i vågledare och vridskarvar, samtidigt som en optronikkanal kan skapas under förutsättning att siktet och dess servon orkar bära hela paketet.

Utvecklingen av hoppfrekvensmagnetronen till Ku-bandet var dock icke helt färdig. Att uppnå tillräcklig livslängd på roterande delar utgjorde stora utmaningar.

- Hydraulmotorer istället för elektriska sådana. Hydraulmotorn var ett "skunk work" från Philips forskningsorganisation och långt ifrån färdig. Skönheterna var dels att den är starkare än en elmotor samt dessutom noggrannare och tack vare jämnare gång mera varsam mot pjäsens kuggkransar. Dessutom finns det ett rejält hål i centrum av motorn, varigenom alla genomföringar kan kanaliseras. Pedestalen kunde tack vare den starkare hydraulmotorn bära mera last i form av följeradarns sändtagare och dessutom hela optronikpaketet.
- Ovan nämnda grunddelar kompletterades med mekanik i en siktespedestal ovan däck. Under däck återfinns en operatörsplats och elektronikskåp med en dator i form av en analogmaskin för styrning av sikte och pjäs. Härvid utgjorde även kunskaper inom servo- och reglerteknik nyckelkompetenser för att lyckas få till ett noggrant och robust system.

1.4 Vidare utveckling av 9LV-familjen

Det första siktet levererades till SPICA II i Norrköpingsklassen av torpedbåtar i början av 1970-talet, några år efter beställningen våren 1969. Därefter har tillkommande kundkrav resulterat i en stegvis vidareutveckling i generationer, men de grundläggande teknikerna har behållits. En övergång från analogmaskin till digital dator medförde att även en mångfald av stridsledningsfunktioner (byggda i programspråket Ada) kunde inkluderas, varvid Philips i Järfälla kunde leverera kompletta fartygssystem i 9LV-familjen och därigenom blev en teknikledande systemleverantör på världsarenan. Detta finns tämligen väl beskrivet i Försvarets Historiska Telesamlingar (www.fht.nu) i FHT-dokumentet "Philips i Järfälla. Från lokal tillverkare av apparater till systemleverantör på världsarenan", samt i FHT:s skrift om strids- och eldledningssystem inom marinen (Malte Jönson).



Figur 9. HMS Carlskrona i svår sjögång

2 9LV- siktets födelse.

(Detta avsnitt omfattar en återblick skriven av Sven Bidö)

2.1 Beställningen

1968 fattades beslutet att marinen skulle få upphandla 6+6 torpedbåtar typ Norrköping bestyckade med torpeder och en 57 mm allmålskanon. Båtarna skulle byggas av Karlskronavarvet. Marinen infortrade anbud på eldledningssystem. Tidigare hade man på SPICA båtarna holländska M22, levererat av Hollandse Signaalapparaten (HSA). M22 hade en integrerad spanings- och följeradar på en stabiliserad plattform skyddad av en radom. En elegant lösning för sin tid men nu ville man på ett enkelt sätt i ett senare skede kunna komplettera siktet med optronik. HSA tillhörde Philipskoncernen liksom dåvarande PTAB. Företagen hade dock möjlighet att konkurrera lokalt utgående från nationella överväganden. Den 25 april 1969 lägger FMV beställningen på RAKEL, som var vårt namn på projektet, varpå företaget lämnade ett beställningserkännande den 7 maj. Ett kontrakt om utveckling och leverans av så småningom 13 system kunde tecknas i mitten av 1969. En milstolpe i företagets utveckling inom systemområdet. Konkurrenten med HSA förgiftade dock koncernsamarbetet under decennier framöver. Dåvarande sektionschefen för Eldledning, Kjell Sundbom, var drivande bakom offerten, Bo Ehrenblad ledde projekteringen och var vår projektledare för beställningen. På kundsidan FMV-M, ansvarade Sven Barkestad för projektet.

2.2 Företaget

PTAB hade tidigare under 1960-talet vunnit stora framgångar med sin moduluppbyggda transistoriserade beräkningsteknik. Den lämpade sig även väl för en fartygseldledning av den komplexitet som efterfrågades. Hoppfrekvenstekniken var etablerad inom försvaret genom beställningarna från FMV av spaningsradar för kustartilleriet och i samarbete med SAAB, målsökaren

för Robot 04. Det som gjorde projektet attraktivt för kunden var kombinationen av hoppfrekvens på både X- och Ku-banden samt möjlighet att komplettera siktet med optronik. Samordningsvinster på underhållssidan var andra fördelar. Framgångarna med den här analoga tekniken gjorde att företaget kom sent igång med att konvertera till datorstyrda system. Detta föranledde en Miss Beggs från US Department of Defense att skriva i sin rapport från besöket på PEAB på 1970-talet "I have seen a lot of obsolete equipment during my visit to Sweden". Jag hade äran att leda henne runt på företaget och kan förstå hennes synpunkter. Vi undvek dock en del barnsjukdomar med datortekniken och tog revansch i slutet på 1980-talet då vi valde att tidigt gå över till strukturerad programmering och programspråket ADA för att försvara och om möjligt förbättra vår position på marknaden.

2.3 Magnetronerna

Magnetronerna var nyckelkomponenten i hoppfrekvenstekniken. Ursprungligen utvecklad för att operera på X-bandet skalades den också tidigt ned i dimension för att täcka även Ku-bandet. Nils Backmark var eldsjälen bakom utvecklingen och tilldelades 1972 tillsammans med Bengt-Olof Ås, som ledde systemutvecklingen, IVA:s guldmedalj för arbetet med att utveckla hoppfrekvensradarn. Denna krävde bl.a en mottagare som snabbt kunde avstämmas till den utsända frekvensen. Här gjorde också Rune Carlson en pionjärinsats. En nyckelperson i verksamheten som under åren framöver svarade för utvecklingen av vår sändtagarteknik. Magnetronerna tillverkades i en specialverkstad, Rörlab, som ursprungligen ingick i divisionen för industrielektronik under Nils Backmark. Efter flytten till Järfälla 1968 införlivades "Rörlab" med PTAB "Rörlab" i det som 1975 blev PEAB. En liten skara kunniga och trogna medarbetare fick uppgiften att föra vakuumtekniken vidare och förse företaget med de för verksamheten oundgängliga magnetronerna. Under åren gjordes flera kända försök av konkurrenter att kopiera dem men med såvitt känt begränsad framgång. En roterande mekanism i vacuum är ett intrikat passnings- och smörjningsproblem. Snurran fastnar lätt. Alternativt förgiftas katoden. Från och till hade även Rörlab problem med tillverkningen. Runt verksamheten växte med tiden fram ett välutrustat laboratorium för kvalitetskontroll till gagn för hela företagets verksamhet.

2.4 Systemegenskaper

Intresset för hoppfrekvenstekniken handlade till en början i stor utsträckning om hållfasthet mot störning. Sedan kom också andra egenskaper i förgrunden för intresset. Bengt Olof Ås var eldsjälen som ledde radarverksamheten. Outtröttligt demonstrerade och föreläste han för kunder och andra intressenter om hoppfrekvensens fördelar. Från taket på kontorsbyggnaden på Stora Essingen kunde man se Nackamasterna. Här kunde man också belysa masterna alternativt med fast frekvens eller med hoppfrekvens och se på en A-indikator hur ett eko varierade kraftigt i styrka då vinden fick masterna att svaja. Vid hoppfrekvens erhöles ett stabilt eko där man kunde särskilja de tre masterna var för sig. Hotbilden med lågt anflygande sjömålsrobotar gjorde det intressant att utreda huruvida hoppfrekvensen kunde förbättra upptäcktssannolikheten av små mål i sjöklotter. Förutom tidigare nämnda hoppfrekvensvinster kunde sjöklotter oftast ges bruskaraktär och falska detekteringar undvikas genom filtrering. Att belysa ett mål med flera frekvenser öppnade också upp möjligheter för målanalys.

Företaget kunde knyta ett antal intresserade utredare och analytiker till sig. Först i raden var Göran Lind som hade ett stort inflytande på konstruktionen av 9LV siktet. Intresset för hoppfrekvensen var internationellt. Göran Lind skrev några vetenskapliga uppsatser i ämnet som han fick publicerade i IEEE transaktions.

2.5 9LV siktet

För det nya siktet fanns en kravspecifikation. I övrigt var det ganska sparsamt beskrivet i beställningsunderlaget. Företaget hade en modern sändarmottagarenhet med en tyristorstyrd modulator på Ku-bandet i ett sent utvecklingskede. För Rune Carlsson, som ansvarade för sändtagaren var det enkelt att föra över tekniken till siktet.

Dock krävdes utveckling av en följeradarantenn med subreflektor och monopolmottagare. Den måste också vara bredbandig och möta noggrannhetskraven över hela frekvensområdet. Göran Lind, vår systemutredare ägnade mycken tid åt det här projektet, liksom konstruktionschefen Paul Ström. Ytterst är ju en sådan här antenn en mekanisk konstruktion. Ansvarig för utvecklingen av mikrovågsdelen och då även antennen var John-Olof Thulin. Noggranna beräkningar och simuleringar gjordes. Bl.a fick antennen sitt platta utseende då simuleringar visade att detta minimerade sidoloberna i skillnadsdiagrammet. Viktigt för hållfastheten mot störning. Trelleborgsplast var en kunnig och hjälpsam partner och byggde antennen för vår räkning.

Att följeradarn krävde en stabiliserad plattform sågs inte som någon omöjlig uppgift då vi hade skickliga mekaniker och en välutrustad verkstad. I första hand övervägdes olika elmotoralternativ med eller utan växlar. För spaningsantennen hade vi i ett tidigare skede valt hydraulik. Några användbara hydraulikkomponenter för siktet hade vi inte hittat. Hösten 1969 var dåvarande tekniske direktören, Jan Malmros, som händelsevis var mycket intresserad av mekanik, på koncernmöte i Eindhoven. Man visades i vanlig ordning omkring på Philips forskningsanläggning (NAT-lab). Där förevisades en hydraulmotor. Forskningen avsåg tillverkningsteknik med hög precision och motorn skulle driva en svarv med hitintills okänd precision. Jan rapporterade hem. Vår konstruktionschef Paul Ström åkte till Eindhoven träffade forskaren Kraakman. Paul förälskade sig i motorn som lovade vara lösningen på alla våra problem. Det var dock en prototyp och vi skulle själva tvingas produktionsanpassa den och skaffa de verktyg som behövdes för att tillverka den med den höga precision som krävdes.

Varför denna hydraulmotor? Stark och med hål i mitten ger den siktet en oslagbar förmåga att bära olika sensorer med hög precision och korta insvängningstider. Utöver detta med självbärande lager som gör den närmast outslitlig.

Prototyper av motorn beställdes av Kraakman som övertalades att ta på sig uppgiften för att vi skulle kunna få fram motorer så fort som möjligt. Det störde ju hans forskning. Motorerna blev kraftigt försenade. Senare fick vi klart för oss att huvudorsaken till detta var att han samtidigt varit tvungen att prioritera sin huvuduppgift. Den att tillverka en gräsklippare med hydraulmotorer som present till Frits Philips på hans 65-årsdag den 16 april 1970. Gräsklipparen som drevs av en sterlingmotor blev färdig i tid. Den blev dock väl tung och lämnade enligt uppgift djupa spår efter sig på Frits välansade gräsmatta i samband med uppvaktningen.

Någon gång i slutet av maj blev den första motorn klar och problemet uppstod hur vi skulle få hem den så snabbt som möjligt. Lösningen blev att undertecknad åkte ned till Eindhoven och tog hem den som handbagage.

En prototyp av siktet byggdes och placerades på taket av A-huset på Nettovägen. Här hade vi möjlighet till utprovning av följeradarsystemet. Dessvärre visade det sig att siktesservona inte var stabila. Hydrauloljans viskositet var temperaturberoende. Detta påverkade servoprestanda så att siktet då och då kunde bussvänga under utprovningen. När detta skedde skakade hela huset och framförallt skakade det i konferensrummet där vi hade våra projektmöten med kunden. Där låg också direktionsvåningen varför servoproblemen fick stor uppmärksamhet.

Julen 1970 var siktet tillbaka i provrummet. Vår servotekniker Ragnar Jönsson hade i uppdrag att försöka lösa servoproblemet. Eftersom hela företagsledningen hade synpunkter på det här ställde jag upp och försökte stötta Ragnar i hans funderande. Vi tillbringade julhelgen i provrummet och mätte och diskuterade vad vi skulle göra. Så hittar Ragnar en förlösande smart lösning. Ett borrat hål i styrventilen ger en adaptiv dämpande läcka som stabiliserar mot ändringar av oljans viskositet. Här föddes siktet som den tillförlitliga produkt som i alla år fungerat i alla väder! Möjligen var det på menlösa barns dag. Den stora stridsfrågan internt rörde siktesbenet. Projektledaren Bo Ehrenblad menade att benet var för klen för sitt ändamål medan konstruktionschefen Paul Ström envist hävdade att så inte var fallet även om det såg litet klen ut. Paul stöttades av sin vapendragare Kaj Thuring, ett orakel som utförde alla hållfasthetsberäkningar. Jag lät mig övertygas att siktet skulle hålla men benet förstärktes i ett senare projekt där de beräknade lasterna var avsevärt större.

2.6 Ytterligare nyckelpersoner

Jag har nämnt ett antal personer i företagets historia som på ett avgörande sätt medverkat till att det i slutändan blev ett sikte. Nyckelpersonen framför alla andra under framtagning av produkten var konstruktionschefen Paul Ström. En erfaren konstruktör med bestämda åsikter och ambitionen att allt skulle göras riktigt från början. Göran Lind var en skarp analytiker som kunde förmedla sina kunskaper till utvecklarna. Han blev senare professor vid Lunds Tekniska Högskola. Vår servotekniker Ragnar Jönsson hade ett stort intresse och kunskaper i motorstyrning. Han utvecklade senare i egen regi en styrkrets för asynkronmotorer, vilken bl.a. används idag av Alfa Laval i deras moderna mjölkmaskiner. Korna lär mjölka bättre om de hanteras varsamt.

Tyvärr är dessa mina vänner och nyckelpersoner vid siktets framtagning borta idag men nya kompetenta medarbetare i företaget har fört deras verk vidare.

Sista tillfället jag hade möjlighet att göra en insats för siktet var i Australien 1989. Jag ledde en förhandlingsdelegation för företagets (som då hette Bofors Electronics) räkning. Vårt ledningssystem med ADA var valt av kunden men beträffande sensorerna var det huggsexa. HSA gjorde vad de kunde för att inte helt bli utan utrustning på ett fartyg där man från början ansåg sig som självklara leverantörer. Ericsson hade sin sändtagare på C-bandet med i vår offert men gick fram med en egen offert på spaningsradarsystemet inklusive en egen antenn. Förhandlingarna gick trögt och drog ut på tiden och varvet bytte efter japanskt mönster ut sin förhandlingsdelegation. Jag ansåg att det hade ett stort värde att få en beställning på ett sammanhållet system och föreslog att vi skulle erbjuda varvet en gratis spaningsantenn förutsatt att vi fick ett kontrakt på totalsystemet. Hemmafronten stod med och totalkontraktet blev vårt. En viktig referens i en svår tid. Viktigt sedan att den australiska marinen blev väldigt nöjda med vårt sikte. Ombord hade man 127 mm kanoner. Med hjälp av siktets inbyggda mätning av projektilens utgångshastighet och träffindikatorn ökade precisionen märkbart och man kunde utöva prickskytte med sina kanoner. Sådant stärker moralen ombord.

Stockholm 20180407

Sven Bidö

Chef för radarsektionen då siktet utvecklades.

3 9LV-siktets teknik och vidareutveckling.

3.1 Bakgrund

Under början av 1960-talet införskaffade Svenska flottan ett antal kanoneldledningssystem från Philipsföretaget HSA (Hollandse Signalapparaten). Systemet kallades M22 och hade digital beräkningsdel medan radarn var helt analog. Sex av dessa eldledningar användes ombord på torpedbåtar av typ Spica 1.

Då kanoneldledning för de nya torpedbåtarna av Norrköpingsklassen skulle upphandlas vände sig Försvarets materielverk, FMV, även till andra aktörer, bl.a. Philips Teleindustri AB (PTAB).

PTAB hade tidigare tagit fram spanings- och eldledningssystemet Mareld för kustartilleriet, som användarna var mycket nöjda med. Mareld hade en analogiräknare med hög noggrannhet och tillförlitlighet. Radarn var en X-bands hoppfrekvensradar.

PTAB hade också tagit fram en Ku-bands hoppfrekvensmagnetron, vilken skulle ingå i en målsökare till sjömålsroboten Rb04E, som togs fram av PTAB tillsammans med SAAB.

Sammantaget resulterade detta i att PTAB offererade ett eldledningssystem till de nya torpedbåtarna med analog räknare, följeradar med hoppfrekvens på Ku-bandet och en siktespedestal med elektriska motorer.

ARTE 722, som systemet kallades, beställdes 1969 av FMV.

I ett tidigt skede under projekteringen/utvecklingen ersattes elmotorerna med nyutvecklade hydraulmotorer.

3.2 Radarsiktet första generationen – ARTE 722

3.2.1 Introduktion

Den första generationen av siktet blev i stort sett väldigt lyckad och de huvudsakliga konstruktionsprinciperna har vidmakthållits genom åren även om en del förbättringar och moderniseringar har tillkommit genom årens lopp.

Till skillnad från det holländska sikte som tidigare funnits i svenska marinen, M22 från HSA, så konstruerades vårt sikte som en två-axlig plattform – elevation över sidvinkel, se bild 10. HSA-siktet var som tidigare sagts integrerat med spaningsradarn via en horisontstabiliserad gimbal, se bild 11, vilket medförde att hela konstruktionen behövde monteras under en radom för att undvika problem med vindlaster. Det gick därför inte att ha en TV-kamera på siktet.

Vår två-axliga konstruktion kan förstås inte fullt ut stabilisera mot rörelser i en tre-dimensionell värld. Den tredje dimensionen utgörs av rotation runt siktlinjen, så kallad bildvridning, vilket saknar betydelse för målfilerberäkningarna så länge siktet styrs så att målet ligger på siktlinjen

För en operatör i stridsledningscentralen kan det, vid hård sjö, dock vålla ganska stor förtret om man har lite anlag för sjösjuka och man sitter och tittar på en TV-bild som beroende på siktets sidvinkel kan vrida sig tvärsen mot fartygets verkliga rull och stamp.



Bild 10. Siktet i ARTE 722

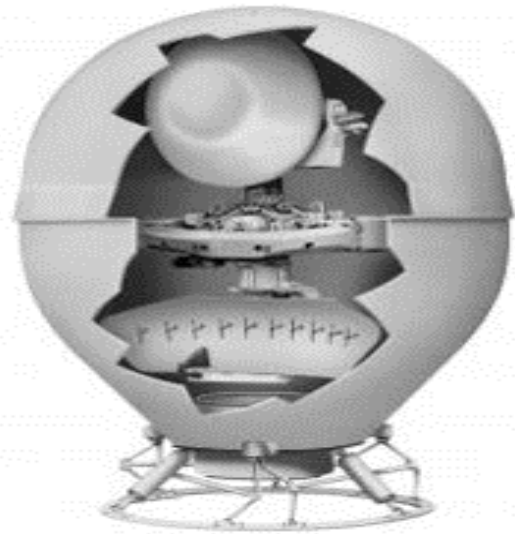


Bild 11. Principbild M22

3.2.2 Piedestalen

Siktspiedestalen består av ett undre vridbord, den så kallade karolinerhatten, där sidvinkelmotorn är monterad tillsammans med vinkelgivare för sidvinkel. Vinkelgivarna är ett kugghjulsbaserat system med grov/fin elgoner. Siktets släpringsdon sitter också monterat så att det sticker upp genom hålet i hydraulmotorns centrum.

När siktet utsätts för den marina miljön är det av största vikt att tyngdpunkterna från de rörliga delarna ligger exakt på motorernas axlar. Om detta inte skulle vara fallet kommer stötar och vibrationer att generera tröghetskrafter som måste hanteras av servon och motorer. Sådana krafter skulle försämra noggrannheten i följningen.

Armen från det undre vridbordet består därför av två delar vilket framgår av bild 12 nedan (som i och för sig visar en av dagens piedestaler). Den undre armen är vinklad så att tyngdpunkten från nyttolasten (radarlåda, elektro-optiska sensorer och annan mekanik på den eleverande delen) hamnar rakt ovanpå sidvinkelmotorns axel.

Det övre vridbordet innehåller elevationsmotorn och en kabelvinda som tillåter rörelse från ca – 20 grader till ca + 70 grader. Nyttolasten är också konstruerad så att tyngdpunkten ligger centrerad på elevationsaxeln.

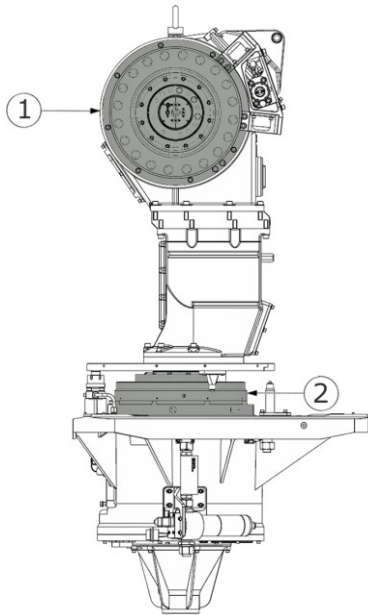


Bild 12 Pedestal

Stötdämparna på den första generationen sikten var av typen förspända gummidämpare, dvs siktet var stumt monterat på dämparna till en viss nivå av stöt-nivå uppnåddes varvid dämparna löste ut.

3.2.3 **Hydraulmotorerna**

Hydraulmotorn var som tidigare beskrivits en konstruktion som uppfunnits på ett av Philips-koncernens forskningslaboratorier. Den ursprungliga planen var att låta utvecklingen av motorn slutföras av det holländska forskningslaboratoriet.

Efter en period av begränsade framsteg skickades en ung konstruktör, Christer Ekenberg, ner till Holland för att följa upp och ge en egen bild av framstegen. Detta fick så småningom till följd att arbetet med att slutföra konstruktionen togs hem till Sverige.

Ett par av de större modifieringar som infördes relativt den ursprungliga konstruktionen var ett förändrat utförande av vingarna samt införande av de hydrostatiska lagren (relativt de tidigare "step-lagren"). Bild 13 visar hydraulmotorns före slutmontering medan bild 14 visar en slutmonterad motor.



Bild 13 Hydraulmotorer före montering



Bild 14 Efter montering

De tre viktigaste faktorerna för hydraulmotorers framgångssaga är kombinationen av:

- Högt vridmoment utan värmeutveckling medför snabb reaktionstid, säker pålåsning och god följning också i hög egen fart och hårt väder;
- Direkt drift (inga växlar med åtföljande vikt, glapp och underhållsproblem); och
- Inbyggda hydrostatiska lager utan underhållsbehov (smörjning, rengöring etc) och i praktiken outslitliga;

3.2.4 Servosystem

Servosystemet har två moder, invisning respektive följning. I invisningsmod styrs siktet mot däcksfasta koordinater till den sidvinkel där målet detekteras av tillgängliga spaningssensorer varefter ett sökprogram i sida och elevation för att hitta målet startas. När målet detekteras av följeradarn stoppas sökningen och siktet låser på målet.

I servo-systemen för sida respektive elevation styrs hydraulmotorerna med hjälp av servoventiler, vilka reglerar trycket på respektive sida om vingarna, jämför bild 14 ovan. Ett problem med hydrauldriften var att en oljepelare har en oerhört kraftig resonans vilken också varierar med oljetemperatur och viskositet. Detta kom man tillrätta med genom att montera in en så kallad konstläcka med turbulent flöde mellan de två trycksidorna.

Styrsignalerna till servoventilerna genereras under invisning och sökning av skillnaden mellan däcksfasta börvärden och siktets verkliga position vilken mäts med inbyggda resolverar. Detta brukar kallas för däcksfast mod.

Under efterföljande målföljning styrs servot i en så kallad rymdfast mod med hjälp gyron (Rate Integrating Gyro) inbyggda i radarlådan. I denna mod styr servot siktet så att utan styrsignal in så står siktlinjen stilla i rymden. Mycket goda prestanda krävs hos servosystemet i denna mod eftersom siktets position bestämmer målets position och därmed utgör en integrerad del av målfiltret.

I följemod styrs servona baserat på följeradarns felsignaler så att målet kontinuerligt ligger på siktlinjen.

3.2.5 Följeradarn

Det viktigaste sub-systemet i ett radarsikte är förstås följeradarn och dess egenskaper. En av våra unika komponenter var härvidlag hoppfrekvensmagnetronen, se bild 15. Magnetronen utgjorde kärnan i den första generationen av följeradar av monopulstyp som utvecklades för siktet. Det höga frekvensbandet, Ku, möjliggjorde en relativt liten antenn men ändå med en smal pennlob vilket har flera fördelar, bland annat kan man följa mål på lägre höjd utan att störas av spegelbilden från målet.

Vid spegling ser radarn både det lågflygande målet och dess spegelbild i vattnet – resultatet blir att radarn växlar mellan att följa det riktiga målet och dess spegelbild. Detta innebär att siktet i medeltal följer på horisonten.



Bild 15 PTAB annons om hoppfrekvensradar och magnetron

I förhållande till senare generationer hade denna radar endast hoppfrekvens eller en slumpmässigt vald fast frekvens som enda radarmoder. Därvid påverkade siktets förmåga att detektera små mål på låg höjd i sjöklotter, s.k. "Sea-skimmers", vilka anses vara det största hotet mot fartyget.

Följeradarn följer i avstånd målet med hjälp av ett analogt avståndsservo som håller avståndsluckan centrerad över målet. I avståndsluckan utvärderas felsignalerna i sida och elevation mellan siktlinjen och målet. Avståndet utgör tillsammans med siktesvinklarna en filterad uppskattning av målets position.

En av hoppfrekvensens stora fördelar är att den reducerar påverkan av glint. Glint innebär att radarn "ser" målet i olika riktningar beroende på radarfrekvensen. Genom att mäta vid många olika frekvenser erhålls en god medelvärdesbildning av målets position varvid följe- och prediktionsnoggrannheten förbättras avsevärt. Skjutresultaten med den nya följeradarn kom snabbt att väcka uppmärksamhet också internationellt.

Vårt goda samarbete med FMV medförde rikliga tillfällen till sjöprov ombord på de första fartygen vilket innebar att vi lärde oss en hel del om den marina miljön och hur radarn borde vidareutvecklas.

Vi insåg bland annat att sjöklottret på Östersjön inte betedde sig som vi trott (sjöklottret hade sannolikt inte sett vår dåvarande reklamfilm om hoppfrekvens) vilket innebar att AGC-funktionerna tillsammans med tröskelsättningen för måldetektering modifierades (AGC – Automatic Gain Control).

Ett annat exempel på samverkan var att Rune Carlsson efter att ha deltagit i en skjutning ombord på HMS Jägaren kom upp med en principkonstruktion för projektilinmätning, PRIMA (ProjektilInMätningAnordning), senare kallad HPI (Hit Pattern Indicator).

Bild 16 visar en bild av blockschemat som det skissades upp i mars 1973.

FMV köpte idén till en uppdatering av radarn och första provskjutningarna ägde rum på Stabbo i september -75. Funktionen gjorde succe och har därefter alltid varit mycket viktig för vår förmåga att med hög noggrannhet korrigera artillerielden.

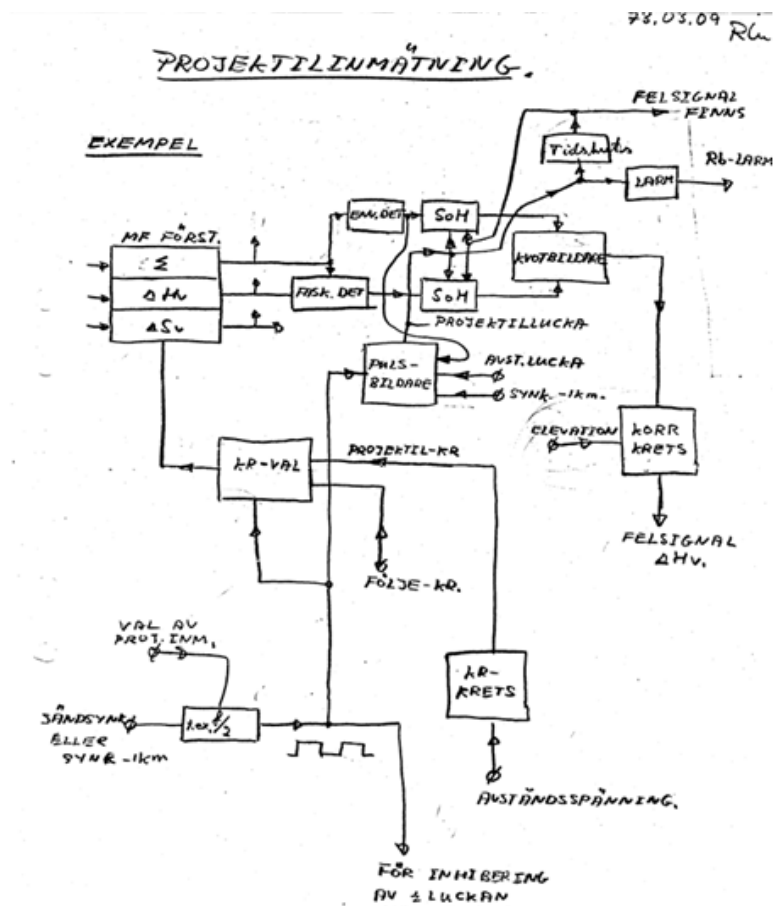


Bild 16 PRIMA blockschema innan PowerPoint-tiden

3.2.6 Följeradarns störhållfasthet

Flottans tidigare eldledningssystem, M22 från HSA, hade bara en sändare för både spanings- och följeradarna. För målupptäckt och målföljning användes således bara en fast frekvens.

Med ARTE 722 fick man två frekvensband, X-band för spaning och Ku-band för målföljning. Dessutom hade man hoppfrekvens på båda banden. Detta gav en avsevärd förbättrad störhållfasthet. Verifieringen var dock ett problem.

FMV bad FOA ta fram en störare (Hosianna) som skulle kunna störa på både X- och Ku- banden med vid den tiden kända störformer. Störaren skulle också gå att montera i ett flygplan för att genomföra realistiska prov mot ARTE 722.

Hosianna skulle kunna sända ut brus, bred- och smalbandigt samt nycklat över ett stort frekvensområde, generera svepstörning och kunna utföra avståndsavhakning (RGPO, Range Gate Pull Off) och allt detta på både X- och Ku-banden.

Hosianna skulle också ha ett slutsteg, TWT-förstärkare, med ca 100 W uteffekt.

Framtagningen av Hosianna gjordes samtidigt som serieleveranserna av ARTE 722 och utvecklingen av RAKEL 203 pågick. Följeradarn på prototypiskt på taket till A-huset, A10, hade delvis modifierats till en MTI-radar, men hoppfrekvensmoden fanns givetvis kvar. Delar av Hosianna användes då för statistiska tester mot radarn på plan A10.

Under två veckor i september 1974 genomfördes omfattande tester med Hosianna monterad i ett flygplan, MU-2, mot ARTE 722 på Stabbo. Efter att ha löst problemen i flygplanet med rundgång i RGPO-funktionen, kunde det uppgjorda provprogrammet genomföras med tre flygpass per dag.

Plötsligt en dag dök det upp ett halvdussin personer från FC, flygvapnets FörsöksCentral på Malmslätt. De skulle på "lediga stunder" göra några mätningar med ARTE 722 mot en J35 Draken som nyligen fått en ny störkapsel. Ett av de stora problemen var sekretessen. Operatören av ARTE var en värnpliktig tekniker, och det gick ju inte att sätta ögonbindel och öronproppar på honom! Trots detta genomfördes två flygpass. Till FC-killarnas stora besvikelse lyckades J35'ans störningar inte påverka prestanda i ARTE 722.

Resultaten för proven mot ARTE 722 blev i stort sett som förväntade, men **ett** allvarligt problem identifierades. Ett flygplan försett med en kraftig brusstörare kunde göra en anflygning mot följeradarn utan att radarn varnade operatören. Det gick inte heller att målfatta på flygplanet. Det behövdes en ny funktion, målfattning på störsändare eller LOJ (Lock on Jam). En sådan funktion utvecklades, infördes och testades i ARTE 722 med gott resultat.

3.2.7 TV-kamera

En av de större nyheterna i förhållande till tidigare system hos svenska marinen var att siktet också var utrustat med en TV-kamera. I systemet ingick också en videomålföljare som gjorde att siktet och målfiltret kunde styras i sida och elevation av TV-signalerna istället för följeradarn. Videomålföljaren var vid denna tid av så kallad kanttyp, dvs den följer på kontraster i TV-bilden.

TV-kameran innebar också att operatören på en monitor kunde se kvalitén på följningen men också att man följde på korrekt mål vilket är en viktig säkerhetsfaktor.

3.2.8 Målfiler och ballistikräknare

Målfiltret var ett förenklat Kalman-filter av andra ordningen. Detta innebär att man kan följa mål på rak bana med konstant hastighet utan eftersläpningsfel. Målfiltrets hastighetsutvärdering måste därför ske i ett kartesiskt, horisontfast och nordorienterat koordinatsystem.

Alla beräkningar och koordinat transformationer i systemet utfördes med hjälp av analogmaskinteknik. Detta innebar att ett antal elektronikkåp fylldes med resolverar och potentiometrar som styrdes av ett stort antal kopierservon.

Bengt-Åke Jönsson berättar:

Första ARTE 722-siktet kom upp på taket, plan 10 i A-huset, under hösten 1970. Siktet placerades under ett tält som "lätt" kunde flyttas undan av sex starka män då flygprov skulle ske. Ragnar Jönsson var den som tillbringade mest tid på taket med att försöka få siktet stabilt. Vår dåvarande VD (Björn Nilsson) satt på plan A8 och han gillade inte Ragnars övningar eftersom pennorna och andra lösa grejor på hans skrivbord "vandrade omkring" och ramlade ner på golvet då siktet uppe på A10 självsvängde.

Första flygprovet genomfördes strax före jul mot en SK60 från Barkaby. Det fungerade inte helt tillfredsställande så Ragnar kröp in under målräknaren och började löda. Han skiftade polaritet på radarfelsignalerna men förbättringen blev marginell. Dagen efter skickade Sven Bidö ut ett meddelande: "Då vi nu har ett i princip fungerande sikte på taket så är ni välkomna på jullunch". Under våren -71 genomfördes ett antal flygprov och funktionen förbättrades kontinuerligt.

3.3 Radarsiktet andra generationen – RAKEL 203

3.3.1 Förändringar relativt första generationen

Andra generationens sikte konstruerades för den danska marinen och innehöll få förändringar men mycket väsentliga förbättringar. Bild 17 visar siktet ombord på det danska fartyget Skaden.



Bild 17: Dansk torpedbåt av typ Willemoes

Den danska kunden krävde att man skulle kunna målfatta på små mål (Sea-skimmers) i sjöklotter. Detta medförde att en ny funktion måste införas i följradarn som undertycker klottret, nämligen MTI (Moving Target Indication). Rörliga mål kan detekteras medan det nästan stillastående klottret undertrycks. MTI kräver hög stabilitet på både sändare och mottagare och det var en stor utmaning att försöka få en hoppfrekvensmagnetron att även vara extremt stabil på en slumpmässigt vald frekvens. Många av komponenterna i radarlådan var således känsliga för den mekaniska miljön

samtidigt som antalet elektronikenheter fördubblades. Effektförlusterna i radarlådan ökade och den blev både större och tyngre.

Detta tillsammans med att den danska kunden hade mycket hårda krav på eldledningsstörningar, samt att mekaniska inmiljön för siktet var tufft specificerad, medförde att miljön in till siktet på något sätt måste reduceras. Även denna gång kom det en lösning från Holland.

Mellan fartygsdäcket och siktet infördes ett s.k. länkverk eller mer populärt vingelverk, se bild 18. Vingelverket är utformat så att överdel och underdel kan röra sig horisontellt och vertikalt i förhållande till varandra men utan vinkelförändringar, dvs överdel och underdel är alltid parallella med varandra. Med hjälp av komplicerade mekaniska dämpare i det tre hörnen på vingelverket kan inmiljön till siktet väsentligt reduceras. Det är många genom åren som har ifrågasatt funktionen och den danska kunden sägs ha varit svår att övertyga men praktisk användning under storleksordningen 45 år har visat att systemet fungerar.

För att övertyga kunden togs en minimomodell av länksystemet fram och vid en middag med danska projektteamet kom systemet under ett skynke in på bordet. Paul Ström gick då igenom länksystemets funktion och övertygade kunden om länksystemets egenskaper för att klara miljökraven.



Bild 18 Vingelverket

Pedestalen blev nu betydligt "kraftigare" än första generationen. I siktesarmen infördes en mellanplatta som kan användas för att finjustera placeringen av tyngdpunkten så att den hamnar ovanpå sidvinkelmotorns axel. Denna mellanplatta tillkom för att medge mindre justeringar av tyngdpunkten vid olika vinkler på det eleverande systemet.

Elevationsområdet utökades till -30 grader till +85 grader baserat på krav från den danska kunden.

Hydraulmotorn modifierades för att klara större laster. Större axeldiameter med förbättrade hydrostatiska lager samt med grövre bultar för att hålla ihop över- och underdel av motorn infördes. Kombinationen stål och aluminium, med sina varierande temperatur-utvidgningskoefficienter är inte helt enkel i en konstruktion med så fina toleranser som krävs i motorn.

I servot infördes ett tryckmätdon för att mäta tryckdifferensen över motorns vingar. Denna sensor användes för att få ytterligare en stabiliserande loop i servosystemet. Dessutom ersattes de kugghjulsbaserade vinkelgivarna med borstlösa så kallade pannkaksresolvrar. Detta innebar att ytterligare en komponent helt utan underhållsbehov infördes. Beräkningsdelen i RAKEL 203 förblev analog, och många mindre förbättringar jämfört med ARTE 722 infördes.

3.3.2 Verifiering

En av de stora skillnaderna för RAKEL 203 relativt ARTE 722 var de mycket höga kraven på verifiering från den danska kunden. Detta innebar att en ny rullplattform, som placerades vid ett stort fönster, och som fortfarande finns kvar togs fram, så att man kunde verifiera systemets egenskaper vid underlagsrörelser och radarmålföljning mot inkommande målflyg. Rullplattformen drevs naturligtvis med hydrauliska vridkolvmotorer.

En ännu större utmaning var kraven på komplett miljöverifiering avseende bland annat kyla och värme (Bild 19) men framförallt den mekaniska miljön (stöt, skak och vibration). Dessa krav medförde att miljö-labbet (som fortfarande står kvar framför D-husentrén) byggdes upp. Den svåraste verifiering var radarföljning mot inkommande Learjet flygplan och samtidig vibration. Ett antal optimeringar fick göras för att klara specificerade elledningstörningar.



Bild 19. Köldprov i Ursvik

3.3.3 EMI/EMC

Efter leverans till de första danska fartygen så fick vi ytterligare en lärdom genom att vi för första gången upplevde kraftiga problem med EMI och EMC (Electro Magnetic Interference respektive Electro Magnetic Compatibility). Orsaken var att danska marinen hade en ny antennenpassare för kortvågssändaren ombord. Den fungerade så väl att effekten gick ut i etern istället för att bli värme i anpassaren. När telegrafisten på de danska fartygen sände så hoppade siktet, vilket visade sig bero på siktet inte var tillräckligt tätt mot elektromagnetisk strålning. Detta ledde till ganska omfattande åtgärder i elektroniken som styrde analogmaskinen.

3.4 Radarsikte tredje generationen – ARTE 726 och 9LV Mk 2

3.4.1 Förändringar relativt andra generationen

I ARTE 726 gjordes övergången från analogmaskinteknik till datorteknik och mjukvara.

Vid övergången till datorteknik återanvändes principerna för målfilter och övriga beräkningskedjor utan några andra större förändringar än bytet till digital teknik. Datorerna som användes var minidatorer från Philips och programmeringen skedde i assembler. De första datorerna var 16 bitars maskiner och hade 32 kilo-ord minneskapacitet.

Siktet och följeradarn var oförändrade medan huvuddelen av elektronikkabinetten konstruerades om för att passa till ett nytt format på kretskorten (P-kortsformat).

Allt eftersom de svenska patrullbåtarna användes blev det klart att en svag länk var de siktesgyron som användes för stabilisering och följning. Dessa synnerligen noggranna gyron (Rate Integrating Gyros) var ursprungligen konstruerade för att användas i ytmålsmissiler och visade sig i praktiken ha en livslängd om ca 1.000 timmar vilket innebar att de behövde bytas en gång om året till en stor kostnad. I början på 1980-talet började en ny typ av tvåaxliga gyron (Dry Tuned Gyro) komma i bruk. Efter införande av dessa siktesgyron förbättrades livslängden avsevärt, så att man sällan behöver reparera dem.



Bild 20 Patrullbåtar med ARTE 726

3.4.2 Förändringar på exportsystem

Ett tekniskt avancerat och robust radarsikte tillsammans med övergången till digital teknik och mjukvara medförde stora framgångar på exportmarknaden. I ett av de första projekten infördes som komplement till TV-kameran även IR kamera på våglängden 8-12 μm och laser för avståndsmätning.

Ett stort antal moder för följningen tillkom därvid, så att det gick att blanda information från följeradarn (avstånd, elevation och sidvinkel) med motsvarande information från E/O-sensorerna. Dessutom infördes en funktion för cirkulär polarisation där en panel integrerad i antennen kunde

vidas mellan tre olika lägen med hjälp av en motor. Cirkulär polarisation undertrycker regnklotter samt kan i vissa fall vara effektivt mot aktiv radarstörning.



Bild 21. Sikte av ARTE 726 typ med TV,IR och laseravståndsmätare



Bild 22. Sikte med polarisation (s.k. fågelbad)

3.5 Radarsikte generation 4 – revolution

3.5.1 Ny följeradar

Trots de stora framgångarna med våra exportprojekt stod tiden inte stilla utan undan för undan tog radarer baserade på en förstärkarteknik med vandringsvågör, Travelling Wave Tube (TWT) över marknaden. Denna teknik innebär att fullkoherenta radarer kunde utvecklas vilket medför bättre klotterundertryckning. Även vi nödgades inse att tiden var kommen för en ny generation följeradar.

Den nya TWT-radarn arbetar fortfarande på Ku-bandet men med en ännu större bandbredd än tidigare radar. Toppeffekten i TWT-röret är lägre än för en magnetron varför pulslängden är signifikant längre för att bibehålla ungefär samma medeffekt som hos magnetronradarn. Detta i sin tur medför att pulskompression måste införas.

En ny mod för undertryckning av bimodalt klotter infördes, Puls Doppler (bimodalt klotter innebär att det finns klotter med två olika hastigheter) tillsammans med de tidigare använda moderna Hoppfrekvens respektive MTI.

Sammantaget innebär ovanstående förändringar att behovet av signalbehandling (analog och digital) ökade kraftigt och en del underenheter i radarn flyttades ner från radarlådan och placerades i ett speciellt signalbehandlingsskåp.

En ny antenn infördes också tillsammans med en multimodmatare vilket medförde signifikant bättre sidlobsegenskaper.

Förändringarna medförde att radarlådan utvecklade mer värme än tidigare och passande nog tillkom ytterligare en användning av hydrauloljan. Nu som kylmedium via en värmväxlare i radarlådan.

3.6 Övriga större förändringar

3.6.1 Från analog till digital teknik

I samband med införandet av ny följeradar genomgick hela 9LV-systemet en stor förändring, där systemet övergick från att i huvudsak vara ett eldledningssystem till att vara ett fullfjädrat ledningssystem. Den existerande lösningen av siktets mjukvara i form av assembler skrevs därvid om till att utnyttja ett högnivåspråk (ADA). I efterhand kan man konstatera att denna omställning var nödvändig men samtidigt ganska besvärlig, eftersom i stort sett hela vår SW-personal behövde omskolas till ett högnivåspråk med nya metoder och processer.

En ny videomålföljare baserad på korrelationsteknik infördes också (korrelation innebär i detta sammanhang att en ny bild jämförs med föregående bild).

Siktets servosystemen för sida och elevation modifierades från analog teknik till digital teknik baserat på de erfarenheter som vi fått från det landbaserade systemet, Artemis.

Målfiltret utvecklades från att bara fungera för rakbana till att också automatiskt koppla om till att kunna följa svängande mål utan eftersläpningsfel.



Bild 23

Sikte Mk3 (utan kjol)

3.6.2 Belysningfunktion Sea Sparrow Missile

För de nya fartyg som utvecklades för den Australiska respektive den Nya Zeeländska marinen (Anzac) erfordrades en belysningsfunktion för att styra luftmålsmissilen Sea Sparrow Missile (SSM). Detta innebar att målet som ska bekämpas måste belysas med en CWI-sändare (Continuous Wave Illuminator) på X-bandet.

Detta utvecklingssteg visade sig vara av stor strategisk betydelse eftersom att stort antal sikten med denna funktionalitet sålts och levererats till ett stort anta kunder.

För att kunna föra ut mikrovågseffekt från en underdäckssändare om 2 kW ut till en antenn som ska kunna fungera både för följning på Ku-bandet och belysning på X-bandet erfordrades stora ingenjörsinsatser.

Största förändringarna skedde framförallt på antenssidan (se bild 24) men också internt i själva piedestalen där vågledare infördes för att kunna leda mikrovågseffekten upp till själva vågledarhornet. Detta medförde bland annat att ett nytt ihåligt släpringsdon infördes.



Bild 24 Belysningssikte

3.6.3 Visby

3.6.3.1 Smygsikte Visby

För att minimera radarmålytan på Visby vidtogs omfattande åtgärder på många av fartygets sensorer och vapen. Siktet modifierades så att det bidrar med mycket liten radarmålyta (se bild 25).

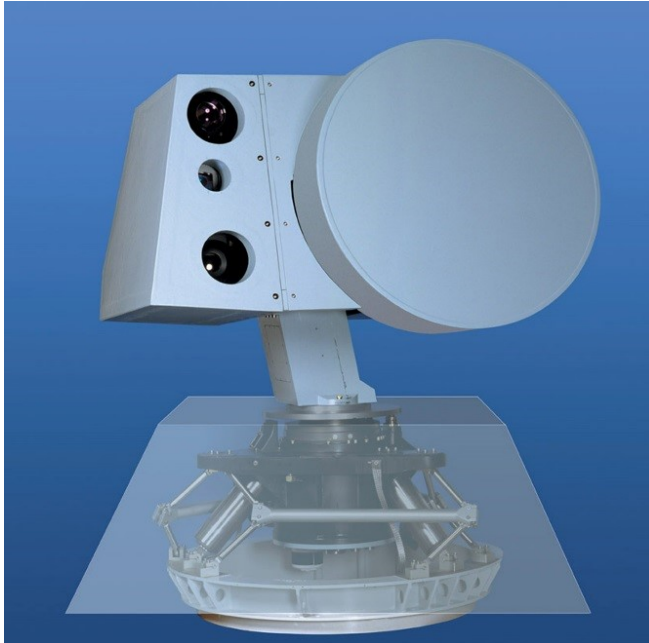


Bild 25 Smygsikte

3.6.4 Låghöjdsalgoritmen CHASE

Radarmålföljning av lågt flygande sjömålsmissiler (Sea-skimmers) har alltid varit en önskvärd funktion. Problemet är flervägsutbredning, där radarn ser både målet och dess spegelbild i vattenytan. Detta medför att följningen fungerar dåligt. Införandet av elektrooptiska sensorer hjälper till att delvis lösa problemet under goda väderleksförhållanden.

I slutet av 1980-talet påbörjades försök att fastställa målhöjden med hjälp av avancerad signalbehandling. Frammot mitten av 1990-talet var idéerna tillräckligt avancerade för att tillsammans med FMV genomföra fältprov på ett landbaserat sikte.

Resultaten visade att den algoritm som testats inte fungerade tillfredsställande. Proven medförde dock att en mängd data kunde samlas in, vilka sedan kunde användas för att utveckla en fungerande algoritm, CHASE, vilken också patenterades.

Funktionen har från senare delen av 1990-talet ingått i de flesta leveranser av siktessystem.

3.6.5 Ny Signal Processing Unit (SPU)

För att implementera CHASE behövdes betydligt mer datorkraft än vad som fanns tillgängligt i det befintliga systemet.

I mitten av 1990-talet hade tekniken samtidigt gått framåt kraftigt, vilket medförde att tillgänglig datorkraft ökat signifikant. I den ursprungliga SPU'n ingick ett tiotal kortenheter tillsammans med erforderliga kraftförsörjning.

Efter omsorgsfulla studier visade det sig att hela skåpet kunde ersättas med två kretskort vilka kunde placeras i den befintliga siktesstyrenheten. Förändringen infördes första gången på svenska marinens nya smygfartyg, Visby.

3.6.6 Videomålföljare

Videomålföljaren var End-of-Life vilket innebar att en ny generation togs fram. Denna målföljare var en kombinationsmålföljare där man samtidigt kan följa på video från både IR och TV.

3.6.7 Målfiler

Målfiltret vidareutvecklades till ett så kallat IMM filter (Interactive Multiple Model) med ett antal parallella målfiler som viktas ihop.

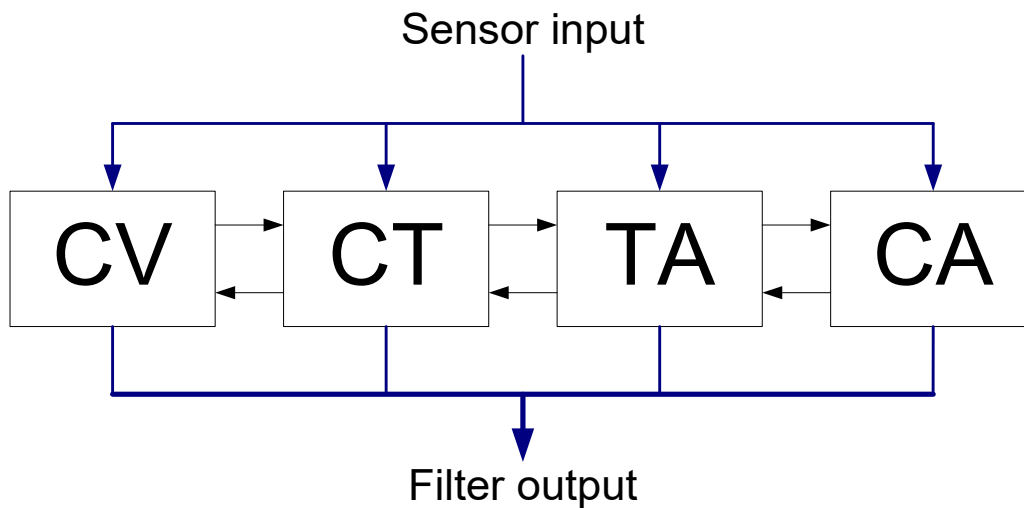


Bild 26. IMM filter. CV = constant velocity, CT = constant turn trajectory, TA = turn trajectory acceleration, CA = constant acceleration

3.6.8 Diverse siktesvarianter

3.6.8.1 Lättviktssikte

För de norska sidokölssvävarna som utvecklades runt år 2000 var vikten av stor betydelse. Ett specialanpassat sikte med plats för enbart en TV-kamera och med diverse andra åtgärder för att minimera vikten utvecklades (se bild 27).

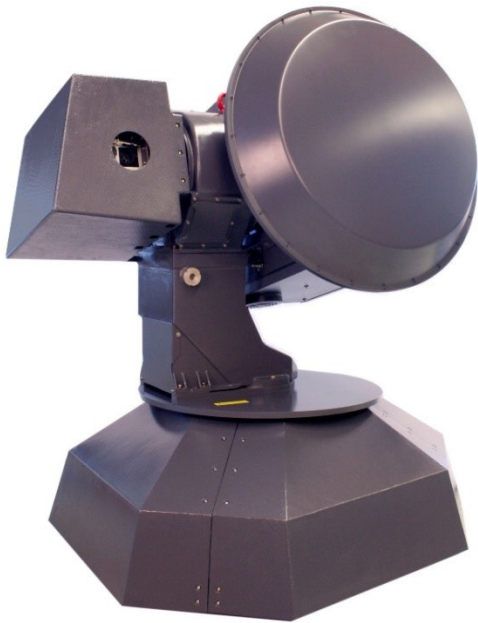


Bild 27 Lättviktssikte

3.6.8.2 Fregatter Kanada

För de kanadensiska fregatterna infördes en digitaliserad mottagarkedja för första gången tillsammans med ett utökat instrumenterat avstånd för att möta kraven på Evolved Sea Sparrow Missile (ESSM).

Solskyddet och kjolen konstruerades om till en kolfiberlösning.



Bild 28 Solskydd och kjol i kolfiber

3.6.9 Elektro-optiska sensorer

Utvecklingen för elektrooptiska sensorer har som all annan teknologi kontinuerligt gått framåt. Idag används huvudsakligen

- TV kameror av CCD teknik (svart-vitt och/eller färg);
- IR kameror av tredje generationen på antingen frekvensbandet 3-5 μm eller 8-12 μm där det lägre frekvensbandet huvudsakligen nyttjas för varma klimat
- Laseravståndsmätare på $> 1.5 \mu\text{m}$ för att minimera risken för ögonskador vid sändning.