

BEGRENSET

FFIE

Intern rapport E-239

Referanse: 115

Dato: April 1974

AVGRADERT  
Dato: 10.11.09 Sign.: SE

FORSTUDIE: STRID I MØRKE

Sluttrapport for FFI-prosjekt 2108

av

A Nordbryhn og R Andersen

Godkjent  
Kjeller 17 april 1974



B Landmark  
Forskningssjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 - 2007 Kjeller  
Norge

BEGRENSET

BEGRENSET

FFIE

Intern rapport E-239

Referanse: 115

Dato: April 1974

FORSTUDIE: STRID I MØRKE

Sluttrapport for FFI-prosjekt 2108

av

A Nordbryhn og R Andersen

Godkjent

Kjeller 17 april 1974



B Landmark  
Forskningsjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT

Norwegian Defence Research Establishment

Postboks 25 - 2007 Kjeller

Norge

BEGRENSET

INNHALDSFORTEGNELSE

		Side
1	INNLEDNING	3
2	LYSFORSTERKERE	5
2.1	Typer og virkemåte	6
2.2	Anvendelser og egenskaper til forskjellige rørtyper	11
2.3	Begrensninger ved bruk av lysforsterkere	13
3	LAVLYSNIVA TV	17
3.1	Egenskaper til forskjellige rørtyper	17
3.2	Sammenlikning mellom lysforsterkere og lavlysnivå TV	18
4	OBSERVASJONSUTSTYR FOR STRIDVOGN	19
4.1	Innledning	19
4.2	Beskrivelse av stridsvognene	20
4.2.1	Stridsvogn M24	20
4.2.2	Stridsvogn M48	21
4.2.3	Stridsvogn Leopard	23
4.3	Hjelpemidler i mørke og dårlig sikt	25
4.3.1	Utrustning i dag	25
4.3.2	Krav til forbedring av nattvisjonsutstyret	26
4.3.3	Detaljgjennomgåelse av de enkelte instrumenter som kan være aktuelle å modifisere	26
4.3.4	Beskrivelse av instrumenter på markedet	31
4.3.5	Alternative løsninger, deres yteevne og pris	33
5	NATTKIKKERT UTVIKLING	38
5.1	Grunnleggende krav til tekniske spesifikasjoner og anvendelsesområder for nattekikkerter	38
5.2	Priser og egenskaper til utstyr på markedet	39
6	UTVIKLING VED FFI AV NATTOBSERVASJONSUTSTYR FOR HÆREN	42
6.1	Oversikt over problemet	42
6.2	Skisse av utviklingsprosjektet	43
6.3	Økonomioverslag	44
7	OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER	45
	Litteratur	47

FORSTUDIE: STRID I MØRKE

Sluttrapport for FFI-prosjekt 2108

#### SUMMARY

This report contains a preliminary study of certain aspects of the night viewing capability of the army. The possibility of modifying existing observation instruments on Norwegian tanks to passive image intensifier instruments has been investigated, and different alternatives for improving the tanks' night capability are proposed. Small lightweight image intensifier sights for the infantry have been discussed. Propositions are made for development of certain types of image intensifier and low light level TV equipment.

(Prestudy: Combat under dark conditions - Report from NDRE-project 2108)

#### 1 INNLEDNING

Denne rapporten summerer opp resultater fra en 3 måneders forstudie fra 1 jan 74 til 1 apr 74 med følgende målsetning:

- i) Å undersøke mulighetene for forbedring av sikte- og observasjonsevne i mørke for stridsvognene M24 og M48. Man vil vurdere om enkle ombygginger av eksisterende aktivt infrarød-observasjonsutstyr til passivt lysforsterkerutstyr og innebygging av lysforsterkere i eksisterende dagslysutstyr er realiserbart og eventuelt om anskaffelse av nye komplette systemer bør foretas.
- ii) Å forberede eventuell utvikling av bærbare lysforsterkerkikkerter for infanteriet. Dette vil omfatte evaluering av aktuelle komponenter og en vurdering av optiske systemer.

Bakgrunnen for forstudien er en større utredning avsluttet i november 1972 om forbedring av Hærens observasjonsevne under vanskelige forhold (1). Denne utredningen blir fulgt opp av "Prosjekt 1001 - observasjonsutstyr", for å iverksette de anbefalinger som ble gjort. I det aller siste har man sett nye typer lysforsterkerkerrør bli aktuelle, både hva angår priser og ytelser. Etter diskusjon av problemene mellom representanter fra Forsvarets forskningsinstitutt og fra Hæren,

ble man enig om at en nærmere vurdering burde foretas av Hærens observasjonsutstyr, i lys av de nyeste typer teknologi.

Under en 3 måneders forstudie forutsatte man utført nødvendige utredninger og vurderinger for eventuelt å gå videre med arbeidet for å innføre denne nye teknologi i det utstyr som planlegges anskaffet. Arbeidet med studien har vesentlig vært utført av forsker A Nordbryhn ved FFI og major R Andersen ved Hærens forsyningskommando (HFK).

De første typene nattobservasjonsutstyr som ble introdusert like etter 2. verdenskrig opererte i det nære infrarøde område, og krevde bruk av belysningskilder. Fremdeles er denne typen utstyr både i utstrakt bruk og i produksjon. Passivt lysforsterkerutstyr kom i utstrakt bruk i 1960-årene, mest basert på tre-trinns rør. I løpet av de siste par årene har utviklingen av lysforsterkerør med kanalplateforsterkere ført til en komponent med gode egenskaper som vil bli billigere enn de vanligste rørene til nå. Utviklingen av lavlysnivå TV (LLTV) de siste årene gjør også dette til et interessant og aktuelt alternativ for mange nattobservasjonsanvendelser.

Farene ved å bruke aktivt observasjonsutstyr kontra passivt utstyr for Hæren er kjente og aksepterte. Videre synes passivt lysforsterkerutstyr å ha rekkevidder som er sammenliknbare eller bedre enn aktivt infrarødt utstyr. Allikevel har enkelte typer aktivt utstyr vært diskutert, hovedsakelig fordi det er lettere tilgjengelig på markedet. Bruk av lysgranater fra stridsvogn for belysning av stridssonen er ingen brukbar løsning av observasjonsproblemet i mørke, og er ikke nærmere omtalt.

Forstudien har omfattet følgende hovedmomenter:

- a) En innsamling av data og priser på de viktigste typer lysforsterkerør.
- b) En gjennomgåelse av eksisterende instrumenter i stridsvognene M24, M48 og Leopard som kan være aktuelle å modifisere til nattvisjonsutstyr.
- c) En innsamling av data og priser på nattvisjonsutstyr på markedet for stridsvogner.

- d) Tilsvarende markedsundersøkelse for lysforsterkerkikkerter.
- e) Enkle eksperimenter med lysforsterkerutstyr for å illustrere noen av de tankene man har gjort.
- f) En oppsummering av de alternative løsningene for stridsvognene som synes aktuelle, og en vurdering av de forskjellige løsningene.
- g) Skissering av utviklingsprosjekter av nattvisjonsutstyr som kan være aktuelle å foreslå.

En beskrivelse av de viktigste egenskaper til lysforsterkerør er gitt i kapittel 2. Data og priser for en rekke rør er presentert. De viktigste parametre for lysforsterkerutstyr er beskrevet og begrensninger ved bruk av slikt utstyr er skissert. I kapittel 3 er de viktigste egenskapene til aktuelle LLTV-systemer beskrevet. Kapittel 4 behandler i detalj de to stridsvognene M24 og M48 og hvordan deres operasjonsdyktighet i mørke bør søkes forbedret. Bl a av helhetshensyn og ønsket om å arbeide for standardisering av utstyret i vognene, er også stridsvogn Leopard tatt med. Da planene for et moderniseringsprogram for M24 på det nærmeste er ferdig utarbeidet, er de beskrevne forbedringer meget aktuelle for denne vognen. Hvis det blir aktuelt også å gjøre en modernisering av stridsvogn M48 innen overskuelig tid, bør noen av de vurderingene som er gjort her kunne komme til nytte. Kapittel 5 behandler lysforsterkerkikkert for Hæren. Forslag til planer om et utviklingsprosjekt ved FFI av nattobservasjonsutstyr er omhandlet i kapittel 6, sammen med et overslag over omkostningene ved et slikt prosjekt. En oversikt over de midler som er stilt til rådighet for denne typen utstyr er også tatt med. Hovedkonklusjoner og anbefalinger er summert opp i kapittel 7, som danner avslutningen av rapporten.

## 2

LYSFORSTERKERE

Det er nødvendig først å summere opp de viktigste størrelser og enheter som angår belysning og lysforsterkere.

En lysmengde angis mest eksakt ved radiometriske størrelser. Disse omfatter total effekt (W) og spektralsammensetning, og avledede størrelser som strålingsintensitet ( $W/m^2$ ), radians ( $W/m^2$  sr) og strålingsstyrke (W/sr). Lysmengder oppgis oftest i såkalte fotometriske enheter,

d v s i enheter som er bundet til øyets følsomhet. Analogien til radiometrisk effekt er fotometrisk lysfluks (enhet: lumen), og de geometriske avledninger er belyningsstyrke ( $\text{lumen/m}^2 = \text{lux}$ ), luminans ( $\text{lumen/m}^2 \text{ sr} = \text{nit}$ ) og lysstyrke ( $\text{lumen/sr} = \text{candela}$ ). Ved  $\lambda = 550 \text{ nm}$  er 1 W samme lysmengde som 680 lumen. Alle lysforsterkerør har en annen spektral respons enn øyet. Derfor er fotometriske enheter dårlig egnet når man diskuterer slikt utstyr. Hvis man kjenner spektralfordelingen til lyset, kan man regne seg om til radiometriske enheter, og kan deretter beregne rørets respons. Hvis spektralfordelingen er ukjent, kan en slik beregning ikke gjøres. Allikevel er det helt vanlig at fabrikanter av lysforsterkerutstyr bruker fotometriske enheter i sine spesifikasjoner, og ikke uvanlig at opplysninger om spektralfordelingen av lyset mangler. Dessverre er vi i denne rapporten nødt til å tilpasse oss denne usikre måten å spesifisere utstyr på, og anvende fotometriske enheter.

Et lysforsterkerør's forsterkning  $G$ , kan oppgis på flere forskjellige måter.

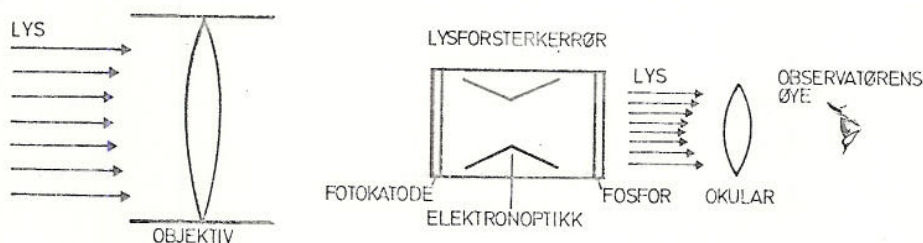
Vi vil her bruke

$$G = \frac{L_{\text{ut}}}{E_{\text{inn}}}$$

hvor  $L_{\text{ut}}$  er luminansen ut fra røret og  $E_{\text{inn}}$  er belyningsstyrken inn mot røret. Enheten på  $G$  er ( $\text{cd/m}^2 \text{ lux}$ ) eller ( $\text{asb/lux}$ ). Vi vil her bruke den sistnevnte enheten, da den gir forholdet mellom luminansen inn i øyet ved bruk av lysforsterkerør og luminansen uten forsterker.

## 2.1 Typen og virkemåte

Lysforsterkerør finnes i en rekke forskjellige typer. Noen detaljer er imidlertid felles for alle typene. Alle lysforsterkerør er vakuumrør med en lysfølsom inngangsflate som katode (fotokatoden) og en fosforskjerm i utgangsflaten som anode. I alle lysforsterkersystemer brukes et objektiv for å danne et reelt optisk bilde på fotokatoden, som vist i figur 2.1.



Figur 2.1 Generelt lysforsterkersystem

Fotokatoden emitterer elektroner ved belysning. Disse akselereres mot anoden over et potensial på noen kilovolt. En elektronoptikk i røret fokuserer elektronbildet fra katoden på fosforskjermen, som emitterer synlig lys når den treffes av elektroner. Vi får derved et lysende bilde på fosforskjermen. Dette vil være en forsterket versjon av bildet på fotokatoden.

I forskjellige rør vil de enkelte funksjoner løses på mange forskjellige måter:

a) Fotokatoden

De to viktigste spesifikasjoner for fotokatoden er bølglengdeområdet hvor den er følsom (spektral respons) og antall emitterte elektroner pr innfallende foton (kvantevirkningsgrad). De mest brukte fotokatodetyper er multialkalikatoder ("S20" og "S25") og Ag-O-Cs katoder ("S1"). S20 og S25 har høy kvantevirkningsgrad, og brukes i lysforsterkerrør. S1 katoder har lav kvantevirkningsgrad, men er følsomme for lengre bølglengder enn noen annen type. Disse brukes derfor i infrarødbilledomformere. Katoder av GaAs og GaInAs ventes å gi både høy kvantevirkningsgrad og god infrarødfølsomhet, men er fremdeles under utvikling. Figur 2.2 viser både spektralrespons og kvantevirkningsgrad til disse katodematerialene.

En viktig rørparameter er fotokatodens diameter. Vanlig forekommende standarddimensjoner er 18, 25 og 40 mm.

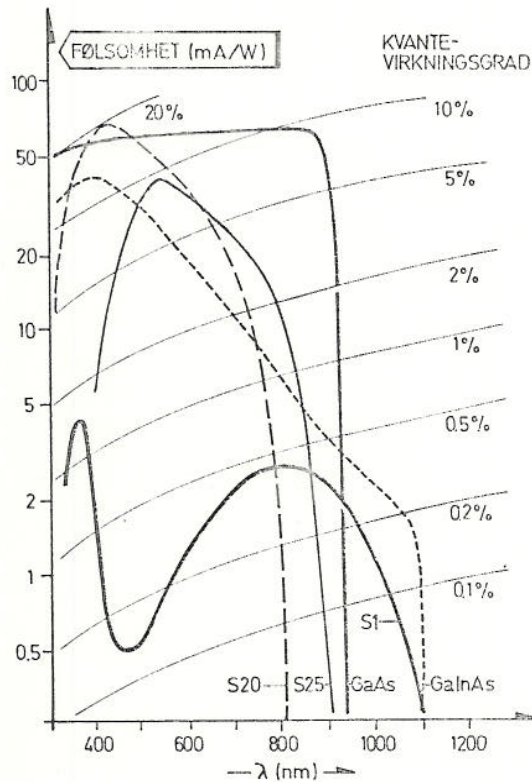
b) Elektronoptikken

Det finnes tre forskjellige hovedtyper: Magnetisk fokusering, elektrostatisk fokusering og nærhetsfokusering:

i) Magnetisk fokusering

Elektronavbildningen fra katode til anode skjer ved hjelp av magnetpoler som ligger omkring røret. Magnetisk fokusering gir høy oppløsningsevne og liten fortegnings. Men det veier mye, tar stor plass, krever mye strøm og nøyaktig strømregulering. Prisen for magnetisk fokuserte rør er høy.





Figur 2.2 Spektral responsivitet til en del fotokatoder

## ii) Elektrostatisk fokusering

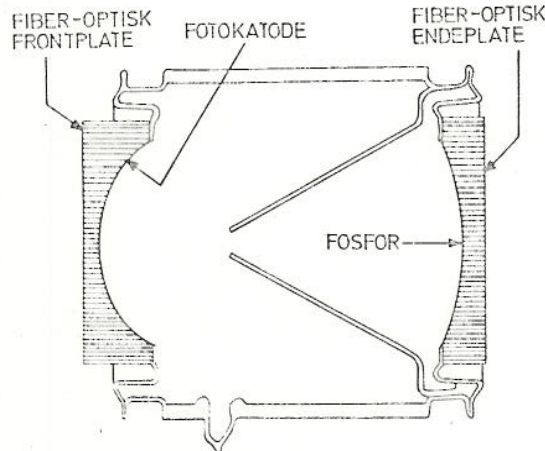
Elektronavbildningen i røret skjer ved hjelp av elektrostatisk linser i røret. Dette gir noe dårligere oppløsningsevne og mer fortegning, men er meget lett og bruker meget lite strøm.

Det finnes flere forskjellige typer elektrostatisk fokuserte rør.

Inverterende diode: Dette er den enkleste, letteste og mest brukte løsningen. Elektronavbildningen utføres ved én enkel elektrostatisk linse på anodepotensial. Derved trenger røret bare én spenning tilført, mellom katode og anode. Denne spenningen kan varieres uten å påvirke elektronavbildningen. Bildet blir invertert, d v s snudd på hodet på fosforskjermen. Røret trekker lite strøm, bare noen nanoampere. Et snitt gjennom en typisk diode er vist på figur 2.3.

Triode: Denne likner mye på dioden, men man har lagt inn en elektrostatisk linse på et potensial mellom anode- og katodepotensial. Dette brukes mest i rør med forskjellig diameter på fotokatode og fosforskjerm. Det stilles sterkere krav til spenningsreguleringen her enn i en diode.

Tetrode: Dette er et rør med to elektrostatisk linser mellom katode og anode. Vanligvis brukes dette i såkalte zoom-rør, som er rør hvor man kan variere billedforstørrelsen ved å variere potensialet på en av linsene.



Figur 2.3 Snitt gjennom elektrostatisk fokusert diode

iii) Nærhetsfokuserte rør

Her ligger fotokatode og anode noen millimeter fra hverandre, og elektronene fra katoden akselereres rett over til anoden, normalt på anode- og katodeflatene. Dermed trengs ingen elektronlinse i røret. Dette gir et meget enkelt, lite og lett rør. Ulempene ved løsningen er at oppløsningsevnen blir dårligere enn for andre typer, og forsterkningen blir lavere da man på grunn av den korte avstanden mellom katode og anode ikke kan legge på så høy akselerasjonsspenning.

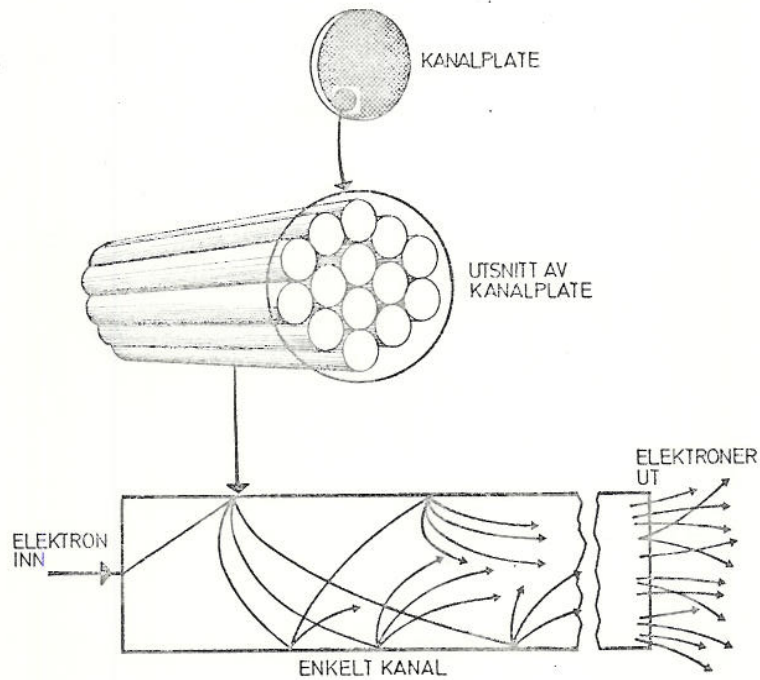
c) Fosforskjermen

Denne er vanligvis av typen P20, som gir et gulgrønt lys, og har kort etterlysningstid. For spesialformål finnes en rekke andre typer, med forskjellig farge og forskjellig etterlysningstid.

d) Kanalplatemultiplikator

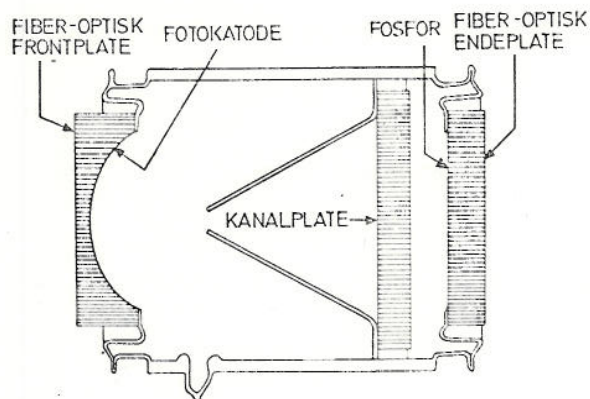
De fleste rør i bruk i dag har ingen økning av antall elektroner mellom katode og anode. En vanlig lysforsterkerdiode har vanligvis en total lysforsterkning på 40 - 100 ganger. En meget betydelig økning, til ca 100 000, oppnåes ved forsterkning av elektronbildet med en såkalt kanalplate multiplikator mellom katode og anode. Dette er en skive av typisk tykkelse 0,5 mm satt sammen av tynne rør eller kanaler ca 10  $\mu\text{m}$  i diameter, som vist på figur 2.4.

En spenning på opptil 1500 V ligger tvers over platen. Et elektron som treffer vegg i en kanal vil slå løs sekundælektroner som på grunn av det pålagte elektriske feltet vil fortsette innover i kanalen og slå løs nye sekundælektroner. Elektronfordelingen på baksiden av kanalplaten blir derfor et forsterket bilde av elektronfordelingen som sendes inn mot forsiden av platen.



Figur 2.4 Utsnitt av kanalplatemultiplikator

Ved å forandre spenningen over kanalplaten kan forsterkningen i røret reguleres fra lav verdi til maksimalverdien uten å påvirke elektronoptikken i røret. Kanalplatemultiplikatorrør lages vanligvis av billedinverterende type, som vist på figur 2.5.



Figur 2.5 Snitt gjennom kanalplatemultiplikatorrør

Elektroner fra fotokatoden akselereres over ca. 5 kV og avbildes i en elektronlinse på forsiden av kanalplaten. Sekundærelektronene fra baksiden av kanalplaten akselereres over et potensial på ca. 4 kV mot fosforskjermen, som er så nært plassert at man bruker nærhetsfokusering.

Det lages også kanalplaterør hvor nærhetsfokusering brukes både mellom katode og kanalplate og mellom kanalplate og anode. Dette gir et rør av meget små dimensjoner.

## 2.2 Anvendelser og egenskaper til forskjellige rørtyper

Den forsterkning man oppnår i en vanlig lysforsterkerdiode (maks 100), er ikke tilstrekkelig for høykvalitets avbildning på langt hold i nattemørke. Den konvensjonelle måten å løse problemet på er å koble flere rør i kaskade. Med tre rør i kaskade oppnåes en forsterkning på ca. 100 000, som er tilstrekkelig. En mer attraktiv måte å oppnå dette på er å bruke et kanalplaterør som gir omtrent samme forsterkning i ett rør. Dermed sparer man vekt og plass. En annen fordel med dette røret er at det kan avbilde en mørk scene godt, selv om det i synsfeltet ligger en sterkt punktluskilde.

Enkle ett-trinns dioder brukes mest som billedomformere fra infrarødt til synlig, med S1 fotokatoder, og bruk av infrarøde belysningskilder. Med ekstra rødfølsomme S20 katoder kan slike rør også brukes i passive instrumenter, hvor man kun trenger å se større detaljer og på relativt kort hold, for eksempel i kjørebriller og kjøreperiskoper.

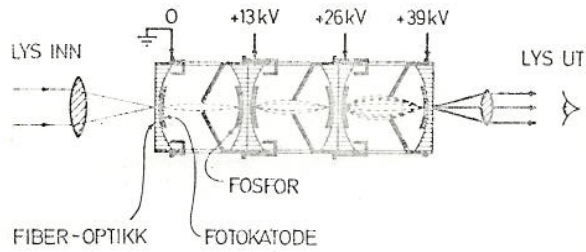
Når et lysforsterkerør skal kobles til annen optikk, eller til et annet rør, oppstår det problemer på grunn av at fotokatoden og fosforskjermen vanligvis er kulesegmenter. Dette problemet løses ved å bruke fiberoptikkoblere fra fosforskjermen og til neste rørs fotokatode, eller mellom en krum og en plan billedflate. Figur 2.6 viser et typisk fiberoptikk-koblet 3-trinns rør.

De viktigste karakteristika for en rekke forskjellige lysforsterkerør er satt opp i tabell 2.1.

De dimensjonsdataene som er merket med \* gjelder for rør med nødvendig høyspenningskilde og fokuseringsenhet. Resten av rørene er uten power-supply.

FABRIKAT, BETEGNELSE	MULLARD XX1050	ITT F4108	PHILIPS XX1080	MULLARD XX1302	ITT F4747	MULLARD XX1050	ITT F4089
TYPE	ELEKTROSTATISK DIODE	NÆRHETS- FOKUSERT DIODE	TRIODE	ELEKTROSTATISK KANALPLATERØR	NÆRH FOKUSERT KANALPLATERØR	DIODER I 3 TRINN	MAGNETISK FOKUSERT
FOTOKATODEDIAMETER (mm)	25	23	50	18	18	25	40
FOSFORSJERDIAMETER (mm)	25	23	17	18	18	25	40
LYSFORSTERKNING (ASD/LUX)	85-100	25-50	1000	100 000	10 000 - 50 000	35 000	65-125
OPPLØSNINGSEVNE PÅ AKSEN (lp/mm)	60	25-35	27	30	25-28	30	90
OPPLØSNINGSEVNE PÅ KANTEN (lp/mm)	50	25-35	8	30	25-28	28	85
FORTEGNING PÅ KANTEN (%)	7±2	0	2-7	14	0	22	0,5
DIMENSJONER (mm)	ø 50 x 60	ø 50 x 13	ø 64 x 95	ø 45 x 44	ø 38 x 19	ø 70 x 195*	180 x 180 x 180*
VEKT (g)	145	50	160	70	40	880	NOEN kg
PRIS FOR SMA ANTALL (1-2)	3950 kr	25 000 kr	ca 5000 kr	20 000 kr	32 000 kr	10 000 kr	
STORE ANTALL (over 100)	2800 kr	-	-	5000-7000 kr	< 10 000 kr		
ANTATT PRIS I 1976	-	-	-	-	-	-	-
ANDRE FABRIKAT AV TILSVARENDE RØR	VARO 9595 RCA 8595 ITT F4700 THOMSON CSF THC973 TELEFUNKEN XX1190	GALILEO BX8025 RCA C33105	TELEFUNKEN B185 WESTINGHOUSE WX30977 THOMSON CSF TH9978	VARO 2800 NI-TEC PG340 RCA C33106 THOMSON CSF THX 460	GALILEO BX 5025	VARO 8586 RCA 8586 ITT F4721 THOMSON CSF TELEFUNKEN XX1000	RCA C33060

Tabell 2.1 Egenskaper for forskjellige lysforsterkerør



Figur 2.6 Snitt gjennom fiberoptikk-koblet 3-trinns rør

### 2.3 Begrensninger ved bruk av lysforstærkere

Ved enhver bruk av avbildende utstyr skal til slutt et bilde presenteres for øyet. Bildet må oppfylle en del minimumskrav for at øyet skal kunne se noe. De viktigste parametrene for at øyet skal se et objekt, er romlig utstrekning av objektet, kontrasten mellom objekt og bakgrunn, luminansen fra objekt og bakgrunn, støyen i bildet og varigheten av observasjonen.

Kontrast  $C_o$  defineres her som

$$C_o = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \quad (2.1)$$

$\rho_1$  og  $\rho_2$  er refleksjonsevnen til henholdsvis objekt og bakgrunn.

En rekke faktorer er med og bestemmer størrelsene av ovennevnte parametre og hvordan øyet oppfatter objektet. Vi kan skille mellom tre grupper av faktorer:

- 1) Ytre faktorer
- 2) Instrumentegenskaper
- 3) Øyets egenskaper

De viktigste ytre faktorer er objektets størrelse og form og dets avstand fra observatoren, belysningsstyrken på objektet, objektets og bakgrunnens refleksjonsevner og atmosfærens demping.

Instrumentparametrene omfatter brennvidde og lysåpning på objektivet, synsfelt, okularforstørrelse, spektralfølsomhet, kvantevirkningsgrad, lysforsterkning, oppløsningsevne, fortegningsgrad og støy. Når de ytre parametre og instrumentparametrene er kjent, kan man beregne hvordan det bildet som til sist presenteres for øyet ser ut. En må derfor kjenne godt til øyets egenskaper for å kunne forutsi hvordan det bildet som presenteres blir oppfattet.

Under forskjellige forhold vil det være forskjellige mekanismer som hovedsakelig bestemmer om objektet kan skjelnes fra bakgrunnen. For det første må objektet være større enn det som tilsvarer maksimal oppløsningsevne til systemet. Denne bestemmes av en kombinasjon av både objektets, billedrørets og øyets maksimale oppløsningsevne, og er vanligvis litt dårligere enn den dårligste av de tre. Disse faktorer vil oftest være de begrensende for et lysforsterkersystem ved relativt høye lysnivåer.

Videre må objektets utstrekning være større enn såkalt kvantestøybegrenset oppløsning. Dette er en begrensning som skyldes at en strøm av elementærpartikler alltid vil fluktuere. Dette vil gjelde både fotonstrømmen som treffer fotokatoden i billedrøret, og elektronstrømmen fra fotokatode til fosfor. Disse fluktuasjonene vil forårsake en støy i bildet. Det objektet man ønsker å skjelne må være tilstrekkelig stort og ha så stor kontrast mot bakgrunnen at det ikke forsvinner i denne støyen. Et uttrykk for fotonstøybegrenset oppløsning er gitt av Coltman (2) og Richards (3). Det kan skrives

$$\frac{1}{L} = \frac{D|C_0|e^{-\sigma R}}{4kR} \sqrt{\frac{t \cdot S \cdot E}{q(2 - C_0 e^{-\sigma R})}} \quad (2.2)$$

- L = minste størrelse som kan oppløses ved objektet (m)
- D = objektivets diameter (m)
- C<sub>0</sub> = kontrast av objekt mot bakgrunn
- σ = atmosfærens dempningskoeffisient (m<sup>-1</sup>)
- R = avstand til målet (m)
- k = faktor som angir hvor klart objektet trer fram mot støyen (signal/støyforhold)
- t = integrasjonstiden for systemet (sek)
- S = fotokatodens responsivitet (A/lm)

$E$  = belysningsstyrken (lux)

$q$  = elektronets ladning =  $1.6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb

I figur 2.7 er vist verdier av likning (2.2) for en rekke verdier av  $C_0$ ,  $E$ ,  $R$  og  $\sigma$ .  $C_0$  har verdiene 1, 0,25 og 0,1.  $E$  har verdiene  $10^{-4}$  lux, som tilsvarer tett overskyet, måneløs natt,  $10^{-3}$  lux, som tilsvarer klar, måneløs natt og  $10^{-2}$  lux som tilsvarer natt med liten måne. Istedetfor dempningskoeffisienten  $\sigma$  er optisk sikt oppgitt, som er et annet mål på samme størrelse. Verdiene 300 km, 30 km, 3 km og 300 m er brukt for sikten. Følgende størrelser er faste

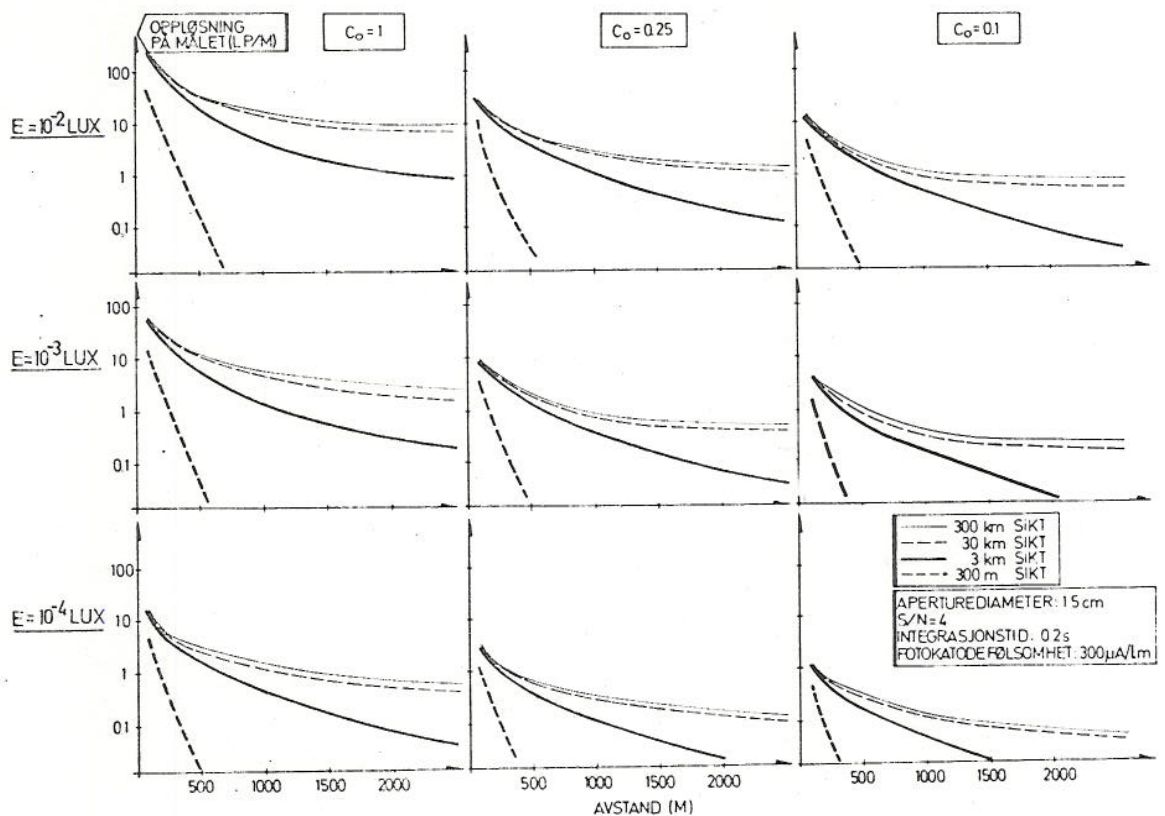
$D = 15$  cm

$t = 0,2$  sek

$k = 4$

$S = 300$   $\mu$ A/lm

Oppløsningen er gitt i antall linjepar pr meter (lp/m) som kan skjernes ved objektet.



Figur 2.7 Fotonstøybegrenset oppløsningsevne for varierende kontrast, belysning, avstand og sikt



Hvilken verdi på t og k som er korrekt å bruke er uvisst. De verdiene som er satt inn her er vanlig brukt, men de gir trolig noe dårligere oppløsningsevne enn man kan klare i virkeligheten.

Fotonstøybegrensning av systemets oppløsningsevne vil oftest inntreffe ved lave lysnivåer eller små objektivdiametre, og kun ved rør med høy lysforsterkning. Kanalplaterør vil ved lave lysnivåer være begrenset av en støyemekanisme i selve kanalplaten, og som forårsaker en noe dårligere oppløsning enn fotonstøygrensen.

En siste viktig mulig grense for systemets oppløsningsevne ligger i øyets egenskaper ved lave lysnivåer og kontraster. Dette vil spesielt være en begrensning når man bruker rør med lav lysforsterkning, eller når kontrasten i bildet er lav. Hvilken forsterkning i røret som trengs for at ikke øyets egenskaper skal begrense systemet, er avhengig av en rekke faktorer. Uten at disse faktorene drøftes nærmere, kan følgende oversikt gi en viss veiledning.

Forsterkning (asb/lux)	Egenskaper
1-50	Begrenset nytte i lysforsterkersystemer
50-1000	Øyet vil være begrensende faktor ved lave lysnivåer, men man vil kunne ha stor nytte av den forsterkningen som er
1000-10000	Med mørkeadapterte øyne vil man kunne oppnå fotonstøybegrenset oppløsning
10000-100000	Man kan oppnå fotonstøybegrensning uten mørkeadapterte øyne

Lave kontraster vil oftest inntre på grunn av atmosfærens demping. Dette vil i mange tilfeller være den alvorligste begrensning ved bruk av alle typer observasjonsutstyr i det synlige og nære infrarøde område.

3 LAVLYSNIVÅ TV3.1 Egenskaper til forskjellige rørtyper

Vanlige kommersielle TV-kamerarør er ikke brukbare under nattdlysførhold. I de siste årene er det utviklet en rekke typer som kan brukes også under disse forhold. I tabell 3.1 er vist hvilket lysnivå som trengs for at forskjellige rør skal gi en oppløsning på ca 200 linjer over en TV-skjerm, ved 30% kontrast mellom objekt og bakgrunn. En tilnærmet pris for rørene er også vist.

Rørtype	Lysnivå på fotokatoden (lux)	Pris (kr)
Vidicon	1	1 000
Plumbicon	1	1 000
Si-vidicon	0,1	5 000
Kanalplaterør + plumbicon	$2 \cdot 10^{-5}$	8 000
SIT	$4 \cdot 10^{-5}$	20 000
ISIT	$10^{-5}$	30 000
Image isocon	$10^{-5}$	50 000

Tabell 3.1 Priser og egenskaper for enkelte TV-kamerarør

Når det gjelder prisanslaget for et kanalplaterør, har man her brukt forventet pris om ca 2 år.

Noen kommentarer kan knyttes til de enkelte rørtypene.

Vidicon: Dette er enkleste type kamerarør. Det er billig og robust, men er ikke noe lavnivå rør. Ved lave lysnivåer er rørets responstid lang.

Plumbicon: Dette er en type vidicon med langt bedre responstid ved lave lysnivåer. Det kan fåes med fiberoptikk frontvindu for kobling til lysforsterkerør.

Kanalplaterør + plumbicon: Ved kobling av et kanalplaterør til en plumbicon med fiberoptikk får man et kompakt lavlysnivå TV-rør med gode egenskaper.

Silicium-vidicon: Dette er også en type vidicon, men med betydelig bedre lavnivå egenskaper og responstid.

Silicon intensifier target (SIT): Denne rørtypen selges også under en rekke andre navn. Den har mye til felles med si-vidicon, men en ekstra forsterkermekanisme i røret gjør at den kan brukes ved mye lavere lysnivåer. Et problem med slike rør er såkalt "blooming". Det betyr at bildet av en sterk punktluskilde vil flyte utover og dekke en stor flate.

Intensified SIT (ISIT): Dette er et SIT-rør med et lysforsterkertrinn foran. Den går enda lavere ned i lysnivå enn SIT-rør. "Blooming" problemene er de samme for begge rørtypene.

Image isocon: Dette er et godt lavlysnivå rør, men er komplisert og dyrt.

### 3.2 Sammenlikning mellom lysforsterkere og LLTV

Et TV-system må nødvendigvis bli mer komplisert enn et lysforsterkerinstrument. Imidlertid er prisen på denne typen utstyr også avhengi av hvor store antall man kan produsere. TV vil ha følgende fordeler fremfor lysforsterkerutstyr:

- a) Store muligheter til å standardisere én type kamera til en rekke forskjellige oppgaver, både til vogner, båter og fly.
- b) Frihet til å plassere kameraet fjernt fra operatøren. Ved et lysforsterkersystem må operatøren nødvendigvis sitte rett bak objektiv og billedrør.
- c) Mulighet for å presentere ett bilde til flere skjermer og operatører. Man kan f.eks. la både skytter og kommandør på en stridsvogn se bildet fra ett kamera, i stedet for å utstyre hver av dem med et lysforsterkerinstrument.
- d) Mulighet for montering av kamera på stabilisert plattform.
- e) Mulighet for elektronisk behandling av TV-signalet, for å lette observatørens oppgave.

Et TV-system har i dag følgende ulemper sammenliknet med et lysforsterkersystem:

- a) Høyere pris. Imidlertid vil den store anvendbarheten til et TV-system gjøre at et komplett system, f. eks. for en stridsvogn, kan bli like billig som om hver operatør skulle ha sitt eget lysforsterkersystem.
- b) Et TV-kamera er mer komplekst enn et lysforsterkersystem, og vil kunne være mer utsatt for feil.
- c) TV har vanligvis noe dårligere lavlysegenskaper enn lysforsterkere.
- d) Det finnes svært få TV-systemer på markedet for stridsvogner. De få som finnes er meget kostbare. (Eksempel: AEG PZB 200 kamera med to monitører koster ca 60 000 DM.)

En regner med at det er mulig å lage gode LLTV-kameraer med utgangspunkt i et billig kommersielt kamera. Ved å gå kritisk gjennom et slikt kamera vil man kunne finne ut hvilke forbedringer som trengs for å tilfredsstille militære miljøspesifikasjoner. Som rør bør man kunne bruke en SIT eller en kanaplate/plumbicon kombinasjon. Da et slikt TV-system kan brukes uten vesentlige modifikasjoner i en rekke forskjellige oppgaver, bør man ha mulighet for så stor produksjon at prisen på ett sett blir lav.

Et utviklingsprosjekt på FFI for produksjon i Norge av denne typen lavlysnivå TV bør regnes som meget attraktivt.

#### 4 OBSERVASJONSUTSTYR FOR STRIDSVOGN

##### 4.1 Innledning

Stridsvognens viktigste oppgave er å nedkjempe fiendens stridsvogner og pansrede kjøretøyer. Panserstrid kjennetegnes kanskje først og fremst av voldsomme og hurtig skiftende situasjoner, fylt av overraskelsesmomenter. En stridsvogns utsikter til å forbli intakt og kunne gjennomføre et oppdrag, beror i stor grad på dens evne til hurtig å sette motstanderen ut av spill. Ulike land opererer med noe ulike krav til disponibel tid i denne forbindelse, men tider på

10 - 15 sek er å anse som allmenngyldige. Uten stabiliseringsutstyr i stridsvognen er det rimelig å anta at stridsvognen normalt må stå stille når den skyter for å oppnå en rimelig treffsannsynlighet.

For å gjøre tiden i stillestående skuddposisjon så kort som mulig, er det avgjørende å ha gode hjelpemidler for bl a observasjon, avstandsbestemmelse og ildledning. For å kunne sette stridsvognen inn på rett sted til rett tid, uavhengig av døgntid og årstid, må vognene også kunne manøvrere og avgi nøyaktig ild i mørke og dårlig sikt.

Våre tre stridsvogntyper, stridsvogn Leopard, M48 og M24, representerer ulike generasjoner og ulike systemløsninger når det gjelder observasjons- og ildledningsutstyr samt samspillet mellom operatørene. Av denne grunn er det tatt med en relativt detaljert presentasjon av de tre vogntypene og deres instrumentering.

## 4.2 Beskrivelse av stridsvognene

### 4.2.1 Stridsvogn M24

Stridsvogn M24 er en armert helbeltestridsvogn i den lette vektklasse. Mannskapet kan bestå av 4 - 5 mann, en vognkommandør, en skytter, en vognfører, en reservevognfører og eventuelt en egen lader. Vognen har helsveist skrog med unntak for serviceluker i front, topp og dørk. Skroget er delt i et strids- og kjørerom og et motorrom. Stridsrommet omfatter tårnet som kan dreies 360° med et hydraulisk rettesystem eller manuelt. Den umodifiserte utgaven har en 75 mm kanon og et koaksialt montert tårn-MG. Ved tårnluken er montert en 12,7 mm luftvernimtraljåse.

En ombygd versjon av stridsvogn M24 skal inngå i panserverneskadroner/ KR/BRIG, og brukes i det mobile panservern primært mot middelstunge stridsvogner. Vognen skal utstyres med ny, 90 mm lavtrykkskanon og to 12,7 mm mitraljåser. For øvrig skiftes de to bensinmotorene mot en dieselmotor, vognen får nye belter og utskiftet eller heloverhelt en rekke vitale komponenter.

Stridsvogn M24 har følgende observasjons- og sikteinstrumenter:

## a) Vognfører: Periskop M6 1 stk

Dette er et dagslysprismeperiskop uten forstørrelse. Kassen er av presset stål. Periskopet er festet i vognførerens luke.

Reservevognfører (frontskytter) har samme periskop montert i sin luke.

## b) Skytter:

## - Periskop M4A1 1 stk

Dette brukes til observasjon og sikting. Periskopets hovedkasse og underdel er av metall og periskophodet i plast. Observasjonsdelen har ingen forstørrelse. I periskopet er det innebygget et teleskop M38A2, forstørrelse 1,44 x og synsfelt 9°. Periskopet er parallellstilt med kanonen. Teleskop M38A2 har innmontert strekplate.

## - Teleskopsikte M71K

Teleskopsikte M71K er skytterens primærsikte, forstørrelsen er 5 x og synsfeltet 13°. Teleskopets strekplate har 200 m avstandsstreker og 5 forsprangsstreker og kan belyses. Sikteteleskopet er parallellstilt med kanonen.

## c) Vognkommandør: Periskop M6 1 stk

Dette er samme instrument som vognfører har. Periskopet er montert i luken som kan dreies. Dessuten har han 6 utkikksglass montert rundt kuppelen.

Av kravene til ombygd stridsvogn M24 kan nevnes:

- Nattkjørestyret bør være passivt
- Vognkommandøren skal ha samme observasjonsmuligheter i dagslys som på stridsvogn M24 før ombyggingen
- Skytteren skal ha samme observasjons-, sikte- og rettemuligheter i dagslys som på stridsvogn M24 før ombyggingen
- Vognen skal utstyres med muligheter for ildgivning i mørke med reduserte krav til treffsannsynlighet og tid for ildåpning
- Vognen skal ha avstandsmåler for å oppnå størst mulig treffsannsynlighet med første skudd.

Behovet for avstandsmåler er større på M24 enn på de andre vognene p g a overgang til lavtrykkkanon som har relativt lav utgangshastighet og følgelig høy prosjektilbane på skyteavstander fra ca 800 m og utover.

## 4.2.2 Stridsvogn M48

Stridsvogn M48 er en pansret stridsvogn i middelstung vektklasse. Den er delt i tre rom:

- Tårnrommet med plass for vognkommandør, skytter og leder
- Vognførerrommet foran i skroget med plass for vognfører

- Motorrommet bakerst med plass for motor og overføringsenhet

En dreibar kuppel for vognkommandøren er plassert på høyre side av tårntaket.

Stridsvognen har et elliptisk formet skrog og tårn som gir maksimum av ballistisk beskyttelse mot panserverngranater. Vognen har et mannskap på fire. Hovedvåpning er en 90 mm kanon og dessuten en 7,62 mm og en 12,7 mm Browning mitraljøse. Stridsvogn M48 er utstyrt med hoved- og hjelpesiktemidler for direkte retting, de nødvendige instrumenter for indirekte retting og det observasjonsutstyr som mannskapet må ha for å kunne betjene vognen med lukkede luker.

Hovedsiktemidlene består av periskop M20A1 i periskopholder T184 og ballistisk overføringsenhet T-24 B2, avstandsmåler T46E1 og computer M13. Hjelpesiktemidlene består av teleskop M97H og teleskopholder M103.

Stridsvogn M48 har følgende observasjons- og sikteinstrumenter:

a) Vognfører:

Periskop M26 3 stk

Disse er laget i kompakt plast med et metallhylster rundt og uten forstørrelse. De er plassert foran vognfører i en halvsirkel, festet til vognen med holdere hvor periskopet kan heves og senkes etter behov.

Infrarød-kjøreperiskop M24 1 stk

Dette er av binokular utførelse. Det krever aktiv infrarød belysning som kommer fra 2 lyskastere tilsvarende hovedlyskasterne, med nærlys og fjernlys. Periskopet monteres i vognførers luke, og kan kun innmonteres i denne når den er lukket over vognfører. Periskopet har 27° synsfelt, kan beveges 32° til hver side og 15° i høyde ved hjelp av holderen i luken. Periskopet er fokusert for en avstand på 18 - 20 yards. Kraftforsyningen kommer fra kraftenheten som er montert foran og til høyre for vognfører, og leverer 16 kV spenning.

b) Vognkommandør:

Observasjonsperiskop M17 4 stk

Disse er laget av kompakt plast med et metallhylster rundt, og uten forstørrelse. Periskopene er plassert rundt vognkommandørens luke. Hvert enkelt er festet i lukesystemet ved 2 haker og vingemuttere.

Avstandsmåler T46E1

Avstandsmåleren er stereoskopisk med måleområde 500 - 4800 yards og forstørrelse 10 x. Den brukes av vognkommandøren som en del av

det direkte sikte- og skytekontrollsystem. De er festet oppunder tårntaket foran vognkommandørens luke og står i forbindelse med kanonen via et ballistisk drivverk. Avstandsmåleren overfører avstandsdata til ballistisk computer M13.

c) Skytter:

Periskop M20A1

Primarsikte er monokulært og består av 2 sammenbygde optiske systemer, et vindussystem og ett kikkertsystem med 6 x forstørrelse. Periskopet har et utskiftbart hode som er festet til periskopet med 2 klemmeskruer, og et speil som står i forbindelse med ballistisk drivverk.

Teleskop M97C

Teleskopet har 8 x forstørrelse og er festet i teleskopmonteringen T191 som igjen er montert på vuggens høyre side og følger kanonens bevegelse. Teleskopet er en del av det sekundære sikte- og skytekontrollsystem.

#### 4.2.3 Stridsvogn Leopard

Stridsvogn Leopard er en helbaldedrevet middelstung stridsvogn med et hydraulisk/manuelt dreibart tårn. Besetningen består av fire mann; vognkommandør, skytter og lader i tårnet, og vognfører på høyre side foran i vognen. Stridsvognen er utstyrt med periskoper for observasjon under kjøring med stengte luker. Under forflytning i mørke med stengte luker, kan et av vognkommandørens og vognførerens periskoper skiftes ut med infrarød-kjøreperiskop.

Bevapningen består av en 105 mm kanon, et tårn-MG og et luftvern-MG. Vognkommandøren og skytteren kan rette kanonen mot faste eller bevegelige mål med et elektrohydraulisk rettesystem eller manuelt.

Stridsvogn Leopard har følgende observasjons- og sikteinstrumenter:

a) Vognfører:

Observasjonsperiskop 3 stk

Periskopene er helstøpt i kompakt plast med metallhylster rundt, og uten forstørrelse. De er plassert foran vognføreren i en halvsirkel. Periskopene kan ikke heves og senkes, men er fastmontert i en stilling, og kan skiftes ut med et enkelt håndgrep.

Kjøreperiskop, infrarødt, AEG NFP 18

Kjøreperiskopet har binokular utførelse. Det monteres i midtre holder for førerens observasjonsperiskop. Til terrengbelysning benyttes hovedlyskasterne ved å sette infrarød-filter foran, eller



ved å benytte infrarødt/hvittlyskaster XSW-30-U. Periskopet har et synsfelt på 50° horisontalt og 45° vertikalt. Høyspenningen til billedrørene er på 16 kV, og genereres i instrumentet. Nødvendig spenningstilførsel til instrumentet er 24 V likespenning.

b) Vognkommandør:

Observasjonsperiskop 8 stk

Periskopene er plassert rundt vognkommandørens luke på vognens høyre side, og er av samme type som vognførersens periskop.

Panoramateleskop, TRP 2A

Vognkommandøren bruker panoramateleskopet for observasjon av lende, avstandsbedømmelse til mål med kjent størrelse og som sikteinstrument. Det er koblet til kanonen i høyderetning over et elektrisk vinkeloverføringsanlegg, TEW 1A. Periskopet er opphengt i tårntaket foran vognkommandørens luke i teleskopholder 2A. Variabel forstørrelse fra 4 - 20 ganger. Avstandsmåleområde 600 - 3000 m. Man kan ved hjelp av kontramekanisme utligne bevegelsen mellom panoramahodet og tårnet, slik at observasjonsretningen på teleskopet blir bibeholdt selv om tårnet dreies.

Sikteperiskop, infrarødt, B 171-II

IR-periskopet brukes til observasjon av lende og til sikting om natten ved hjelp av infrarødt/hvittlyskaster XSW-30-U som belyser lendet. Den er formet som et binokulært periskop. En omstiller kan velge avstandene 800, 1000 og 1200 m. Avstandsvelgeren vil da gi den aktuelle oppsatsvinkel på de forskjellige avstander som blir overført til det elektriske vinkeloverføringsanlegget. Periskopet monteres i teleskopholder 2A for panoramateleskop TRP 2A. Instrumentsforstørrelse er 5,4 x.

Infrarødt/hvittlyskaster XSW-30-U

Infrarødt/hvittlyskasteren monteres parallelt med kanonen ved hjelp av et stativ som festes til kanonens skjold. Den kan omstilles fra hvitt til infrarødt lys. Lysstrålene kan spres eller samles i bunt. Ved spredning av lyset tjener den først og fremst som observasjonslyskaster, med lyset samlet i bunt som siktelyskaster. Ved gunstige forhold er rekkevidden 1200 m med infrarødt lys og 1500 m med hvitt lys. Lyskilden er en Xenon høytrykkslampe med effekt 800 W.

c) Skytter:

Avstandsmåler TEM 1A

Avstandsmåleren betjenes av skytteren som avstandsmåler- og sikteinstrument. Den kan gjøre avstandsberegninger etter overettbilde-systemet eller etter stercoprinsippet. Avstandsmåler TEM 1A er vognens primersikte. Måleområde fra 400 m. Forstørrelse 16 x.

Teleskopsikte TZP 1A

Teleskopsiktet er en monokulært kikkert med et linsertesystem og et optisk ledd. Kikkertrøret og okulararmen er fastmontert, mens objektivhodet og siktelinjen følger med våpenets høyderetningsbevegelser. Teleskopet betjenes av skytteren og er festet parallelt til kanonen. Forstørrelse 8 x.

#### Observasjonsperiskop

Dette periskopet har omtrent den samme oppbygning som vognførers og vognkommandørens periskop, men har skrått innblikk på 45°. Det kan ikke monteres i de øvrige periskopholdere.

#### d) Laderens instrumenter:

Observasjonsperiskop 2 stk

Disse er identiske med vognførers og vognkommandørens observasjonsperiskoper.

### 4.3 Hjelpemidler i mørke og dårlig sikt

#### 4.3.1 Utrustning i dag

Som det vil fremgå av forannevnte vogn- og utstyrsbeskrivelse, har man i dag følgende hjelpemidler til disposisjon i mørke og dårlig sikt:

##### Stridsvogn Leopard

###### - Ildgivning:

Aktivt infrarødt- og hvittlysutstyr

###### - Observasjon:

Intet spesielt observasjonsutstyr, men mulig å oppdage fiendens bruk av infrarødt lys ved hjelp av egne infrarød-sikter og periskoper.

###### - Manøvrering:

Aktivt infrarød-kjøreperiskop hos vognfører og vognkommandør

##### Stridsvogn M48

###### - Ildgivning:

Ingen hjelpemidler

###### - Observasjon:

Ingen hjelpemidler

###### - Manøvrering:

Kjøreperiskop for bruk sammen med infrarødt kjørelys for vognfører

##### Stridsvogn M24

###### - Ingen hjelpemidler

#### 4.3.2 Krav til forbedring av nattvisjonsutstyret

Denne forstudien har som målsetting å gå gjennom mulighetene for ved ombygging av eksisterende utstyr å forbedre operasjonsevnen i mørke til M24 og M48 vognene. Behandlingen videre vil derfor gjelde disse to vogntypene og ikke Leopard.

Man ønsker å utstyre vognene slik at mannskapet er i stand til å kjøre, observere og skyte effektivt ved lave lysnivåer, helt ned til overskyet måneløst natt. I dag er det bare én av disse funksjonene som er ivaretatt, og på én av vognene, med infrarød-kjøreperiskopet på M48. Et videre krav er at vognene kan operere passivt, uten bruk av kunstige belysningskilder. Kjøreperiskopet på M48 krever bruk av infrarødt kjørellys.

Hvis man må prioritere noen av de tre funksjonene (kjøring, sikting og observasjon), er det naturlig å behandle kjøreperiskop og sikteutrustning først.

Hvis man av budsjettmessige grunner må spre nyanskaffelser og ombygginger over lang tid, må man legge opp en plan som gjør at man får full nytte av nye instrumenter fra første stund, og uten at noen del av de første anskaffelsene blir overflødige når systemet er komplett.

Bruk av termisk avbildningsutstyr og laser avstandsmåler må vurderes sammen med lysforsterkerutstyr. En alternativ løsning med ett lavnivå TV-kamera og monitorer for både vognførere, skytter og vognkommandør eller bare for de to sistnevnte må også vurderes.

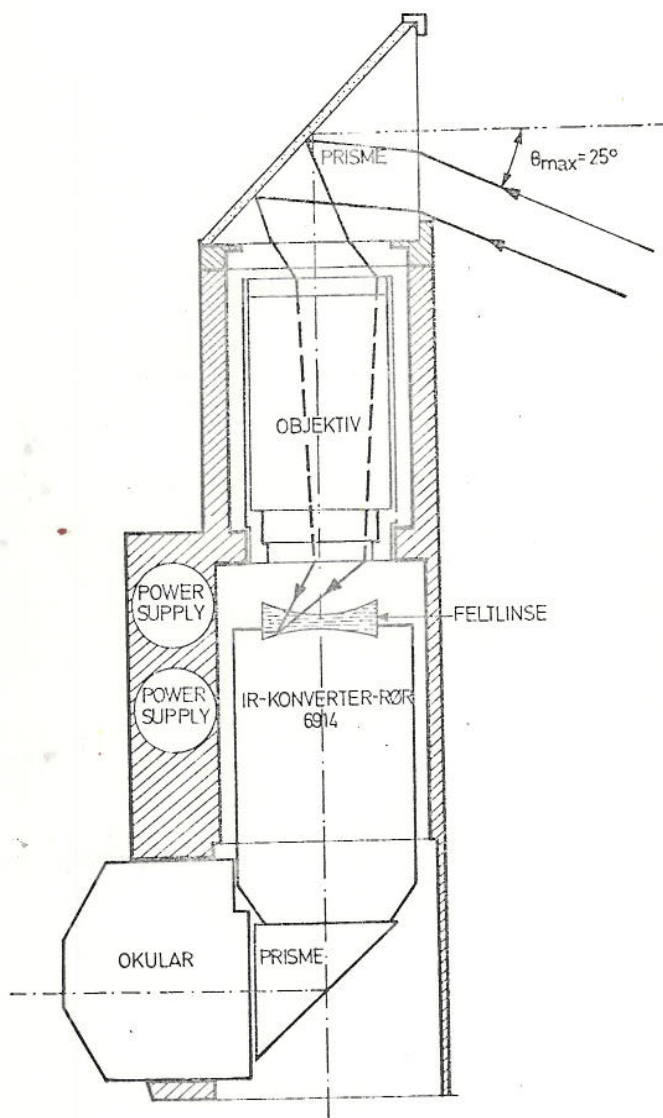
#### 4.3.3 Detaljgjennomgåelse av de enkelte instrumenter som kan være aktuelle å modifisere

##### a) Kjøreperiskop AEG NFP 18

Dette er et instrument som forutsetter aktiv belysning med infrarødt lys. Leopard stridsvognene er utstyrt med to slike instrumenter hver, hvorav den ene, vognkommandørens, kan unngås uten vesentlig ulempe. Derfor er det meget attraktivt å vurdere en ombygning av NFP 18 til et passivt lysforsterker-instrument, for plassering i M24 og M48 stridsvogner som kjøreperiskop.

Figur 4.1 viser et snitt gjennom ene kanalen i en NFP 18 slik den ser ut i dag. Instrumentet har et synsfelt på 50° horisontalt og 45° vertikalt. Billedrøret er NATO standard-rør 6914. Det enklest

mulige valg av lysforsterkerør å bytte ut dette med synes å være et enkelt 25 mm rør av den typen som brukes til sammensetting av 3-trinns rør. (Eks Varo 8585 eller Mullard XX1050). Pris på store antall av disse rørene er ca 2500 kroner pr stk. Denne rørtypen kan settes inn uten ytterligere mekaniske modifikasjoner av instrumentkassen, uten modifikasjon av spenningskilden, uten skifte av objektiv og uten å skifte okularer.



Figur 4.1 Snitt gjennom AEG NFP 18 infrarød-kjøreperiskop i skala 1:2

I løpet av forprosjektet har man bygget om ett instrument på denne måten, gjort noen prøver med det og sammenliknet det med et Philips Usfa UA9630 passivt kjøreperiskop. Konklusjonen på forsøkene er at den enkle ombyggingen av NFP 18 gir et brukbart kjøreperiskop i hvert fall ned til ca  $2 \cdot 10^{-3}$  lux. Philips instrumentet har høyere lysforsterkning, og vil være brukbart i hvert fall ned til ca  $0,5 \cdot 10^{-3}$  lux. Denne forskjellen i ytelse må sammenholdes med pris-

differensen på instrumentene. En ombygning av NFP 18 vil koste ca 6000 kroner pr instrument, mens Philips instrumentet koster ca 50 000 kroner.

En alternativ rørtype, som også kan passes inn med lite mekanisk ombygging, er ett-trinnsrør med en forminskelse av bildet fra katode til fosforskjerm. Et eksempel er Thomson CSF TH 9478. Dette gir en lysforsterkning på ca 1000 ganger. Det er imidlertid en tetrode, og krever derfor ombygging av spenningskilden. Videre gir det en forminskelse på ca 3 ganger av bildet, noe som krever at man skifter til et okular med større forstørrelse hvis man vil ha totalt ca 1 x forstørrelse til øyet. Prisen på denne rørtypen er 6000 - 10000 kroner pr stk, noe som gjør løsningen lite attraktiv. Yteevnen til et slikt ombygget instrument vil være sammenliknbart med Philips instrumentet. En ombygging med kanalplaterør er også mulig, men på grunn av prisen er heller ikke det så attraktivt som bruk av vanlige dioderør.

b) Kjøperiskop M24 for stridsvogn M48

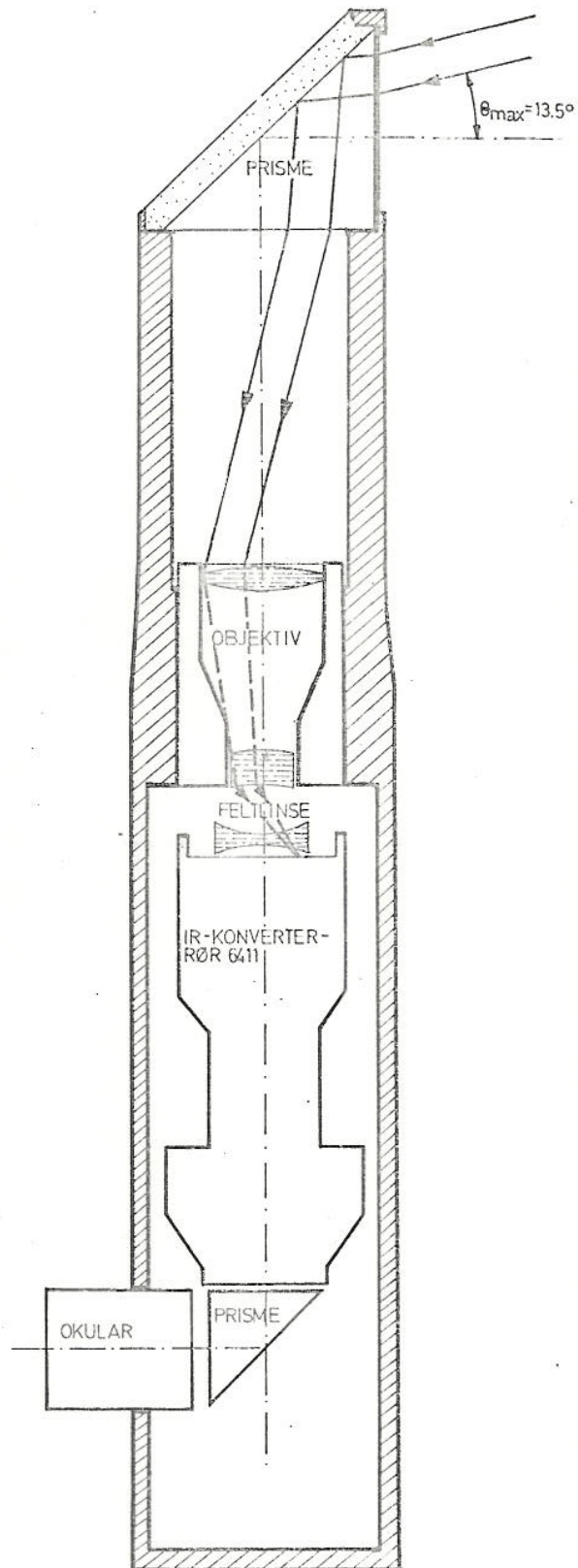
Dette periskopet har et maksimalt synsfelt på ca 27°. Figur 4.2 viser et snitt gjennom en optisk kanal i periskopet. Av denne figuren fremgår at instrumentets synsfelt begrenses av prismeåpningen, og ikke av fotokatodens diameter. Hvis man vil øke instrumentets synsfelt, må man legge objektivet høyere i instrumentet.

Det objektivet som eksisterer kan brukes. Det billedrøret som sitter i instrumentet er lenger enn aktuelle lysforsterkerør. Det vil derfor være nødvendig enten å føre bildet i en fiberoptikk-stay fra røret til nedre prismet, eller å flytte nedre prismet og okularet høyere opp i instrumentet. Spenningskilde til lysforsterkerørene må bygges og plasseres inni instrumentet. Den mekaniske festeranordningen i stridsvognen må forsterkes, da instrumentet slik det er, lett faller ut av festet.

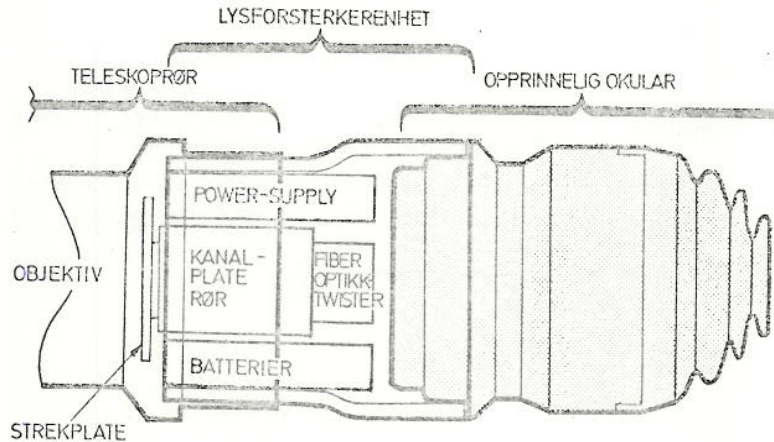
En alternativ løsning for ombygging av både NFP 18 og M24 er skifte av bare ene røret, slik at instrumentet kan brukes både aktivt og passivt. Det vil da være fordelaktig å skifte okularene til såkalte biokularer, hvor man ser på ett bilde med begge øynene.

c) Sikteteleskop M71K for M24

Dette teleskopet har 5 gangers forstørrelse, 35 mm objektivdiameter og 13 graders synsfelt. Det er godt egnet til å bygge inn et lysforsterkerør i okularet. Figur 4.3 viser hvordan en slik ombygging kan tenkes utført. Uten å gjøre modifikasjoner hverken på teleskoprøret eller okularet kan man plassere en lysforsterkerenhet mellom disse. Lysforsterkerenheten kan lages slik at den er enkel å sette inn og ta ut. Teleskopet kan da i dagslys brukes som vanlig. Når det blir mørkt, setter man på plass lysforsterkerenheten, og får derved et lysforsterkersikte. Ved å plassere frontplaten på røret i kontakt med teleskopets strekplate, kan man gjøre forandringen til lysforsterkersikte uten skifte av strekplate. Man unngår derfor de justeringsproblemer det ville ha medført. Et aktuelt lysforsterkerør er en 18 mm elektrostatisk fokusert kanalplaterør, som i store antall antagelig vil koste ca 7000 kroner. Den vil imidlertid snu bildet på hodet. Dette kan rettes opp igjen med en fiberoptisk



Figur 4.2 Snitt gjennom M24 infrarød-kjøleperiskop i skala 1:2



Figur 4.3 Forslag til innbygging av lysforsterkerør i M71K sikteteleskop

billedinverter (twister) som vil koste ca 1000 kroner. Denne kombinasjonen vil føre til at hele instrumentet blir ca 6 cm lengre enn det er. Synsfeltet vil reduseres til ca 6 grader.

Rekkevidden til instrumentet mot stridsvogner under vanskelige nattforhold ( $10^{-3}$  lux, 30% kontrast) og gunstig atmosfæretransmisjon (30 km sikt) kan estimeres ved hjelp av likning (2.2), til ca 750 m. Ved ca  $2 \cdot 10^{-3}$  lux øker rekkevidden til ca 1000 m.

d) Sikteteleskop M97 for M48.

Dette er sekundærsiktet i M48. Det har 8 ganger forstørrelse, ca 45 mm objektivdiameter og 7,5 graders synsfelt. Det kan bygges om til lysforsterkerinstrument på omtrent samme måte som M71K. Viktigste forskjellen på de to instrumentene er at strekplaten i M97 ikke sitter rett foran okularet, men i et mellomfokus langt framme i teleskoprøret. Det kan derfor kreve en del justeringer for å få plassert billedforsterkerørret foran okularet, slik at strekplatebildet fokuseres på inngangsflaten. Det vil derfor være gunstigere å bygge om dette teleskopet permanent til billedforsterkerinstrument. Da dette teleskopet er sekundærsikte i M48, er en slik løsning akseptabel. Rekkevidden vil være omtrent som for ombyggt M71K.

e) Sikteteriskop M20A1

Dette er primærsiktet på M48 og består av et periskop uten forstørrelse pluss et periskop med teleskop. Teleskopet har 6 gangers forstørrelse, ca 30 mm objektivdiameter og et synsfelt på 8 grader. Dette instrumentet har strekplaten plassert rett foran okularet. Det vil egne seg godt til en ombygging til lysforsterkerinstrument i likhet med M71K.

## 4.3.4 Beskrivelse av aktuelle ferdigkjøpte instrumenter

Følgende tabeller viser hovedparten av det som finnes på markedet av nattobservasjonsutstyr for stridsvogner. Under rubrikken "type" betyr forkortelsene: IR = infrarød-utstyr, LF = lysforsterkerutstyr. Forkortelsen MCP står for "Micro Channel Plate" som betegner kanalplate-rør. Prisene er uten toll og moms.

I Norge har følgende passive kjøpreperiskoper vært demonstrert og prøvd:

Elektro-Spezial EM 8005

AEG NFP 18P

Philips Usfa UA 9630

PPE Peregrine

FABRIKAT/BETEGNELSE (NASJON)	TYPE	RØR	KJØRETØY	FORSTØR- RELSE	SYNS- FELT	F-TALL	PRIS
ELEKTRO-SPEZIAL/EM8005 (V-TYSKLAND)	LF	PHILIPS XX 1080	LEOPARD o I	1 x	55°x40°	1,3	kr 62 500
AEG/NFP 18 (V-TYSKLAND)	IR	6914	LEOPARD o I	1 x	50°x45°	1,4	DM 10 540
AEG/NFP 18 P	LF	AEG B185	LEOPARD o I	1 x	50°x45°	1,4	DM 10 000- 13 000*
AEG/PNF P 10	LF	3-TRINN		1 x	50°x30°	1	
TRT (FRANKRIKE)	LF	PHILIPS XX 1080	AMX 10 AMX 30	0,9 x	50°	1,1	
SOPELEM (FRANKRIKE)	LF	THX 458	DIVERSE	0,9 x	50°	1,1	FF 38 000
SOPELEM/OB 16A	IR	6914	AMX 30	1 x	35°		
SOPELEM/OB 88	IR	6914	FRANSKE STRV	1 x	30°		
PHILIPS USFA/UA 9630 (NEDERLAND)	LF	PHILIPS XX 1080	DIVERSE	0,9 x	50°x40°	1,4	CA KR 50 000
BARR & STROUD/CU10-13	IR	6914		1 x	51°x34°	1,4	
NI-TEC/OMBYGD M24 (USA)	LF	25 mm MCP	M48				
PPE/PERGRINE (ENGLAND)	LF	50 mm MCP	DIVERSE	1 x	50°		£2550
PPE/L 3AI	LF	3-TRINN	DIVERSE	1,4 x	22°		
MEL (ENGLAND)	LF	PHILIPS XX 1080	CHIEFTAIN PV 430 SCORPION	1 x	50°x40°		

\* DETTE ER PRISEN FOR Å BYGGE OM EN NFP 18 TIL NFP 18P

Tabell 4.1 Oversikt over kjøpreperiskoper



FABRIKAT/BETEGNELSE (NASJON)	TYPE	RØR	KJØRETOY	FORSTØR- RELSE	SYNS- FELT	F-TALL	PRIS
VARO/9827 (USA)	LF		M41,M47,M48	3 x	15°	1,8	
VARO/9829	LF		M48				
VARO/9836	LF	25 mm, MCP	M48				
NI-TEC/M32, M36 (OMBYGD) (USA)	LF	25 mm, MCP	M48				
PPE/No 63 (ENGLAND)	LF	25 mm, 3 TR	SPARTAN	1,4 x	20°		
MEL (ENGLAND)	IR	6923	CHIEFTAIN o a	2,6 x	13°		
AEG/PNZF 4-8 (VEST TYSKLAND)	IR	6914	LEOPARD o l	4 x	8°		
ELEKTRO-SPEZIAL/BM8001 (V-TYSKLAND)	IR	6914	M47, M48 o a	4 x	20°		kr 42 000
ELEKTRO-SPEZIAL/BM8004	IR	6914	HOTCHKISS HS-30	4 x	7°	1,7	
SWAROVSKI	IR	6914		6 x	7°		kr 48 800
SOPELEM/OB 17A (FRANKRIKE)	IR	6914	AMX 30	5,4 x	7°		
SOPELEM/OB 23A	IR	6914	DIVERSE	4 x	9°		
SOPELEM/OB 11A	IR	6914	AMX 13	5 x	7°		
SOPELEM/OB 38	LF	25 mm, 3	AMX 10 o a	7 x	6°	1,6	FF 125 000

Tabell 4.2 Oversikt over sikteperiskoper

FABRIKAT/BETEGNELSE (NASJON)	TYPE	RØR	FORSTØR- RELSE	SYNS- FELT	F-TALL	VEKT (KG)	PRIS
ITT/4907 (USA)	LF	18 mm, MCP	1 x	40°	1,4	0,9	kr 110 000
AEG/IDF 34 (V-TYSKLAND)	IR		1 x	50°		0,85	
PPE/FALCON (ENGLAND)	LF	18 mm, MCP	1 x	50°		0,95	£4000
OUDE DELFT/PG1MS (NEDERLAND)	LF		1 x	45°	1,1		kr 29 600
TRT (FRANKRIKE)	LF	MCP	1 x	33°			

Tabell 4.3 Oversikt over kjørebriller

Alle de prøvde instrumentene har vist seg å være velegnete hjelpemidler ved kjøring i mørke.

#### 4.3.5 Alternative løsninger, deres yteevne og pris

En vil her først sette opp alternative instrumenter for de enkelte funksjoner i stridsvognene.

Videre vil en bruke disse instrumentene og sette sammen komplette løsninger for vognene. Pris og yteevne til de forskjellige komplette løsninger vil bli anslått.

##### a) Vognfører

- i) En enkel løsning er å plassere en umodifisert NFP 18 og infrarødt kjørellys på M24. M48's kjøreperiskop beholdes som det er. Man er da avhengig av bestandig å bruke infrarødt kjørellys. Dette vil bli sett av alle som bruker lysforsterkerutstyr og er derfor en lite gunstig løsning.
- ii) Ved å skifte rør i NFP18 og M24 kjøreperiskopene til enkle ett-trinns lysforsterkerdioder, kan instrumentene brukes til passiv kjøring ved lysnivåer ned til ca  $2 \cdot 10^{-3}$  lux. For lavere lysnivåer vil en svak lyskaster med et filter som tar vekk alt synlig lys, gi meget tilfredsstillende kjørellys. På denne måten får man et kombinert aktivt/passivt instrument. En slik ombygging vil kunne koste ca 6000 kroner pr instrument.
- iii) Ombygging av NFP18 og M24 ved innsetting av rør med høy nok forsterkning til å kunne brukes rent passivt. Et slikt instrument vil kunne ha en rekkevidde på ca 300 m ved  $10^{-3}$  lux og god atmosfæretransmisjon. En slik ombygging vil koste minst ca 20 000 kroner.
- iv) Halv ombygging av kjøreperiskopene, slik at ene øyenkanalen forblir intakt, mens andre kanalen får et lysforsterkerør. Da nytten av stereoskopisk syn ved bruk av kjøreperiskop er ubetydelig, kan en slik halv ombygging synes attraktiv. En ulempe er at føreren lettere utmattes ved bruk av kun ene øyet. Videre nedsettes yteevnen til systemet noe når man bruker kun ene øyet. Særlig med rør med lav forsterkning vil dette antakelig gi ganske dårlige resultater. Med et kanalplate-rør med høy forsterkning vil løsningen antakelig gi bedre resultater. Prisen vil da ligge på ca 10 000 kroner.
- v) Kjøp av nye passive kjøreperiskoper. Prisene ligger fra 35 000 kroner til 60 000 kroner for de mest aktuelle typene. Disse har vanligvis samme rekkevidde som løsning iii.

- vi) Kjøp eller utvikling av kjørebriller med kanalplatelysforsterkere. Dette er en løsning med gunstige sider, idet den muliggjør kjøring både med åpen og lukket luke, da kjørebrillene godt kan brukes gjennom et vanlig dagslys periskop. Kjørebrillene kan videre anvendes til en rekke andre formål enn bare kjøring. Rekkevidden for en slik kjørebrille gjennom et dagslyskeriskop vil antakelig være noe mindre enn for et spesiallaget lysforsterkerperiskop. Prisen på ferdige briller er høy (ITT-brillen koster 110 000 kroner). Den ventes å synke betraktelig i løpet av et par år.
- b) Skytter
    - i) Ombygging av teleskopene M71K og M97 til lysforsterkerteleskop. Prisen for dette vil være ca 10 000 kroner.
    - ii) Kjøp av sikteperiskop med lysforsterker. Anslått pris: 40 000 kroner.
    - iii) Kjøp av infrarød-sikteperiskop, anslagsvis pris 42 000 kroner. Infrarød lyskaster i tillegg er nødvendig.
  - c) Vognkommandør
    - i) Kjøp av lysforsterkerperiskop. Pris ca 40 000 kroner.
    - ii) Kjøp av lysforsterker kjørebrille. Pris ca 100 000 kroner.
    - iii) For M24: Ingen utrustning. Vognkommandør overtar skytters plass og nattsikteutrustning ved mørke.
  - d) Andre instrumenter som må diskuteres
    - i) Laser avstandsmåler.
    - ii) Varmepeler. Pris ca 40 000 kroner i dag.
    - iii) Lyskaster. Pris ca 30 000 kroner.

Med de instrumentene som er nevnt kan man sette sammen alternative totalløsninger for stridsvognene.

Da M24-vognen trenger en god avstandsmåler, synes en laser avstandsmåler å være helt nødvendig for denne vognen. Behovet for laser avstandsmåler for M48 er ikke så stort. For dagslysoperasjon har vognen en optisk avstandsmåler. Med den relativt korte sikteavstanden man oppnår i mørke med lysforsterkerutstyr eller infrarød-sikter og den flate kulebanen man kan oppnå, er avstandsinformasjon ikke så kritisk som for M24.

Bortsett fra behovet for laser avstandsmåler kan alternative løsninger for de to vognenes observasjonsutstyr diskuteres i ett.

Nevnte varmepeler er et instrument for termisk deteksjon av stridsvogner og andre kjøretøyer. Den er utviklet ved SRDE i England, og produseres

av MEL. Instrumentet er primært beregnet for strid i mørke. Det har en maksimal rekkevidde mot stridsvogner på omlag 1200 m. Forsøk med varmepeileren er utført ved FFI (4). Dette instrumentet vil være mest aktuelt når man anvender en aktiv infrarød løsning for observasjon og skyting, for å gi en mulighet for passiv deteksjon. Da er også infrarød-lyskaster nødvendig. Hvis man satser på passiv observasjon og skyting, er i alle fall lyskasteren av liten verdi. Varmepeilerinstrumentet blir også mindre aktuelt på tross av at det ved særlig lave lysnivåer har større deteksjonsavstand enn et lysforsterkerinstrument. Før ildgivning må et mål identifiseres i observasjonsinstrumentet, noe man ikke kan klare med varmepeilerinstrumentet. Muligheten for falske alarmer fra varmepeileren vil ofte også være til stede.

Hovedalternativene synes derfor å bli:

Alternativ 1: Aktiv kjøring og skyting

Nødvendige anskaffelser:

NFP 18/M24 kjøreperiskop	-
Lyskaster (AEG BSW 301)	kr 30 000
Varmepeiler (MEL)	" 40 000
Infrarød-sikteteleskop: (Elektro-Spezial BM 8001)	" <u>42 000</u>
Sum	<u>kr 112 000</u>

For å kunne bruke dette alternativet er det nødvendig at både lyskaster, varmepeiler og infrarød-sikte anskaffes samtidig.

Alternativ 2: Passiv kjøring, aktiv skyting

Nødvendige anskaffelser:

Ombygging av NFP 18 til lysforsterkerversjon	kr 6 000
Lyskaster	" 30 000
Varmepeiler	" 40 000
Infrarød-sikteperiskop	" <u>42 000</u>
Sum	<u>kr 118 000</u>

Hvis man allerede har foretatt anskaffelsene til alternativ 1, trengs det bare utgifter til kjøpereperiskopet, 6000 kroner, for å komme til alternativ 2.

Alternativ 3: Passiv kjøring, passiv skyting

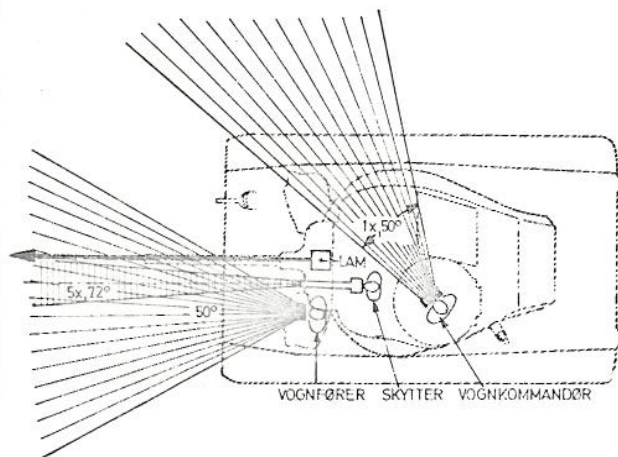
Nødvendige utgifter:

Ombygd NFP 18 til passiv versjon	kr 6 000
Ombygging av sikteteleskop M71K eller M97 til lysforsterkerinstrument	" 10 000
Sum	<u>kr 16 000</u>

Hvis man allerede tidligere har gjort de nødvendige anskaffelser under alternativ 2, kommer man til alternativ 3 ved en ekstra utgift på ca 10 000 kroner pr vogn, ved innsetting av lysforsterkerøyr i sikteteleskopene.

Alternativ 4: Passiv kjøring, skyting og observasjon

Figur 4.4 viser en oversiktsskisse av M24 med denne løsningen.



Figur 4.4 Stridsvogn M24 med passivt observasjonsutstyr

## Nødvendige utgifter:

Passivt observasjonsperiskop, ca kr	40 000
Sikteteleskop, ombygd M71K eller M97	" 10 000
Ombygd kjøreperiskop NFP 18	" 6 000
Sum	<u>kr 56 000</u>

Hvis man allerede har anskaffet alternativ 3, kommer man til alternativ 4 ved å anskaffe et observasjonsperiskop i tillegg.

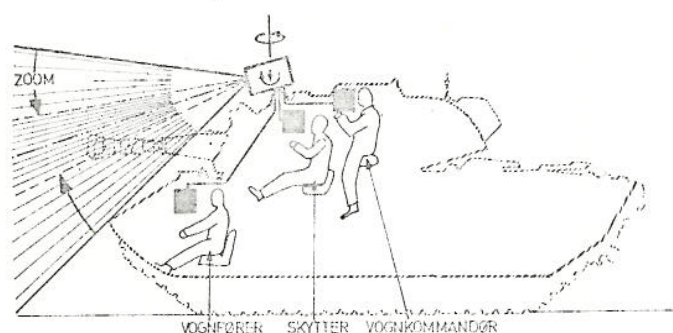
## Alternativ 5: Bruk av lysforsterkende kjørebrille

En slik kjørebrille kan brukes gjennom et vanlig dagslyssperiskop, eller direkte, med åpen luke. Det kan ikke brukes gjennom et teleskop. Ett par briller vil kunne deles mellom vognførere og vognkommandør, slik at man kan utføre passiv kjøring og observasjon. Man kan da ikke gjøre begge deler samtidig. For passiv sikting trengs i tillegg et lysforsterkerteleskop. Prisen på et par gode lysforsterkerbriller er i dag oppgitt til ca 100 000 kroner, som ikke er noen realistisk pris, da utstyret ikke er i serieproduksjon. Totalprisen for denne løsningen er derfor vanskelig å estimere.

## Alternativ 6: Bruk av lavlysnivå TV og flere monitorer

Med ett TV-kamera og monitorer for både vognførere, skytter og kommandør kan alle ønskede observasjonsfunksjoner gjøres passivt med ett instrument. En skisse av denne løsningen vises i figur 4.5. Prisen på utstyr som finnes i dag og kan kjøpes er fra 120 000 kroner og oppover. Basert på noe enklere komponenter enn det som vanligvis brukes, bør et betydelig rimeligere sett kunne utvikles og produseres, anslagsvis for ca 50 000 kroner.

Av operasjonelle grunner er det antakelig gunstigere å utstyre vognførere med et eget passivt kjøreperiskop, og bruke TV for vognkommandør og skytter. Konseptet med lavlysnivå TV bør utredes nærmere.



Figur 4.5 Stridsvogn M48 med lavlysnivå TV-utstyr

## 5 NATTKIKKERT UTVIKLING

### 5.1 Grunnleggende krav til tekniske spesifikasjoner og anvendelsesområder for nattekikere

Det eksisterer en rekke forskjellige lysforsterkerkikere på markedet, med forskjellige egenskaper. Man ønsker for Hæren spesielt to forskjellige typer kikere: en med meget lav vekt for mindre krevende oppgaver med rekkevidde ut til ca 500 m, og en med spesielt god rekkevidde (ca 3000 m). Den minste utgaven bør kunne monteres på et håndvåpen som nattsikte, og er tenkt som en del av en infanterists utrustning. Den største kikkerten vil mer være et observasjonsinstrument. Man ønsker imidlertid at den skal være bærbar. Ved lave lysnivåer vil rekkevidden først og fremst være avhengig av objektivet's aperturediameter, ved siden av lysforsterkerørets egenskaper. Følgende regneeksempel vil vise hva aperturediameteren kan bety. Vi bruker likningen for fotonstøybegrenset oppløsning, likning (2.2).

Vi antar:

- 1) Fotonstøybegrenset system
- 2) Målstørrelse: 0,5 m (tilsvarer en mann)
- 3) Signal/støyforhold: 4
- 4) Integrasjonstid: 0,2 sek
- 5) Fotokatodefølsomhet: 300  $\mu\text{A}/\text{lm}$

- 6) Kontrast: 30%
- 7) Atmosfæredempning: 0
- 8) Lysnivå:  $10^{-3}$  lux

På 1000 meters hold kreves da en aperturediameter på 10 cm for å detektere målet. På 3000 meter trengs en 30 cm aperture. I praksis vil sannsynligheten være stor for at atmosfærens dempning kommer inn som begrensende faktor ved 3000 m avstand. Man bør derfor vurdere en reduksjon av kravet om 3000 m rekkevidde. For et kanalplaterør vil støyen være høyere enn fotonstøyen. Det betyr at 10 og 30 cm aperturer gir noe lavere rekkevidder enn henholdsvis 1000 og 3000 m under de skisserte forhold. For et ordinært 3-trinns rør vil teoretisk maksimal rekkevidde tilsvare fotonstøygrensen.

Vi kan ut fra dette diskutere nødvendige spesifikasjoner for en lysforsterkerkikkert med gitte krav. Hvis vi f.eks. ønsker et relativt lett instrument, som skal kunne håndholdes, og ha en rekkevidde på 500 m for deteksjon av en mann ved  $10^{-3}$  lux, 30% kontrast og null atmosfæredempning, og med 3,5 x forstørrelse og  $8,5^{\circ}$  synsfelt, vil følgende komponenter kunne brukes:

Lysforsterker:	Kanalplaterør med 25 mm fotokatode
Objektiv:	$f = 180$ mm
	$F_{no} = 1,8$
Okular:	Forstørrelse: 5 x

Vekten av et slikt instrument vil anslagsvis ligge på 2 - 3 kg, og prisen vil antakelig kunne settes til ca 20 000 kroner.

En har i løpet av studien satt sammen en lysforsterkerkikkert med kanalplaterør og et objektiv med  $f = 300$  mm,  $F/2,8$  og en forstørrelse på 10 x. De forsøkene en har gjort med dette instrumentet tyder på at ytelsen ikke avviker vesentlig fra det man teoretisk kan vente.

## 5.2 Priser og egenskaper til utstyr på markedet

I følgende tabell er vist hovedparten av de lysforsterkerkikkerter som finnes på markedet. Her er bare tatt med passive lysforsterkerinstru-



FABRIKAT, NASJON BETEGNELSE	RØRTYPE	OBJEKTIV			FORSTØR- RELSE	SYNS- FELT	VEKT (kg)	PRIS
		f (mm)	F-nr	T-nr				
VARO, USA								
HYPERMINISCOPE 9821	18 mm, 3 trinn	95		1,8	4 x	10°	1,7	
HYPERMINISCOPE 9821E	18 mm, 3 trinn	155		1,8	6 x	6,7°	3,2	
2.GEN STARLIGHT SCOPE	25 mm MCP	95		1,6	3,7 x	14,5°	1,5	\$ 12 650
2.GEN CREWSERVED STARLIGHTSCOPE	25 mm MCP	158		1,6	6,2 x	9°	3	\$ 13 320
NOD	40 mm, 3 trinn	255	1,23	1,7	7 x	9°	18	
NITESCOPE	18 mm, 3 trinn	100		1,8	4 x	10°	1,9	
NOCTRON IV	18 mm, 3 trinn	75	1,9		3,5 x	13,7°	1,2	
NI-TEC, USA								
STARLIGHTSCOPE	25 mm MCP	95		1,7	3 x	15°	1,5	\$ 9500
CREWSERVED WEAPONSIGHT	25 mm MCP	150		1,7	5 x	9°	5	\$ 12 000
NVS 500 W	25 mm MCP	125	2,3		3,3 x	11,5°	2,5	\$ 4700
NVS 040	25 mm MCP	130	1,05		7,8 x	11°	3,4	kr 95 000
ITT, USA								
4909-75	18 mm MCP	75	1,5	1,6	2,8 x	14°	0,8	
4909-75C	18 mm MCP	75	1,3	1,8	4,1 x	14°	0,75	
NVS, USA								
SUPER NOD	40 mm, 3 trinn	600	1,8	2,5	16,4 x	3,8°	37	\$ 22 000
E O SYSTEMS, USA								
MINISCOPE	18 mm, 3 trinn	100	0,77		5 x	10°	1,8	kr 30 000
STARLIGHTSCOPE	25 mm, 3 trinn	135	1,7	2,4	3x-5x	10°	2,7	
NOD	40 mm, 3 trinn	255	1,23	1,7	6 x	9°	16,8	
CREWSERVED WEAPONSIGHT	25 mm, 3 trinn	235			5 x	6°	7,7	
JAVELIN, USA								
220, 221	18 mm, 3 trinn							
222	18 mm, MCP							
226	40 mm, 3 trinn							
MERCURY, USA								
MARK I	18 mm, 3 trinn	75	1,3		(med IR-kilde)	14°	1,5	\$ 3600
MARK II	18 mm, 3 trinn	75	1,3			14°	1	\$ 2275
MARK III	18 mm, 3 trinn	75	1,3		(gated vision)	14°	3	\$ 7850
AEROMARITIME, USA								
UNISCOPE	25 mm MCP	97- 955	1,65- 4,17	1,7- 4,6		1,5- 14,7°		\$ 12 000 - \$ 20 000
ICW								
MININIGHT VIEWER 4001	18 mm, 3 trinn	75	1,8		3,5 x	13,7°	1,9	
MIDI-NIGHTSIGHT 106	25 mm	75	1,4		3,5 x	13,7°		

Tabell 5.1 forts

AEG, V-TYSKLAND								
BN 21	18 mm, 2 trinn	101	1,4		4,5 x	11°	2,2	kr 37 000
BN 21S	18 mm, 2 trinn	150	1,2		7,5 x	6,5°	4	kr 51 300
BZ 2S	18 mm, 2 trinn				5,2 x	10°	2,7	kr 48 000
BZ 2S								
PHILIPS USFA, NEDERLAND								
UA 1220	50 mm, 1 trinn	85; 120	1,5; 1,9				2,3	ca kr 20 000
OUDE DELFT, NEDERLAND								
PB 40S	18 mm, 2 trinn	95	1,3		4 x	10°	1,9	kr 32 200
HV 10 x 200 AT	18 mm, 3 trinn	190	1,0		9 x	5°	8,5	
HV 7 x 200 AT	18 mm, 3 trinn	135			7 x	7°	12,8	kr 55 400
5 x 00 AT	16 mm, 3 trinn	100	0,77		5 x	10°	1,8	kr 30 000
ELTRO, V-TYSKLAND								
PH4 - ML - 2	38 mm 2 trinn (zoom)	90	1,4		3x - 4,5 x	13° - 8,5°	3,2	kr 31 000
NYX 2002	38 mm, 1 trinn (zoom)	75; 90; 135	1,0; 1,4; 1,5		2 x - 5,7 x	8,5° - 15,5°	2,4 - 4,8	
PZ 1a	3 trinn				6 x	6° - 8°	2	
ZEISS-ELTRO								
ORION 80	18 mm, 3 trinn	120	1,65		4 x	8°	1,8	DM 13410
ORION 110	18 mm, 3 trinn	160	1,8		6 x	6°	2,4	DM 13630
ELEKTROSPEZIAL V-TYSKLAND								
BM 8013	2 trinn		1,9		4x-7x	8,5°-5°	2	
BM 8014	2 trinn		2,4		8x- 12x	7,5°- 5,5°	3	
BM 8015	2 trinn		1,3		8x- 12x	7,5°- 5,5°	8	
PPE, ENGLAND								
TRILITE	25 mm, 3 trinn	100			2,5 x	13°	3	£ 1600
HAWKLITE	25 mm, 3 trinn	130			5 x	10°	7,3	£ 2500
LOLITE	25 mm, 3 trinn	60			1,4 x	22°	3,4	£ 1600
NIMTAN	25 mm, 3 trinn	65			1,7 x	20°	7,4	£ 1700
SPARTAN	25 mm, 3 trinn				1,7 x	22°	4,5	
KESTREL	18 mm, MCP	95			4 x	10°	1,8	
NOD	40 mm, 3 trinn	310			5 x	7,2°	28	£ 4650
RANK, ENGLAND								
SS 20	25 mm, 3 trinn	130			3,75 x	10°	2,8	£ 1567
SS 30	25 mm, 3 trinn	195			5,7 x	6°	8,3	£ 2436
SS 32	25 mm, 3 trinn				5 x		10	£ 3241
SOPELEM, FRANKRIKE								
OB 25	25 mm, 3 trinn	130	1,6		4 x	11°	2,9	FF 43 000
VN-6	25 mm, 3 trinn	210	1	1,3	6 x	7°	12	FF 50 000

Tabell 5.1 Oversikt over lysforsterkerkikkerter

menter, med S 20 eller S 25 fotokatoder, ingen infrarød-instrumenter med S1 katoder. De fleste av instrumentene på listen er usiktede for anskaffelse og bruk av Hæren. Det er ikke her gjort forsøk på å finne ut hvilke som eventuelt kunne være brukbare.

## 6 UTVIKLING VED PFI AV NATTOBSERVASJONSUTSTYR FOR HÆREN

### 6.1 Oversikt over problemet

En har ovenfor gjennomgått forskjellige typer nattobservasjonsutstyr for Hæren. Med Østli-utvalgets anbefalinger som referanse har en funnet det fordelaktig av både tekniske og økonomiske årsaker å foreslå en revurdering av en del av planene. En bør legge vekt på rent passivt observasjonsutstyr, eventuelt lavlysnivå TV, for stridsvognene. Videre bør en vurdere å redusere kravet om et passivt observasjonsinstrument med rekkevidde 3000 meter ved nattforhold. Når det gjelder gjennomføring av anskaffelsene av nattobservasjonsutstyr, taler en rekke grunner for å vurdere innenlandsk utvikling og produksjon av mye av utstyret.

Det synes mulig å kunne konkurrere med eksisterende utstyr på markedet, både i pris og ytelse. En får mulighet til å tilpasse utstyr nøyaktig til allerede eksisterende materiell, som f.eks. de stridsvognene en har. Videre kan en rekke komponenter standardiseres i det nattobservasjonsutstyret som anskaffes (optikk, billedrør, elektronikk). Dette gjør vedlikehold av utstyret rimeligere og raskere enn om man brukte en rekke forskjellige komponenter. Da Forsvaret vil få store utgifter til nattobservasjonsutstyr i tiden som kommer, vil et innenlands utviklingsprosjekt gi kunnskaper som vil være nyttige også ved eventuelle kjøp av utenlandsk utstyr.

De mest aktuelle instrumenter å vurdere en utvikling av er:

- a) Ombygging av AUG NFP 18 til passiv versjon
- b) Innebygging av lysforsterkerør i sikteteleskopene i stridsvognene M24 og M48.
- c) Enkelt lavlysnivå TV-utstyr for bruk på stridsvogner

- d) Kortholds lysforsterkerkikkert for Infanteriet
- e) Observasjonsinstrument for Infanteriet for lange rekkevidder i mørke

## 6.2 Skisse av utviklingsprosjektet

Det vil være naturlig å dele opp en instrumentutvikling i tre faser:

Først en fase med grunnleggende prøver av forskjellige typer instrumenter og komponenter for å fastlegge hvilke typer instrumenter som kan utvikles. Fase to vil bestå av utvikling og utforming av prototyper, og siste fase vil være nødvendig forberedelse og videreutvikling for industriell produksjon av instrumentene.

Fase I vil først og fremst bestå av feltforsøk og laboratorie-evalueringer av en rekke forskjellige instrumenttyper som på forhånd ser aktuelle ut å satse på. Disse kan være både laboratiemodeller bygget opp spesielt for forsøkene og ferdige innkjøpte eller lånte instrumenter. Målinger av nattlysnivået på forskjellige steder i landet bør også utføres under denne fasen. Ut fra resultater av målingene i fase I, kan man for det første formulere realistiske krav til de instrumentene som skal utvikles og anskaffes, og man vil kunne beregne nødvendige tekniske spesifikasjoner (synsfelt, forstørrelse, lysforsterkning, objektivdiameter etc). En kan deretter starte med fase II, utvikling av prototyper av de instrumentene som man regner med å kunne produsere industrielt.

Ved utvikling av prototyper vil man konstruere objektiver som er godt tilpasset oppgaven. Endelig valg av billedrør må gjøres, og egnede batterier og høyspenningskilder må velges. Mekanisk utforming og materialvalg må foretas, slik at sluttproduktet blir funksjonelt og tilfredsstillende brukskrav og miljøkrav. En må her ha klart for seg nødvendigheten av å gjøre et kompromiss mellom lav pris og vekt og høy oppløsningsevne og rekkevidde.

Man vil ikke kunne foreta noen skarp avgrensning i tid mellom fase II og fase III. Det forutsettes at produksjon av instrumentene vil gjøres ved en norsk industribedrift, og at FFI vil følge opp forberedelsene til produksjon ved bedriften.

### 6.3 Økonomioverslag

En vil her sette opp både hvor mye som ventes brukt til nattobservasjonsutstyr for Haren i årene som kommer, og hva som trengs for å utføre det foreslåtte utviklingsprosjekt.

Til observasjonsutstyr og avstandsmåler i prosjektet for ombygd stridsvogn M24 er et beløp på ca 190 000 kroner satt opp. I prosjekt 1001 er Harens øvrige utgifter til observasjons- og overvåkningsutstyr anslått til ca 45 mill kroner. Her inngår også midler til stridsvogn M48. I tidsrammen for anskaffelsene fremgår at ca 20 mill kroner planlegges brukt innen 1979, de resterende midlene skal brukes senere. Størsteparten av de instrumentene som inngår i disse planene er utstyr som her foreslås utviklet og produsert innenlands.

Et foreløpig overslag over de nødvendige utviklingsomkostninger beregnet etter FFIs vanlige satser gir en samlet sum på ca 6 mill kroner for samtlige instrumenter.

En detaljert omkostningsplan for prosjektet vil eventuelt bli utarbeidet.

En tidsramme på ca 3 år for hele prosjektet vil være nødvendig. Imidlertid vil produksjonen av en del av de planlagte instrumentene kunne starte før dette. En eventuell ombygging av infrarød-kjøperiskop til passiv versjon bør kunne starte i løpet av kort tid. Innbygging av lysforsterker i stridsvognenes sikteteleskoper, og produksjon av en kortholds lysforsterkerkikkert ventes også kunne komme i gang etter 1 - 2 år. Lengst tid vil man trenge for arbeide med lavlysnivå TV og med observasjonsinstrument med lang rekkevidde. I forbindelse med sistnevnte instrument bør man i løpet av fase I vurdere lysforsterkerutstyr mot termisk avbildende utstyr.

OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Denne forstudien har hatt en varighet av 3 måneder og i alt vesentlig vært utført av en forsker. Det har derfor ikke vært mulig å gå så nøye inn på alle de forhold som kunne være ønskelige.

En svært viktig faktor som man kjenner dårlig, er fordelingen av ulike lysnivåer og atmosfæretransmisjoner på forskjellige steder i Norge. På grunn av det lyse sommerhalvåret, og at man stort sett har snødekket mark i vinterhalvåret, vil sannsynligheten for lave lysnivåer være mindre enn i Mellom-Europa. (Hvis man ser bort fra forekomsten av kunstige lyskilder.) Målinger av atmosfæretransmisjonen i Meppen (Vest-Tyskland) i 1967-68 (5) og Kjeller (Norge) i 1972 (6) kan tyde på at sannsynligheten for dårlig transmisjon er mindre på Kjeller enn i Meppen.

Bakgrunnen for denne studien ble skissert i innledningen i kapittel 1.

En detaljert beskrivelse av forskjellige typer lysforsterkerør er gitt i kapittel 2. Her går man også gjennom de viktigste begrensningene i et lysforsterkersystem. For høye lysnivåer vil et systems oppløsningsevne hovedsakelig avgjøres av geometrisk oppløsningsevne til objektiv, lysforsterkerør eller øye. Ved lave lysnivåer og høy forsterkning vil et godt rør kun begrenses av fotonstøy. Ved lave lysnivåer og lav forsterkning vil øyets evne til å skjelne små objekter med lav kontrast mot bakgrunnen være begrensende faktor. Under alle forhold kan man risikere at atmosfærens transmisjon er så lav at den begrenser systemets rekkevidde.

Noen tilsvarende detaljert drøfting av lavlysnivå TV har man ikke foretatt. I kapittel 3 har man presentert og kommentert de mest aktuelle av dagens TV-kamerarør. De viktigste momenter ved en sammenlikning mellom TV-systemer og direkte lysforsterkersystemer er også tatt med her. En del av disse momentene tilsier at lavlysnivå TV er fordelaktig framfor lysforsterkere for skytter og vognkommandør på stridsvogner.

I kapittel 4 er det gitt en detaljert oversikt over observasjons- og sikteutstyret i stridsvognene M24, M43 og Leopard. Av disse er strids-

vogn M24 og M48 mest aktuelle for innføring av nytt utstyr eller modifisering av gammel utrustning.

De eksisterende observasjonsinstrumenter som kan være aktuelle å modifisere til lysforsterkerutstyr er drøftet. Særlig viktig her er infrarød-kjøpoperiskopet AEG NFP 18 til stridsvogn Leopard, som er anskaffet i så stort antall til denne vogntypen, at også stridsvogn M24 og M48 kan få hvert sitt. Sikteteleskopene på stridsvogn M24 og M48 er også aktuelle å bygge om til lysforsterkerinstrumenter. I dette kapitlet er også gitt en bred oversikt over observasjonsutstyr for stridsvogner som tilbys på markedet, med priser og spesifikasjoner. Til slutt i kapitlet er satt opp seks forskjellige alternative totalløsninger for nattvisjonsutstyr til stridsvogn M24 og M48, med prisoverslag for alle løsningene.

Kapittel 5 omhandler lysforsterker-kikkerter for Hæren. Et ønske fra brukerne, i dette tilfellet infanteriet, er to typer kikkerter: en enkel og lett utgave med relativt kort rekkevidde (ca 500 m), og en større utgave med rekkevidde under nattforhold på opp til 3000 m. Rekkevidder på 3000 m krever urimelig store objektivdiametre, og det bør vurderes om kravet kan reduseres noe. I samme kapitlet er gjennomgått nødvendige mål og spesifikasjoner på en lett lysforsterkerkikkert med rekkevidder for å se en mann på 500 m ved  $10^{-3}$  lux og 30% kontrast. Priser og egenskaper til lysforsterkerkikkerter på markedet blir også presentert.

I kapittel 6 er satt opp en plan for et utviklingsprosjekt ved FFI av nattobservasjonsutstyr for Hæren. Et slikt prosjekt bør bestå av tre faser - en for evaluering forskjellige typer utstyr som kan være aktuelle å utvikle, en for ferdigutvikling av prototyper og en for industriell ferdigutvikling. De typene utstyr som er aktuelle å vurdere er:

- a) Ombygging av AEG NFP 18 til en passiv versjon
- b) Innbygging av lysforsterkerør i sikteteleskop M 71 K i stridsvogn M24 og M97 i stridsvogn M24.
- c) Utvikling av et billig lavlysnivå TV-system for bruk på stridsvognene (og evt andre steder)
- d) Utvikling av lysforsterkende kikkerter for kort hold

## e) Utvikling av observasjonsinstrument for langt hold i mørke

Forutsatt at man finner det gunstig å utvikle alle disse instrumentene, antas totale utviklingsomkostninger å bli ca 6 mill kroner, og nødvendig tid for hele prosjektet være ca 3 år.

De konklusjonene denne rapporten trekker er åpne, d v s at en del forskjellige alternativer framsettes som likeverdige. De endelige konklusjoner bør trekkes sammen med representanter for brukerne og fra HFK.

Litteratur

- (1) Østli, K et al - Innstilling fra arbeidsgruppen for forbedring av Hærens stridsevne i mørke og under vanskelige observasjonsforhold, (Østli-utvalget), Oslo, november (1972)
- (2) Coltman, J W - J Opt Soc Am 44, 234 (1954)
- (3) Richards, E A - Infrared Physics 8, 101 (1968)
- (4) Eriksen, E - Forsøk med varmepeiler, Teknisk notat VM-90, Forsvarets forskningsinstitutt (1973)
- (5) Bal, A J B C  
J D P Dijk - Transmission of the atmosphere for visible light at Meppen (Germany), October 1967 - October 1968, Report Ph L 1970-8, RVO-TNO, Nederland (1970)
- (6) Nordbryhn, A  
P A Stokseth - Transmission measurements with a HeNe laser - Preliminary report, Teknisk notat E-478, Forsvarets forskningsinstitutt (1972)