

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

FFIE

Intern rapport E-259

Referanse: 305/115

Dato: Juni 1976

AVGRADERT

Dato: 11.11.09 Sign.: SE.

**STRID I MØRKE – LYSFORSTERKERUTSTYR**  
Sluttrapport for FFI-jobb 305

av

A Nordbryhn

Godkjent

Kjeller 10 juni 1976



B Landmark  
Forskningsjef

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 – 2007 Kjeller  
Norge

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

FFIE

Intern rapport E-259

Referanse: 305/115

Dato: Juni 1976

**STRID I MØRKE – LYSFORSTERKERUTSTYR**  
Sluttrapport for FFI-jobb 305

av

A Nordbryhn

Godkjent

Kjeller 10 juni 1976



B Landmark

Forskningsjef

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 – 2007 Kjeller  
Norge

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen



## INNHALDSFORTEGNELSE

		Side
1	<b>INNLEDNING</b>	5
2	<b>HÆRENS BEHOV FOR NATTOBSERVASJONSUTSTYR</b>	5
2.1	Oppløsningsevne, deteksjon, gjenkjennelse og identifikasjon	6
2.2	Stridsvognutstyr	6
2.3	Bærbare observasjonsinstrumenter	8
3	<b>TEKNOLOGI FOR OBSERVASJON I MØRKE</b>	9
3.1	Lysnivåer i Norge	9
3.2	Lysforsterkerutstyr	11
3.3	Lyssterk optikk	13
3.3.1	Fokallengdens betydning	13
3.3.2	Objektivlinsens lysstyrke	13
3.3.3	Oppløsningsevne	13
3.3.4	Konstruksjon av lyssterkt objektiv	13
3.4	Ladningskoblede komponenter (CCD)	14
3.4.1	Beskrivelse	15
3.4.2	Anvendelser av ladningskoblede billedsensorer	17
3.5	Termisk avbildning	17
3.5.1	Grunnleggende betraktninger	17
3.5.2	Termisk avbildningsinstrument for observasjon over lange hold	18
4	<b>PRØVER OG RESULTATER</b>	19
4.1	Laboratoriemålinger	20
4.1.1	Kvalitetskontroll	20
4.1.2	Måling av modellparametre	21
4.2	Modell for yteevne av lysforsterkerutstyr	21
4.3	Prøver med ferdige instrumenter	23
4.3.1	Nattkjøreperiskoper for stridsvogner	23
4.3.2	Kjørebriller	23
4.3.3	Lysforsterkersikter for stridsvogn	24
4.3.4	Lysforsterkerkikkerter	24
4.3.5	Lavlys TV	28
4.3.6	Termisk observasjonsinstrument	28
5	<b>FORSLAG TIL OBSERVASJONSUTSTYR FOR HÆREN</b>	29
5.1	Passivt kjøreperiskop for stridsvogner	29
5.2	Passivt nattsikte for stridsvogner	30
5.3	Passivt observasjonsinstrument for stridsvogner	30
5.4	Lett bærbar lysforsterkerkikkert	31
5.5	Observasjonsinstrument for lange hold	31

	Side	
<b>6</b>	<b>FORSLAG TIL ARBEID MED PROSJEKTENE VIDERE</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>OPPSUMMERING</b>	<b>34</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>34</b>
		34
		35
		36
		37
		38
		39
		40
		41
		42
		43
		44
		45
		46
		47
		48
		49
		50
		51
		52
		53
		54
		55
		56
		57
		58
		59
		60
		61
		62
		63
		64
		65
		66
		67
		68
		69
		70
		71
		72
		73
		74
		75
		76
		77
		78
		79
		80
		81
		82
		83
		84
		85
		86
		87
		88
		89
		90
		91
		92
		93
		94
		95
		96
		97
		98
		99
		100

## STRID I MØRKE – LYSFORSTERKERUTSTYR

### Sluttrapport for FFI-jobb 305

#### SUMMARY

The purpose of the NDRE job 305 has been to explore and clarify the problems of night vision equipment for the Norwegian Army. This report describes the problems, and the work done to solve them. The major requirements for night vision equipment for the Army are described, and important technologies are discussed. A description of trials with different types of equipment is given, together with a summary of the measuring results. Finally, recommendations are given on night vision equipment for operational use by the Army, and a plan for a developmental project at NDRE for specified instruments is sketched.

*(Combat in the dark – image intensifiers. Final report for NDRE job 305.)*

## 1 INNLEDNING

Forsvarets forskningsinstitutt's arbeid med nattobservasjonsutstyr for Hæren startet våren 1974 med en kort forstudie. Hensikten med forstudien var å tilrettelegge en eventuell jobb ved FFI innen dette feltet. I sluttrapporten (1) skisserte man en plan for arbeidet. Man foreslo å dele opp programmet i tre adskilte faser. Under fase I skulle hele problemkomplekset med nattobservasjonsutstyr for Hæren kartlegges og klarlegges. Konklusjonen fra denne fasen var forutsatt å inneholde anbefalinger om hvilke typer instrumenter Hæren burde velge for sine ulike oppgaver. Videre skulle man peke på hva man anså som gunstigste anskaffelsesmåte. (Egen utvikling eller kjøp av eksisterende utstyr.) Planen beskrev videre en fase II i arbeidet ved FFI, med utvikling av prototyper av enkelte av de anbefalte instrumentkonsepter. En fase III i arbeidet var forutsatt å bestå av videre utforming og industriell tilpasning av instrumentene med sikte på produksjon av større antall.

Fase I av dette programmet er nå gjennomført (FFI-jobb 305: Strid i mørke – lysforsterkerutstyr). Denne rapporten inneholder en oppsummering av arbeider som er gjort, og en presentasjon av resulterende anbefalinger og forslag. Kap 2 inneholder beskrivelse av de ulike problemer innen Hærens natt-stridsteknikk som var forutsatt kartlagt. I kap 3 er det kort gått gjennom komponenter og teknikker som er viktige for de instrumentene som vil bli anbefalt. En presentasjon av resultatene fra beregning av lysnivåer i Norge (2) er også tatt med. De viktigste prøvene og målingene som er gjort under jobben er beskrevet i kap 4. I kap 5 er forslag til løsninger av Hærens ulike behov for nattobservasjonsutstyr presentert. To av forslagene er mer utførlig behandlet i egne tekniske notater (3,4). En plan for realisering av programmet er skissert i kap 6. Kap 7 er en oppsummering av hele rapporten.

## 2 HÆRENS BEHOV FOR NATTOBSERVASJONSUTSTYR

Hærens behov for observasjonsutstyr er utredet av et utvalg (Østli-utvalget) som leverte sin innstilling (5) høsten 1972. Dette arbeidet ble fulgt opp av "Prosjekt 1001 – observasjonsutstyr", for å iverksette de anbefalinger som ble gjort.

Behovet for elektro-optisk nattobservasjonsutstyr for Hæren er delt i to grupper: Utstyr for stridsvogner og andre pansrede kjøretøyer, og bærbare observasjonsinstrumenter. I dette kapittel vil kravene som bør stilles til disse instrumentene bli gjennomgått, etter at noen grunnleggende begreper er definert.

## 2.1 Oppløsningsevne, deteksjon, gjenkjennelse og identifikasjon

Det er nødvendig å kjenne en sammenheng mellom målt oppløsningsevne for et instrument, og forventet yteevne til instrumentet for realistiske oppgaver. Med oppløsningsevne menes her maksimal stripefrekvens som kan skjelnes med et instrument, ved betraktning av svart/hvite eller grå/hvite stripemønstre med varierende bredder. En vanlig brukt enhet for oppløsningsevne er antall linjepar pr vinkelenhet. Oppløsningsevnen varierer med lystetthet og kontrast i stripemønsteret.

Realistiske oppgaver for nattobservasjonsinstrumenter er deteksjon, gjenkjennelse og identifikasjon av ulike typer objekter:

- Deteksjon betyr at man kan skille ut et objekt som en flekk i bildet, men ikke kunne fastslå hva objektet er.
- Gjenkjennelse betyr at man kan se hva slags objekt man ser på (f eks et tre, et kjøretøy, en person)
- Identifikasjon betyr at man kan se av hvilken type innen hver hovedgruppe objektet er. (F eks at treet er en gran, kjøretøyet er en stridsvogn, personen er en soldat med våpen.)

Det vil være en kontinuerlig overgang mellom disse tre nivåene, ofte ser man en mer detaljert oppdeling i nivåer. I enkelte tilfeller vil en slik oppdeling i nivåer ikke passe særlig godt, især hvis bakgrunnen har en tydelig struktur. Hvis man f eks ser etter en golfball i en steinrøys, vil deteksjon, gjenkjennelse og identifikasjon falle sammen.

Det finnes publisert resultater fra mange forsøk på å finne sammenhenger mellom oppløsningsevne og evne til deteksjon, gjenkjennelse og identifikasjon. Følgende oversikt er representativ:

- Deteksjon av et mål krever at dets minste dimensjon dekker 1–2 linjepar av det fineste stripemønster som er mulig å skjelne
- Gjenkjennelse krever at målets minste dimensjon dekker 4–6 linjepar
- Identifikasjon krever at målet dekker 8–12 linjepar

En slik summarisk oversikt er en forenkling av virkeligheten. Den ser bort fra mange viktige parametre, f eks formen på objektet, og tilgjengelig tid for observasjon.

I de kravene til utstyr som følger, har en antatt at gjenkjennelse av målet er viktigst. En har brukt 4 linjepar over målet som kriterium for gjenkjennelse.

## 2.2 Stridsvognutstyr

Stridsvognenes viktigste oppgave er å nedkjempe fiendtlige stridsvogner og pansrede kjøretøyer. Muligheten til å klare dette beror i stor grad på evnen til hurtig å sette en motstander ut av spill. Det trengs derfor gode hjelpemidler for observasjon og ildgivning. For å kunne sette stridsvognen inn på rett sted til rett tid er det nødvendig også å kunne manøvrere og avgi nøyaktig ild i mørke. For å redusere risikoen for selv å bli

satt under ild, er det av avgjørende betydning for stridsvognene at alle observasjonsmidler er passive, d v s at de ikke betinger bruk av kunstige lyskilder.

De tre stridsvogntypene vi har i dag, M24/NM116, M48 og Leopard er ulikt utstyrt for strid i mørke. Videre har de ulik status når det gjelder planer og aktualitet for fornyelse av optisk instrumentering:

- a) *M24/NM116.* M24 er en lett stridsvogn, som er under ombygging for å kunne inngå i det mobile panservern, primært mot middelstunge stridsvogner. Den ombygde versjonen betegnes NM116. Original M24 stridsvogn er fra før ikke utstyrt med optisk utstyr for nattstrid, og i ombyggingsprogrammet inngår anskaffelse av hjelpemidler for kjøring og ildgivning i mørke.

For kjøring i mørke trengs et passivt kjøperiskop, d v s med lysforsterkerrør som billedrør.

Den ombygde vognens hovedvåpen blir en 90 mm lavtrykkskanon med praktisk rekkevidde omkring 1000 m. Både sikteinstrument og observasjonsinstrument bør derfor ha praktiske gjenkjennelsesrekkevidder på omkring 1000 m mot kjøretøyer i mørke. Nøyaktig sikting betinger først og fremst at sikteinstrumentet er låst til kanonen. Uten stabiliseringsutstyr i tårn og kanonopphengning bør vognen stå stille når den skyter for å oppnå en rimelig treffsannsynlighet. Pålitelig observasjon bør imidlertid kunne foretas med vognen i fart. Videre bør man kunne observere i alle retninger. Dette betinger et instrument med kompensasjon av billedbevegelser, eller stabilisert opphenging, og mulighet for dreining i forhold til tårnet.

En NM116 vogn fullt utrustet for natt-strid bør derfor ha:

- Et passivt nattkjøperiskop
  - Et passivt nattsikte, som er presist styrt sammen med kanonen, og med en rekkevidde på 1000 m for gjenkjenning av kjøretøyer i fullt nattemørke
  - Et passivt observasjonsinstrument som er lett dreibart, og med kompensasjon av billedbevegelser når vognen er i fart
- b) *M48.* Dette er en middels tung og relativt umoderne stridsvogn. Av utstyr for nattestrud har den et gammelt og svakt aktivt infrarødt kjøperiskop av typen M24, og infrarøde kjørellys. Den er ikke utstyrt for ildgivning i mørke. Hovedvåpenet er en 90 mm kanon. Noen prinsippbeslutninger om modernisering av hele vogna er ikke tatt. Forbedring av nattstridsutstyret vil allikevel være fordelaktig hvis man finner løsninger for de andre vognene som lar seg tilpasse M48. Den samme totalinstrumentering som er skissert for NM116 er også nødvendig på en modernisert M48. Da kanonen på M48 har lengre rekkevidde enn den på NM116, bør sikte- og observasjonsinstrumentene på M48 ha lengre rekkevidde enn de tilsvarende instrumentene på NM116.
- c) *Leopard.* Dette er en middelstung og relativt ny stridsvogn. Den er fullt utstyrt med aktivt infrarødt utstyr for nattestrud. Både vognfører og vognkommandør har et godt aktivt infrarødt kjøperiskop av typen AEG NFP 18, og infrarøde kjørellys. Vognkommandør har videre et aktivt infrarødt sikteperiskop, av typen B 171-II, som er koblet til kanonen over et elektrisk vinkeloverføringsanlegg. Dette sikteperiskopet brukes sammen med en infrarødt/hvittlyskaster XSW-30-U. Vognens hovedvåpen er en 105 mm kanon.

Selv om Leopard stridsvogn nå er utstyrt for strid i mørke, bør det vurderes å supplere eller erstatte den aktive instrumenteringen med passive instrumenter. De vurderingene av instrumenteringen som er satt opp for NM116, vil også gjelde for Leopard, med unntak av kravene til rekkevidde for sikte- og observasjonsinstrument.



### 2.3 Bærbare observasjonsinstrumenter

Østli-utvalget skisserte i hovedtrekk to typer bærbare nattobservasjonsinstrumenter som nødvendige hjelpemidler for Hæren:

- a) Lette bærbare lysforsterkerkikkerter med rekkevidde ca 500 m
- b) Lysforsterkerkikkerter med ca 3000 m rekkevidde

Etter prøver med ulike typer utstyr var det behov for en modifikasjon og en utdypning av ovennevnte krav. For å gjøre kravene entydige må det spesifiseres hva slags mål og bakgrunn man ser på, om man vil detektere, gjenkjenne eller identifisere målet, og hvilket lysnivå og hvilken atmosfærisk sikt det skal gjelde. De rekkevidder som skisseres nedenfor gjelder gjenkjennelse av store militære kjøretøyer mot vegetasjon, ved  $10^{-3}$  lux lysnivå (stjerneklar, måneløs natt) og uten vesentlig atmosfærisk demping.

En lett bærbar lysforsterkerkikkert er først og fremst av nytte for Infanteriet. Deres våpen har en praktisk rekkevidde på ca 500 m. Lysforsterkerkikkerten bør ha en rekkevidde noe ut over dette, d v s 500–700 m. Vekten bør være under 4 kg. Slike instrumenter er realiserbare.

Artilleriet har våpen med langt større rekkevidder, mens Kavaleriet har stor mobilitet. For oppklarings- og rekognoseringsformål har disse behov for observasjonsinstrumenter med maksimale rekkevidder på 3 km eller mer. Dette ligger utenfor det man vanligvis kan klare med lysforsterkerinstrumenter, idet atmosfærens kontrastdempning på slike avstander svært ofte vil være begrensende faktor. Ved hjelp av termisk infrarød avbildning er imidlertid rekkevidder på 3–5 km for deteksjon av militære kjøretøyer mulig å oppnå en stor del av tiden. Infrarøde kameraer for slik bruk eksisterer i dag, men kun til svært høye priser. Det ventes at rimeligere instrumenter kan realiseres innen ca 3 år.

Ved å ta hensyn til både Hærens formulerte behov, og til realiserbarhet og tilgjengelighet for de ulike instrumenttyper, kan man skissere to typer bærbare observasjonsinstrumenter som er ønskelige for Hæren:

- a) Lysforsterkerkikkert med 500–700 m rekkevidde, av vekt 4 kg eller mindre. Dette kan realiseres snart.
- b) Termisk infrarødt kamera med 3–5 km rekkevidde. Dette instrumentet kan man vente realisert om ca 3 år.

### 3 TEKNOLOGI FOR OBSERVASJON I MØRKE

Dette kapitlet inneholder en gjennomgåelse og diskusjon av de viktigste komponenter og teknikker som vil bli foreslått brukt for Hærens nattobservasjonsoppgaver. En kartlegging av lysnivåer i Norge som er utført under jobben er gjennomgått i kap 3.1. I kap 3.2 er tre typer lysforsterkerør diskutert: lysforsterkerdioder, tretrinnsrør og kanalplaterør. Lyssterk optikk er viktig for alle typer nattobservasjonsutstyr, og er behandlet i kap 3.3. En ny aktuell type TV-sensor ("Ladningskoblet komponent" eller "Charge Coupled Device") er beskrevet i kap 3.4. Termisk avbildning er beskrevet i kap 3.5.

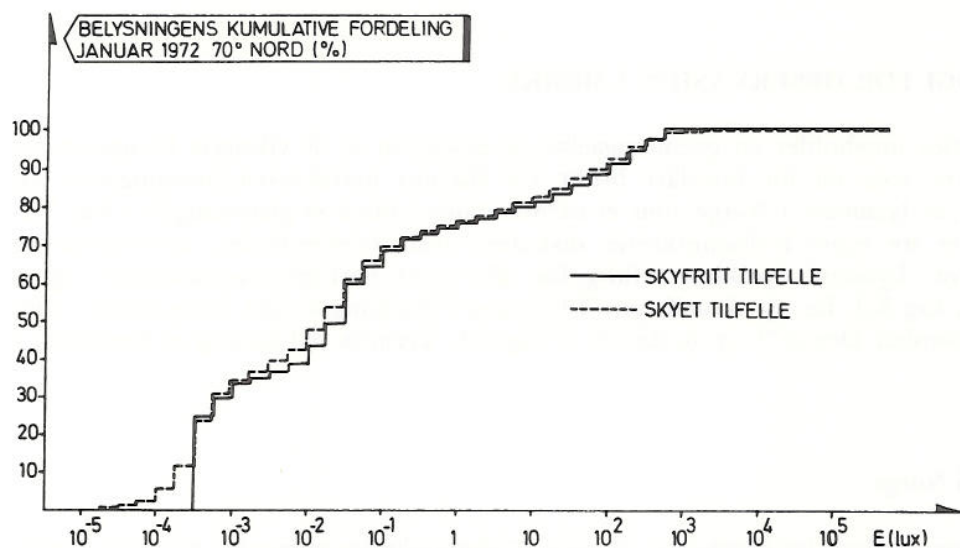
#### 3.1 Lysnivåer i Norge

For å kunne vurdere brukbarheten til ulike lysforsterkerinstrumenter må man kjenne fordelingen av lysnivåer på de steder instrumentene tenkes brukt. Målinger av slike fordelinger er ennå ikke utført i Norge. Det eksisterer imidlertid modeller for beregning av lysnivået på et vilkårlig sted på jorda, til en vilkårlig tid, ut fra solens og månens posisjon. Med kjennskap til solens og månens bevegelser kan man beregne hyppigheten av ulike lysnivåer, forutsatt klar himmel. For å få en kartlegging av lysnivåene i Norge har man:

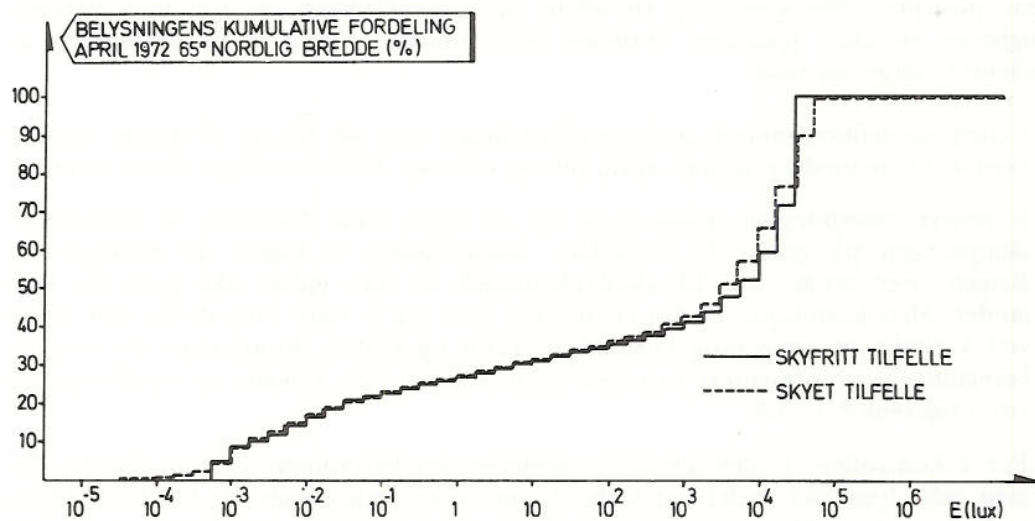
- a) Utført modellberegninger av lysnivåfordelingen ved 60, 65 og 70 grader nordlig bredde for månedene januar, april, juli og oktober 1972, forutsatt skyfri himmel.
- b) Korrigert beregningene under a) ut fra en kjent, målt fordeling av belysningsdempningen på grunn av skydekke. Korreksjonen er basert på målinger fra Bergen over ett år. En slik skydekkemodell vil ikke gjelde like godt for hele landet. Men korreksjonene fra skydekket viser seg å være små, derfor blir feilen ved å bruke en unøyaktig korreksjonsfaktor også liten. Resultatene fra modellberegningene er presentert i et eget teknisk notat (2). Enkelte av resultatene er vist i figurene 3.1–3.3.
- c) For å kontrollere at den anvendte modellen for belysningsnivåer er rimelig, har man målt lysnivået under nattforhold som er reproduerbare og lett beskrivbare (måneløs, stjerneklar natt uten kunstig lys eller nordlys). Resultatene samsvarer utmerket med modellen (0.6–1.0 millilux).
- d) For å kontrollere de antakelser som gjøres om spektralfordelingen til natthimmel-lyset har man målt denne, under forhold som beskrevet under c. Resultater fra disse spektralmålingene viser et utmerket samsvar med publiserte spektra fra andre steder (6). Et eksempel på et slikt målt spektrum er vist i figur 3.4.

Som eksempel på bruk av de beregnede lysnivåfordelinger velges en lysforsterkerkikkert som kan brukes for lysnivåer fra 0.1 lux og lavere, og som oppfyller spesifiserte krav for lysnivåer høyere enn  $0.5 \cdot 10^{-3}$  lux. På  $70^\circ$  nord i januar er det mørkere enn 0.1 lux ca 65% av tiden, og mørkere enn  $0.5 \cdot 10^{-3}$  lux ca 25% av tiden. I 40% av tiden vil derfor instrumentet, med hensyn på lysnivå, både være praktisk brukbart og ha ønsket rekkevidde. I 25% av tiden vil instrumentet være praktisk brukbart, men med redusert rekkevidde i forhold til de spesifiserte krav.

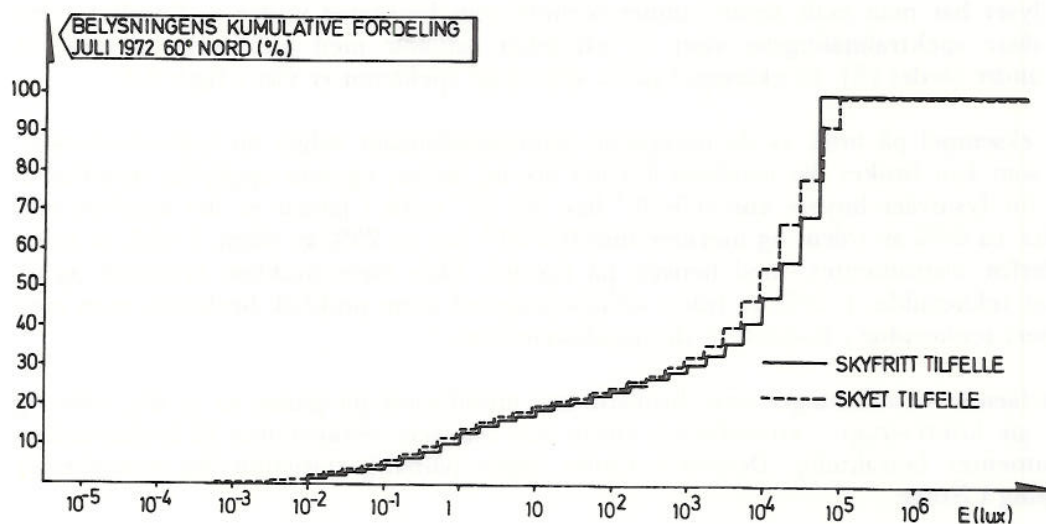
Ovenstående betraktninger over brukstid må modifiseres på grunn av at dis, tåke og røyk gir kontrasttap i atmosfæren. Dette kan redusere rekkevidden til lysforsterkerinstrumenter betraktelig. Dessverre finnes ingen pålitelig statistikk for atmosfærisk demping i Norge.



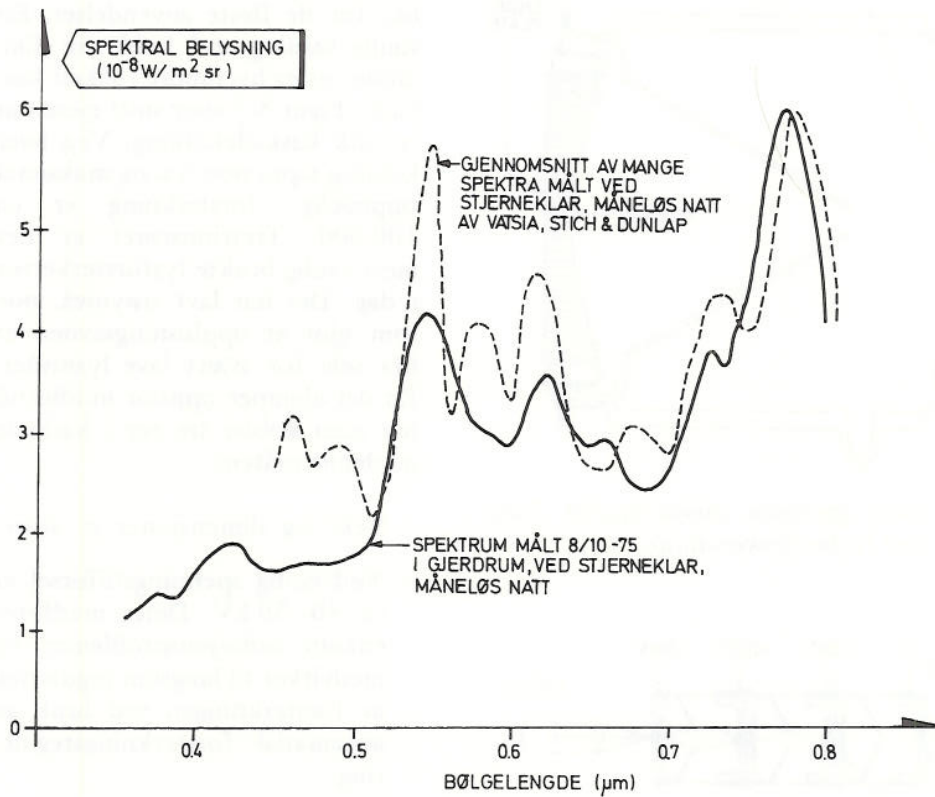
Figur 3.1 Kumulativ belysningsfordeling, januar 1972 ved 70° nord



Figur 3.2 Kumulativ belysningsfordeling, april 1972 ved 65° nord



Figur 3.3 Kumulativ belysningsfordeling, juli 1972 ved 60° nord

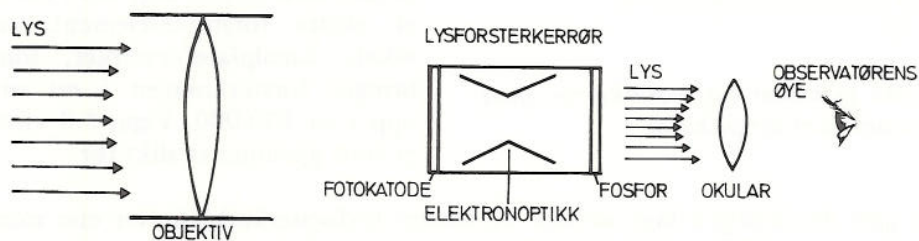


Figur 3.4 Natthimmellysets spektralfordeling en stjerneklar, måneløs natt i Gjerdrum 8 okt 75, sammenliknet med målinger foretatt av Vatsia et al

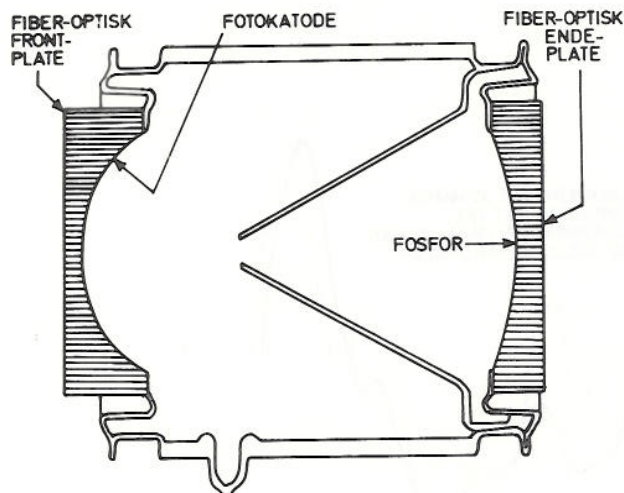
### 3.2 Lysforsterkerutstyr

Figur 3.5 viser skjematisk hovedkomponentene i et lysforsterkerinstrument. Et lyssterkt objektiv fokuserer lyset fra den scenen som skal avbildes, på inngangsflaten i lysforsterkerørret. Et forsterket bilde av scenen dannes på utgangsflaten i røret. Dette bildet betraktes direkte med øyet gjennom et okular. Lysforsterkerør finnes i svært mange ulike typer. En oversikt over disse finnes i sluttrapporten fra FFI-forstudien "Strid i mørke" (1). Tre viktige typer rør vil her bli beskrevet: elektrostatisk fokuserte lysforsterkerdioder, tretrinnsrør og kanalplaterør.

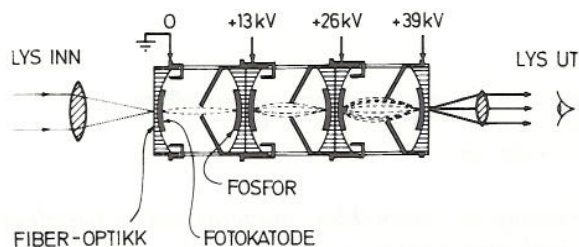
Den elektrostatisk fokuserte dioden er en enkel robust enhet med god oppløsnings- evne og lavt støynivå. Figur 3.6 viser et snitt gjennom et slikt rør. Det har en lysfor-



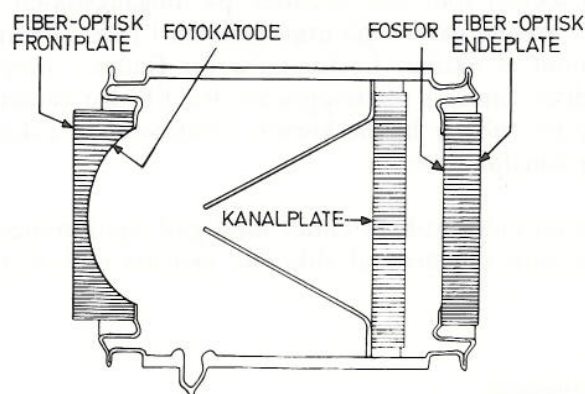
Figur 3.5 Generelt lysforsterkersystem



Figur 3.6 Snitt gjennom elektrostatisk fokusert lysforsterker-diode



Figur 3.7 Snitt gjennom fiberoptikk-koblet tre-trinns lysforsterker-rør



Figur 3.8 Snitt gjennom lysforsterkerør med kanalplatemultiplikator

sterkning på ca 100. Dette er for lite for de fleste anvendelser. En vanlig løsning er å koble tre slike dioder etter hverandre i såkalt kaskade. Figur 3.7 viser snitt gjennom en slik kaskadekobling. Ved hver kobling tapes noe lys, og maksimal oppnåelig forsterkning er ca 100 000. Tretrinnsrøret er det mest vanlig brukte lysforsterkerør i dag. Det har lavt støynivå, noe som gjør at oppløsningsevnen er bra selv for svært lave lysnivåer. En del ulemper oppstår imidlertid når man kobler tre rør i kaskade på denne måten:

- Vekt og dimensjoner er store.
- Nødvendig spenningstilførsel er ca 40–50 kV. Dette medfører enkelte isolasjonsproblemer, og medvirker til langsom regulering av forsterkningen ved bruk av automatisk forsterkningsregulering.
- Avbildning av en scene med sterke punktlyskilder medfører en utflyting av bildet av punktlyskilden. Dette kalles "bloom-ing".
- Rørets etterlysningstid er lang, da den er sammensatt av tre fosforskjermers etterlysning.
- Billedforvrengningen er stor, da den er summen av forvrengning i hvert enkelt trinn.

Kanalplaterør er en nyere type lysforsterkerør. Den kalles ofte "andre generasjon" lysforsterkerør. Av konstruksjon likner det mye på en elektrostatisk fokusert diode, men det er lagt inn i røret et ekstra forsterkerelement, en såkalt kanalplateforsterker, som bringer forsterkningen i ett rør opp i ca 100 000. Figur 3.8 viser et snitt gjennom et slikt rør.

Kanalplaterør gjør det mulig å lage mindre og lettere lysforsterkerkikkerter enn man kan med tretrinnsrør. Videre har kanalplaterøret bedre "bloom-ing" – egenskaper (dvs at avbildning av punktlyskilder er bedre). Vanligvis er begge rørtypene utstyrt med automatisk forsterkningsregulering. Denne reguleringen kan gjøres meget raskere i et kanalplaterør enn i et tretrinnsrør.

Kanalplaterør har en svakhet i forhold til tretrinnsrør: de gir mer støy i bildet. Dette gir et inntrykk av "snøvær" på bildet, og forårsaker noe dårligere oppløsningsevne ved lave lysnivåer. Det arbeides med å forbedre støyegenskapene til kanalplaterør, og de beste eksemplarene i dag er nær jevngode med tretrinnsrør når det gjelder støy.

### 3.3 Lyssterk optikk

I alle optiske avbildningssystemer er objektivlinsen en vesentlig komponent, med avgjørende innflytelse på både synsfelt, oppløsningsevne og følsomhet til systemet. Her vil de viktigste parametrene for lyssterke linser bli gjennomgått, og et eksempel på en slik linse er beskrevet.

#### 3.3.1 Fokallengdens betydning

Synsfelt-vinkelen  $\alpha$  er gitt av utstrekningen  $\ell$  av detektoren i systemet og objektivlinsens fokallengde,  $f$

$$\alpha = 2 \operatorname{Arctg} \frac{1/2 \ell}{f} \quad (2.1)$$

#### 3.3.2 Objektivlinsens lysstyrke

Diameteren på objektivets inngangsaperture (ofte lik diameteren på forreste linse) bestemmer hvor mye lys (eller stråling) som fanges opp og fokuseres på detektoren. Objektivets lysstyrke er oftest angitt som F-nummer ( $F$ )

$$F = \frac{D}{f} \quad (2.2)$$

hvor  $D$  er inngangsaperturen diameter og  $f$  er objektivets fokallengde. Objektivets  $F$ -tall bestemmer forholdet mellom scenens belysning,  $E_0$ , og belysningen i detektorplanet (fokalplanet),  $E$

$$E = \frac{\rho E_0}{4F^2} \quad (2.3)$$

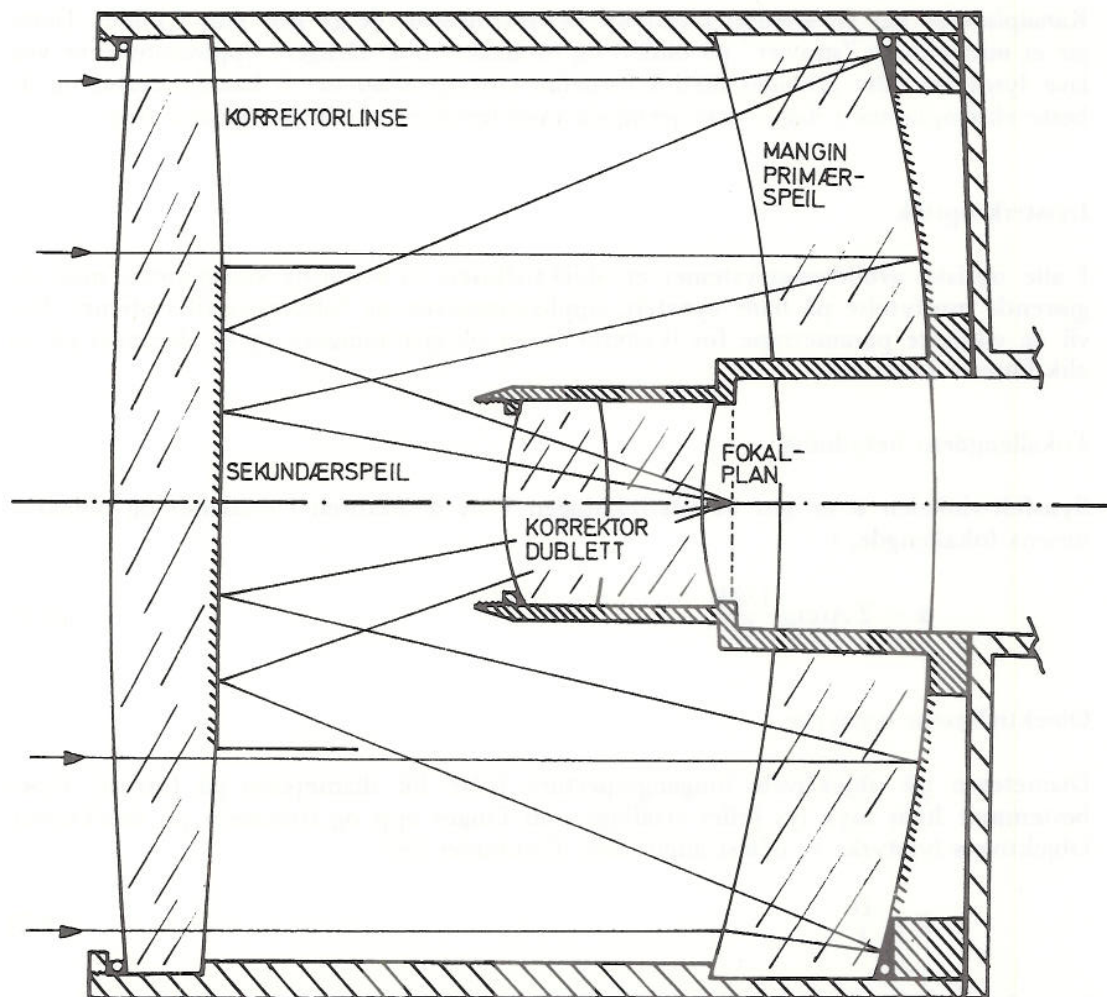
$\rho$  er scenens refleksjonskoeffisient.

#### 3.3.3 Oppløsningsevne

To av elementene i et lysforsterkerinstrument er med og bestemmer oppløsningsevnen: objektiv og billedrør. Oppløsningsbegrensningen kan være av to typer: støybegrensning eller geometrisk begrensning. Støybegrensningen er hovedsakelig gitt av objektivets lysstyrke og av rørets lysfølsomhet. Den geometriske oppløsningen er bestemt av både rørets og objektivets geometriske oppløsning. Man søker å gjøre objektivets oppløsning så god at kun billedrørets begrensning er vesentlig.

#### 3.3.4 Konstruksjon av lyssterkt objektiv

Med sikte på bruk i lysforsterkersystemer har man konstruert et speilobjektiv med høy lysstyrke. Man har fått linsekomponentene laget ved en utenlandsk optikkbedrift. Objektivet er satt sammen og testet på FFI. Figur 3.9 viser et snitt gjennom objektivet.



Figur 3.9 Snitt gjennom FFI-konstruert speilobjektiv

Objektivet har følgende data:

- Fokallengde: 150 mm
- Linsediameter: 150 mm
- Vekt: 3,7 kg
- Synsfelt:  $8^\circ$
- Maksimal oppløsningsevne: ca 20 lp/mm
- Fargekorrigert spektralområde: 0,5–0,9  $\mu\text{m}$

#### 3.4 Ladningskoblede komponenter (CCD)

Ladningskoblede komponenter (Charge Coupled Devices, CCD) representerer en relativt ny type integrerte kretser. En anvendelse av denne teknikken er som billedsensor i TV-kameraer. TV-kameraer med CCD billedsensorer vil få en rekke gode egenskaper, sammenliknet med dagens konvensjonelle kameraer:

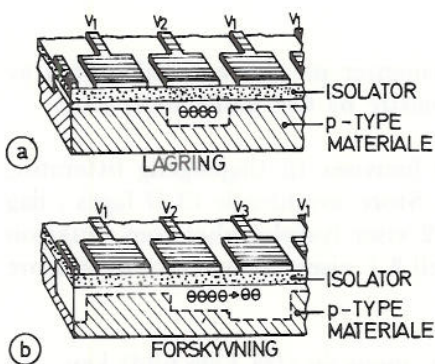
- Små dimensjoner, lav vekt
- Mekanisk robusthet

- Lavt effektforbruk
- Stort dynamisk område
- Lavt støynivå, gode lavlysegenskaper
- Lav pris

Man kan i dag forutsi at kameraer med CCD billedsensorer om få år vil erstatte konvensjonelle kameraer i mange anvendelser, og at de vil kunne introdusere TV-teknikk på nye anvendelsesområder. Man venter også at CCD teknologi vil kunne forenkle en del problemer innen termisk avbildning.

### 3.4.1 Beskrivelse

Ladningskoblede komponenter er en type integrert krets som baserer seg på at man kan flytte elektriske ladninger langs overflaten av en halvleder ved å manipulere spenningene på elektroder på overflaten. Elektrodene kan være plassert slik at de utgjør en stor matrise, i en eller to dimensjoner, av identiske elementærceller. Figur 3.10 viser en slik elementærceelle.



Figur 3.10 Virkemåten for en CCD elementærceelle

- a) Lagring av ladning i cellen
- b) Transport av ladning

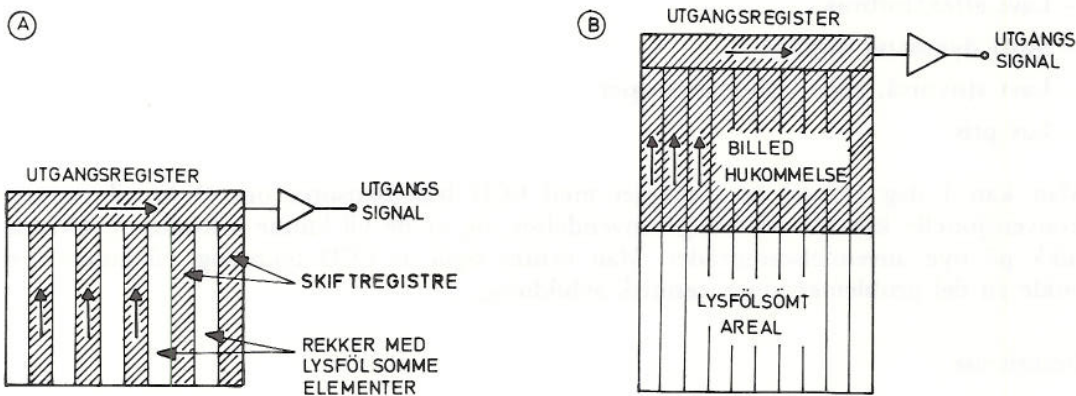
Cellen består av tre elektroder som er isolert fra halvledermaterialet. I figur 3.10a er vist hvordan man kan lagre ladning i overflaten av halvlederen ved å påtrykke den ene elektrodene en spenning som er høyere enn den på de to andre elektrodene. Figur 3.10b viser hvordan man kan flytte ladning langs overflaten ved å påtrykke en elektrode en spenning som er høyere enn den på naboelektrodene. På denne måten kan man flytte ladning langs overflaten av halvlederen både innenfor hver elementærceelle og fra celle til celle.

En elementærceelle kan være et bildelement i en billedsensor eller en celle i et skiftregister. I en CCD billedsensor genereres ladning i elementærcellene ved å belyse halvledermaterialet, som vanligvis er silisium. Ved å forandre spenningene på elektrodene flytter man så den genererte ladning langs overflaten og forbi en ladningsdetektor. Man kan på denne måten detektere hvor mye ladning som var generert i hver elementærceelle. Det bildet man vil se på, fokuseres på overflaten av halvlederen. Etter en gitt integrasjonstid er det samlet opp en større eller mindre ladnings-"pakke" i hver av de mer eller mindre belyste cellene. Disse ladnings-"pakkene" flyttes så raskt over til hver sin celle i en rekke skiftregistre. Ladningspakkene flyttes ut fra skiftregistrene og forbi ladningsdetektoren i den hastighet og rekkefølge som man ønsker. Signalet man får ut fra detektoren tilsvarer det videosignal man får fra et konvensjonelt kamera. Mens man leser ut informasjonen fra skiftregistrene samler man opp ladning til neste bilde i de belyste cellene. Skiftregistrene er overdekket slik at man ikke skal få generert ladning i disse.

Figur 3.11 viser to forskjellige måter å plassere bildelementer og skiftregistre på i en to-dimensjonal avbildende CCD matrise.

Den måten som er vist i figur 3.11a kalles "interline transfer". Her ligger det striper med vekselvis sensorelementer og skiftregistre. Den andre måten kalles "frame trans-





Figur 3.11 Organisering av to-dimensjonale ladningskoblede billedsensorer

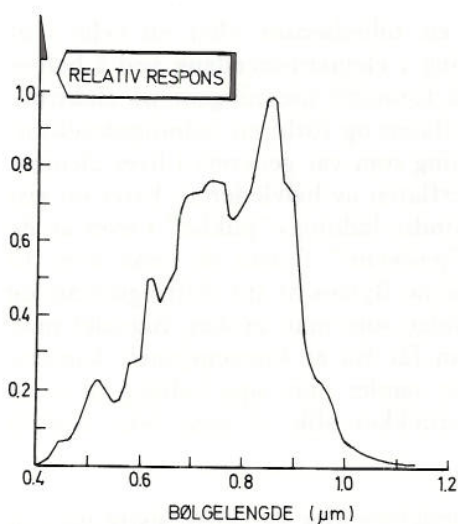
- a) "Interline transfer"
- b) "Frame transfer"

fer". Her ligger hele matrisen med lysfølsomme elementer på den ene halvparten av halvlederflaten, og en tilsvarende matrise med skiftregistre på den andre halvparten.

For å få en detaljert forståelse av avbildende CCD henvises til tilgjengelig litteratur, for eksempel en oversiktsartikkel av D F Barbe (7). Store avbildende CCD lages i dag bare med silisium som halvledermateriale. Figur 3.12 viser lysfølsomhet som funksjon av lysets bølgelengde for en slik komponent. Tabell 3.1 viser en oversikt over store billedsensorer som er laget.

Tre av sensorene trenger dagslysnivåer for å gi bilder, mens én (fra Fairchild) kan, ved å kjøles til temperaturer på  $-50^{\circ}\text{C}$ , brukes til opptak ved lave lysnivåer.

Ved bruk av andre halvledermaterialer enn silisium, er det mulig å lage infrarødfølsomme avbildende CCD. Arbeid for å realisere slike detektorer er i gang, og i USA er



Figur 3.12 Følsomhet som funksjon av lysets bølgelengde for en ladningskoblet billedsensor

PRODUSENT	ANTALL BILLED-ELEMENTER
BELL LABS	496 x 475
FAIRCHILD	244 x 190
GENERAL ELECTRIC	244 x 188
RCA	512 x 320

Tabell 3.1 Oversikt over store ladningskoblede billedsensorer

infrarødfølsomme en-dimensjonale CCD-matriser av blyulfid (PbS) og indiumantimonid (InSb) demonstrert. Det gjenstår mye forskning og utvikling før CCD infrarøddetektorer er praktisk brukbare.

### 3.4.2 Anvendelser av ladningskoblede billedsensorer

CCD billedsensorer ventes å få stor betydning i tiden som kommer, TV-kameraer basert på slike komponenter vil trolig komme til en rekke anvendelser. Konseptet er ennå for nytt til at noen masseanvendelser er realisert. CCD kamera for dagslys vil i størrelse kunne sammenliknes med vanlige småformat (35 mm) fotoapparater. Videre vil det være robust, og billig å produsere.

Nedenfor er satt opp en rekke sannsynlige fremtidige bruksområder for avbildende CCD.

#### Sivilt:

- Billedtelefon
- Kringkasting
- Videoopptak for reportasje, forskning, undervisning o l
- Vakhold
- Trafikkontroll
- Industriell prosesskontroll
- Hjelp til manøvrering av store kjøretøyer (f eks manøvrering av båter nær kai, sikt bakover ved rygging av store lastebiler)
- Hjelp for blinde

#### Militært:

- Ubemannede sensorer, landbasert eller fra lufta
- Vakhold og overvåking av militære anlegg
- Sikteinstrument for større våpen
- Sensor i TV-styrte prosjektiler
- Billedsensor for periskop i U-båter
- Observasjonsinstrument på båter, fly, kjøretøyer og til stasjonær bruk

## 3.5 Termisk avbildning

### 3.5.1 Grunnleggende betraktninger

Med "termisk avbildning" menes avspøkning av den romlige fordeling av varmestrålingen (egenstrålingen) fra en scene, og sammensetting og presentasjon av et synlig bilde av denne fordelingen. For alle objekter kaldere enn ca 500°C ligger all egenstrålingen i det infrarøde bølgelengdeområdet. Det er derfor like vanlig å bruke betegnelsen "infrarød avbildning".

For å kunne skille ut et objekt mot en bakgrunn i et termisk bilde, er det nødvendig at objektet har en stråling forskjellig fra bakgrunnen. Dette kan oppnås på to måter:

- a) Ved at objektet har en temperatur ulik bakgrunnens (strålingen øker med økende temperatur)

- b) Objekt og bakgrunn har ulik emisjonskoeffisient. (Emisjonskoeffisienten er forholdet mellom virkelig utstråling og utstråling fra et ideelt svart legeme med samme temperatur)

En viktig begrensning i enhver form for optisk avbildning er tap av kontraster i atmosfæren. Ved infrarøde bølgelengder er både absorpsjon og spredning av stråling av betydning. Sterk absorpsjon av infrarød stråling ved bestemte bølgelengder gjør at bare noen få bølgelengdeområder er brukbare for transmisjon av stråling. For termisk avbildning er spesielt to bølgelengdeområder brukbare: 3–5  $\mu\text{m}$  og 8–14  $\mu\text{m}$ . Spredningen av stråling er svært variabel i styrke, avhengig av mengden av tåke og dis i lufta. Spredningen er vanligvis svakere jo lengre bølgelengden er. Dette gjør at 8–14  $\mu\text{m}$  området vanligvis er fordelaktig ved avbildning over lange avstander.

### 3.5.2 Termisk avbildningsinstrument for observasjon over lange hold

Instrumenter for termisk avbildning finnes i mange ulike utførelser, og brukes nå til mange både sivile og militære anvendelser.

Det stilles høyst forskjellige krav til instrumenter for de ulike anvendelsene. Komponentvalg og oppbygging, såvel som priser og dimensjoner varierer derfor betydelig fra instrument til instrument.

Termisk avbildning har en rekke fordeler fremfor lysforsterkerutstyr og lavlys TV når man trenger å observere over lange avstander gjennom atmosfæren:

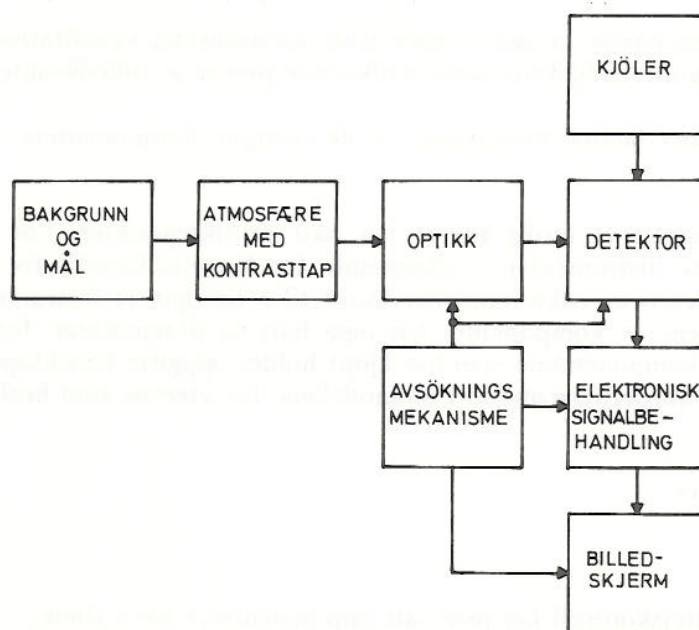
- Spredning av stråling på grunn av partikler i lufta er svakere for infrarøde bølgelengder enn for mer kortbølget, synlig lys. Ved forhold med dis og røyk i lufta kan man derfor oppnå bedre rekkevidder.
- Personer og kjøretøyer har oftest en temperaturforskjell fra naturlig bakgrunn som gir kraftige, lett detekterbare strålingskontraster.
- Avbildningen er uavhengig av lys og mørke.

Her vil kort bli gått gjennom prinsipiell oppbygging av et instrument som er egnet til deteksjon av personer og kjøretøyer på lang avstand.

Figur 3.13 viser blokkskjema for et slikt instrument. Det mål man betrakter vil vanligvis måtte sees mot en bakgrunn av stråling, som vanskeliggjør deteksjon av målet. Strålingskontraster mellom mål og bakgrunn dempes ved at strålingen passerer atmosfæren. En objektivlinse samler strålingen fra scenen og fokuserer den på detektoren. Detektoren omformer strålingen til et elektrisk signal. Avsøkning over scenen gjøres dels ved at detektoren har flere detektorelementer, dels ved hjelp av en mekanisk avsøkingsenhet i strålegangen foran detektoren (feks et svingende speil). De elektriske signalene fra detektoren settes sammen elektronisk til et bilde som kan presenteres for en observatør, på en billedskjerm.

Selv om det er utviklet en rekke instrumenter av denne type, har flere av komponentene som inngår ennå ikke fått en endelig utforming. Nedenfor er gjennomgått status for de viktigste komponenter:

- Objektivlinser. For å oppfylle de kravene som stilles til aperturediameter, oppløsningsevne og synsfelt ved bruk av sfæriske speil- og linselementer, trengs flere elementer i ett objektiv. Ved bruk av asfæriske elementer kan et objektiv realiseres med færre elementer. Produksjon av asfæriske flater er i dag kostbart. Nye billigere produksjonsmetoder for asfærisk optikk er under utvikling. Dette vil resultere i lettere og billigere optikk.



Figur 3.13 Blokkskjema for termisk observasjonsinstrument

- Detektor. For å forenkle avsøkningsmekanismen og øke instrumentets følsomhet, bør detektoren utformes med mange elementer på en rekke. Slike detektorer, følsomme i 8–14  $\mu\text{m}$  området, er i dag svært dyre. Det arbeides i mange land for å lage bedre og billigere detektorer.
- Detektorkjøling. Alle aktuelle detektortyper må kjøles til omkring kokepunktet for flytende nitrogen (77 K). Det finnes en rekke måter å løse dette problemet på, de fleste enten tunge og dyre, eller de krever tilførsel av flytende nitrogen eller høytrykksgass. Det er i USA nylig utviklet en kjøleenhet som er kompakt og lett og trenger liten effekt tilført. Slike kjølemaskiner vil trolig bli tatt i bruk i bærbare termiske avbildningssystemer.
- Signalbehandling. Det er i dag en sterk utvikling på feltet elektroniske mikroprosessorer og kompakte elektroniske hukommelser. Dette er teknologier som vil kunne bidra til at bedre og billigere termiske avbildningssystemer blir realiserbare.

Konklusjonen på ovenstående diskusjon er at vesentlige komponenter for termiske avbildningsinstrumenter, for observasjon over lange hold, ikke har fått en endelig utforming. Da man ved FFI har god erfaring med infrarødteknikk, er det gunstig, med tanke på fremtidig anskaffelse av slike instrumenter for Hæren, å starte et FFI-prosjekt med sikte på å kunne gjøre rett valg av komponenttyper og systemløsninger.

#### 4 PRØVER OG RESULTATER

Det er utført prøver med følgende ulike instrumenttyper:

- a) Kjøreperiskop
- b) Kjørebriller
- c) Lysforsterkerkikkerter og sikter
- d) Lavlys TV
- e) Termisk infrarødt kamera

De fleste instrumenttypene er prøvet med både kontrollerte, kvantitative målinger av oppløsningsevne og mer subjektive sammenliknende prøver av billedkvalitet.

Videre er det utført laboratoriemålinger av de viktigste komponentene som inngår i instrumentene.

Målingene og prøvene av ferdig utstyr har hatt to siktepunkter. For det første å avgjøre om enkelte instrumenter er akseptable for Hærens formål, for det andre å bekrefte brukbarheten av enkle modeller brukt til å beregne et instruments yteevne. Laboratoriemålingene av komponenter har også hatt to siktepunkter: for det første å kontrollere at de komponentene man har kjøpt holder oppgitte fabrikkspesifikasjoner, for det andre å gi inngangsparametre i de modellene for yteevne som brukes.

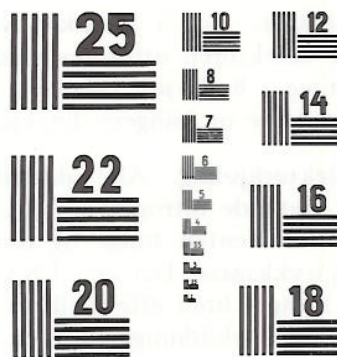
## 4.1 Laboratoriemålinger

### 4.1.1 Kvalitetskontroll

Med sikte på kvalitetskontroll har man satt opp måleutstyr for å finne:

a) Oppløsning av objektivlinser. Man måler her størrelsen av den lysflekken som dannes i fokalplanet ved avbildning av et lyspunkt langt unna.

b) Maksimal oppløsning av lysforsterkerør. Man projiserer en rekke svart/hvite linjemønstre, med lik bredde på de svarte og hvite linjene, på inngangsflaten i billedrøret. Ulike linjemønstre har ulik bredde på et svart/hvitt par. Figur 4.1 viser et eksempel på et slikt testmønster. Man betrakter rørets utgangsflate med mikroskop, og finner det fineste mønster som kan skjernes. Lysnivået inn mot røret er innstilt slik at maksimal oppløsning oppnås. Oppløsningsevnen uttrykkes ofte som antall linjepar pr mm i det fineste mønsteret som kan skjernes.



Figur 4.1 Testmønstre benyttet ved måling av oppløsning for lysforsterkerør

c) Fotokatodefølsomheten til et lysforsterkerør. Denne målingen kan bare gjøres på rør som ikke er støpt inn sammen med høyspenningsomformeren. Man legger en vilkårlig, lav spenning mellom fotokatode og anode i røret, og belyser fotokatoden med en kjent (i watt eller lumen) lysmengde. Man måler strømmen gjennom røret med et følsomt amperemeter, og kan av dette beregne fotokatodefølsomheten uttrykt som strømstyrke pr watt eller pr lumen.

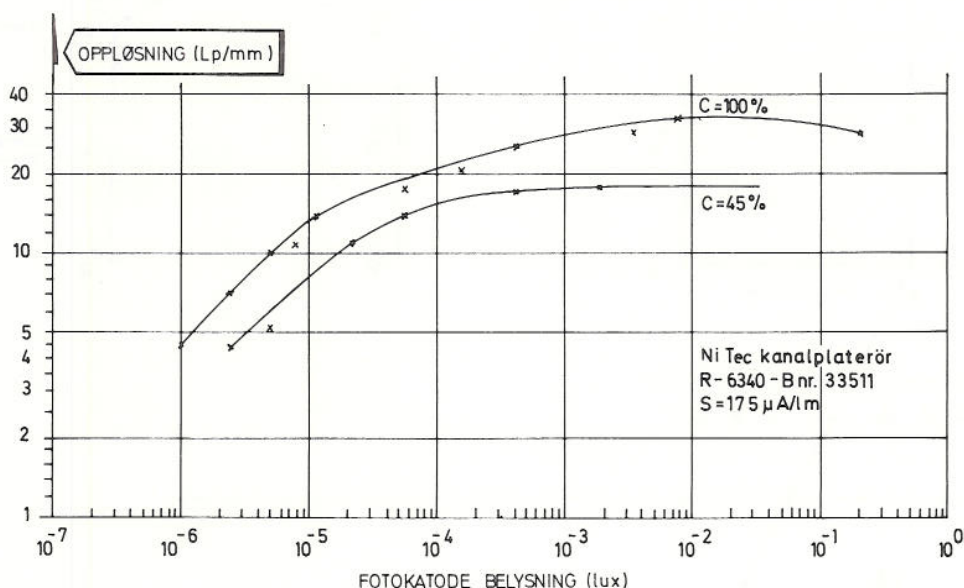
d) Forsterkningen til et lysforsterkerør. Man setter vanlige arbeidsspenninger på lysforsterkerøret, og sender inn på fotokatoden en kjent belysning,  $E_0$ . Man måler med et kalibrert fotometer luminansen,  $L$ , ut av lysforsterkerøret. Forsterkningen  $G$  er da gitt som

$$G = \frac{\pi L}{E_0}$$

- e) Uniformitet og flekker i lysforsterkerrør. Dette utføres ved visuell betraktning av fosforskjermen i røret, når fotokatoden er uniformt belyst.
- f) Lysforsterkerrørets integrasjonstid. Dette utføres ved å sende lys fra en lysemitterende diode mot fotokatoden. Man sender korte strømpulser gjennom lysdioden. Med en fotomultiplikator måler man lyset ut fra billedrørets fosforskjerm. På et oscilloskop ser man lysintensiteten som funksjon av tiden umiddelbart etter at lyset inn mot billedrøret er slukket, og kan av dette se integrasjonstiden i fosforet.

#### 4.1.2 Måling av modellparametre

For å kunne sette opp en tilfredsstillende modell for yteevnen til ulike lysforsterkerinstrumenter har man for en hel rekke lysforsterkerrør målt oppløsningsevnen til røret som funksjon av lysnivået inn mot røret, for ulike kontraster. Målingene er utført på samme måten som ved måling av maksimal oppløsning av lysforsterkerrør, men med den forskjell at man har variert og målt lysnivået inn mot røret. Videre har man brukt ulike testmønstre med varierende kontrast ved målingene. Figur 4.2 viser eksempel på måleresultat for ett rør.

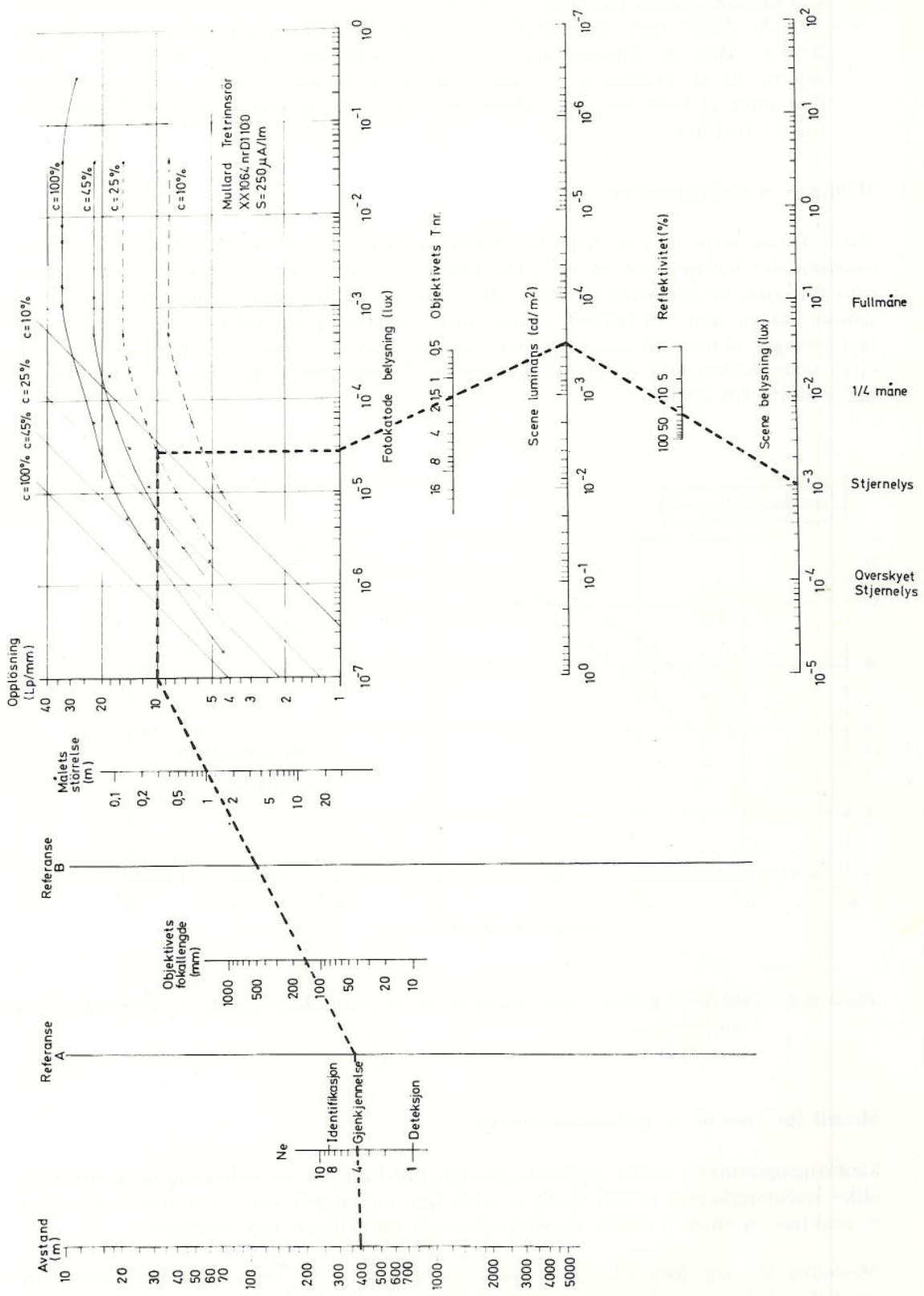


Figur 4.2 Oppløsningsevne som funksjon av fotokatodebelysning og kontrast for et kanalplaterør

#### 4.2 Modell for yteevne av lysforsterkerutstyr

Med utgangspunkt i målte oppløsningsevner som funksjon av belysning og kontrast for ulike lysforsterkerrør er det mulig å sette opp en modell for lysforsterkerutstyr som er praktisk og enkel å bruke, og som oftest gir kvantitativt bra resultater.

Modellen lar seg fremstille i et nomogram, som vist i figur 4.3. Man setter inn i modellen belysning på scenen, midlere refleksjonskoeffisient i scenen, målte oppløsningsdata for lysforsterkerrøret, fokallengde og F-tall for objektivlinsen, kontrast mel-



Figur 4.3 Nomogram for bestemmelse av yteevne for lysforsterkerutstyr

lom objekt og bakgrunn, størrelse på målet og ønsket antall oppløste bildelementer langs objektet. Resultatet som kan leses ut av modellen er på hvilken avstand objektet kan oppløses fra bakgrunnen.

Den stiplede linjen i det viste nomogrammet viser i form av et eksempel hvordan det skal brukes.

I eksempelet er det valgt en scenebelysning på 1 mlux og refleksivitet 30%. Som mål er valgt en person med kontrast 25% i forhold til bakgrunnen. Objektivet har fokallengde 150 mm og F-nr 1.5. Man kommer da fram til en gjenkjennelsesavstand på i underkant av 400 m.

Ved oppsetting av modellen er det gjort enkelte antakelser som ikke alltid er gyldige. De viktigste er:

- a) Lysets spektralfordeling er som for et svart legeme ved temperatur 2850 K
- b) Bakgrunnens og målets refleksivitet er spektralt nøytrale
- c) Atmosfærisk dempning er lik null
- d) Objektivlinsen reduserer ikke geometrisk oppløsning

Det betyr en betydelig komplisering av modellen å skulle korrigere nøyaktig for avvik fra disse antakelsene. Vanligvis er nødvendige karakteristika for å foreta en nøyaktig korleksjon heller ikke tilstrekkelig godt kartlagt. Stort sett bør derfor modellen brukes bare for å anslå rekkevidder innen relativt store usikkerheter.

### 4.3 Prøver med ferdige instrumenter

I løpet av jobben har man utført ca 30 kvelds- og natteekspedisjoner, som alle har inkludert prøver med ulike typer ferdige nattobservasjonsinstrumenter. Detaljerte resultater har blitt skrevet og utgitt etter hvert, som interne arbeidsnotater (8). Her vil kun bli gjengitt hovedtrekk av måleresultatene.

#### 4.3.1 Nattkjøreperiskoper for stridsvogner

Ulike passive nattkjøreperiskoper for stridsvogner har vært prøvet, for å finne ut om de er akseptable for anskaffelse og bruk av Hæren. En detaljert gjennomgåelse av disse prøvene er gitt i et eget teknisk notat (3). Konklusjonene på prøvene er at følgende instrumenter oppfyller de nødvendige krav:

- a) AEG NFP 18 ombygd til passiv versjon
- b) Philips USFA UA9630 passivt kjøreperiskop
- c) Elektro Spezial BM 8005 passivt kjøreperiskop
- d) PPE passivt kjøreperiskop

#### 4.3.2 Kjørebriller

Tre forskjellige typer passive kjørebriller har vært utlånt fra fabrikantene og testet under forskjellige forhold. De tre typene er:

- a) ITT, type 4907 (amerikansk)
- b) TRT, type OB41 (franske)
- c) Oude Delft, type PG 1 MS (hollandske)



Hensikten med prøvene var å finne en type som ville være egnet for innkjøp av et lite antall for Hæren. En detaljert gjennomgåelse av brillene og prøvene som ble gjort er gitt i arbeidsnotat nr 28, Passive kjørebriller (8). Konklusjonen på prøvene er at instrument a, ITT 4907, er godt egnet som observasjonsinstrument både ved kjøring i mørke og når man tar seg fram til fots, instrument b er brukbart ved kjøring, mens instrument c under alle forhold er mindre tilfredsstillende.

#### 4.3.3 Lysforsterkersikter for stridsvogn

Fire ulike typer passive lysforsterkersikter for stridsvogn har vært prøvet. Alle fire var ombygde versjoner av eksisterende utstyr, og hensikten med prøvene var å fastslå om instrumentene fylte de krav som må settes for et slikt instrument. De fire instrumentene var:

- 1) Ombygd sikteteleskop M 71 K for stridsvogn M24
- 2) Ombygd sikteteleskop M 97 for stridsvogn M48
- 3) Ombygd sikteperiskop B 171-II for stridsvogn Leopard
- 4) Utvendig montert lysforsterkersikte som passer på alle tre vognene

De tre første instrumentene ble etter prøvene forkastet, mens instrument 4 er en gunstig løsning for stridsvognenes nattsiktebehov. Dette instrumentet er nærmere beskrevet i et eget teknisk notat (4). Det er også mer utfyllende kommentert i kap 5, som beskriver konkrete forslag til løsning av Hærens ulike behov.

#### 4.3.4 Lysforsterkerkikkerter

Et stort antall ulike lysforsterkerkikkerter har vært prøvet. Enkelte av disse er innkjøpt, noen få er laget og de fleste er lånt fra produsentene. De prøvede instrumentene er vist i tabell 4.1.

FABRIKAT	OBJEKTETS FOKALLENGDE mm	F-TALL	VEKT kg
NI-TEC NVS 500	600	4	10
" " "	170	1,8	2,7
" " "	130	1,05	4
" " "	97	1,7	1,8
PPE NOD	310	—	28
RANK SS 32	190	0,9	10
RANK SS 30	240	1,5	8
RANK SS 20	130	1,4	2,8
AEG BN 21S	150	1,2	4
SOPELEM OB 25	130	1,6	2,9
SIEMENS RDS 400	75	1,1	
ELEKTRO-SPECIAL BM8013	120	1,9	2
PHILIPS USFA UA1220/01	85	1,5	1,8
STARLIGHTSCOPE	130	1,6	2,6
FFI-BYGGET KIKKERT MED TRETRINNSRØR	105 63	1,4 0,73	
FFI-BYGGET KIKKERT MED KANALPLATERØR	105 63	1,4 0,73	

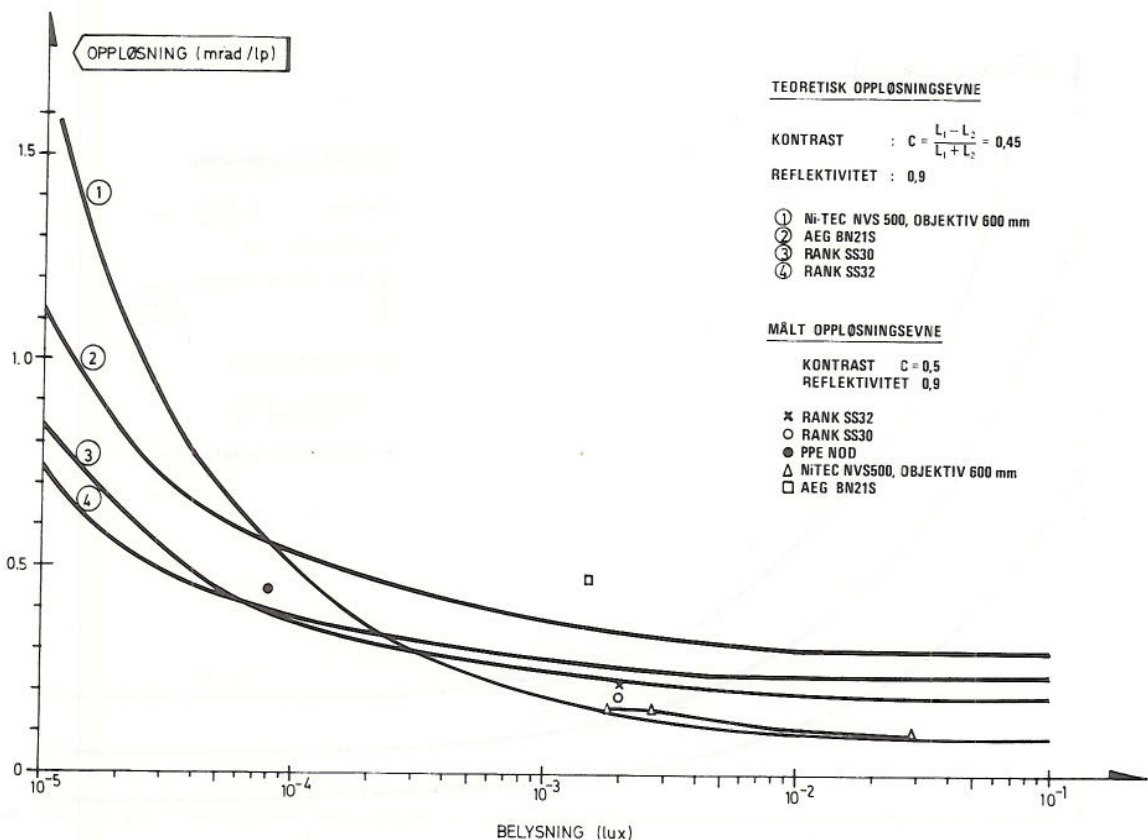
Tabell 4.1 Lysforsterkerkikkerter prøvet under jobb "Strid i mørke"

Det viktigste siktepunkt med disse prøvene har vært å finne yteevne (dvs oppløsningsevne, eller rekkevidde mot definerte mål) av ulike typer instrumenter under ulike forhold. Resultatene er sammenliknet med de resultatene man får ved bruk av modellen beskrevet i kap 4.2. Ut fra de resultatene man har oppnådd, og de krav som Hæren setter til instrumentene, kan man sette opp de nødvendige spesifikasjoner for et instrument som skal anskaffes i større antall. Videre kan en finne hvilke eksisterende instrumenter som fyller de krav som settes.

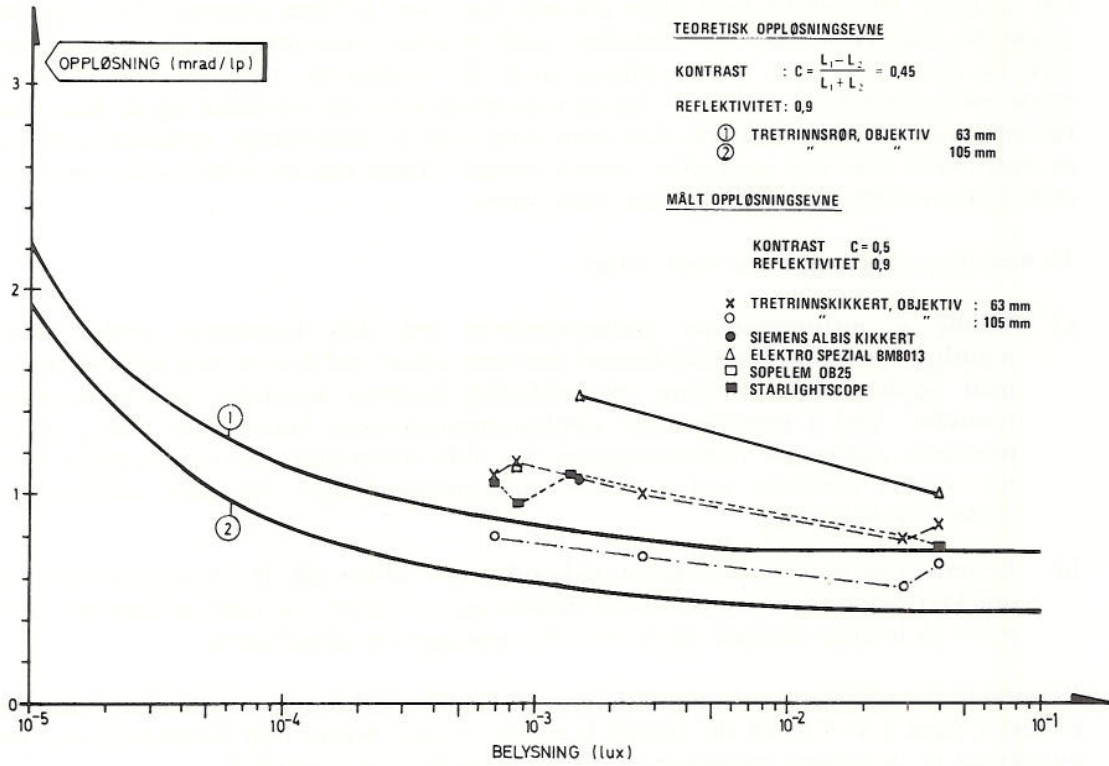
To hovedtyper målinger har vært utført:

- Måling av instrumentenes oppløsningsevne ved ulike kontraster, under ulike, naturlige lysnivåer. Disse målingene har vært utført ved å sette opp ulike plakater med oppløsningstestmønstre av forskjellig kontrast utendørs, under naturlige lysnivåer. Ved å betrakte disse oppløsningsmønstrene kunne man finne instrumentenes maksimale oppløsningsevne for ulike kontraster, ved en belysning. Man har variert lysnivået ved å utføre oppløsningsmålinger ved flere anledninger, under ulik belysning.
- Bestemmelse av instrumentenes rekkevidde mot ulike mål. Dette er gjort ved å la objekter (kjøretøyer og personer) nærme seg en observatør med instrument, og å finne på hvilken avstand objektene kan oppdages og identifiseres.

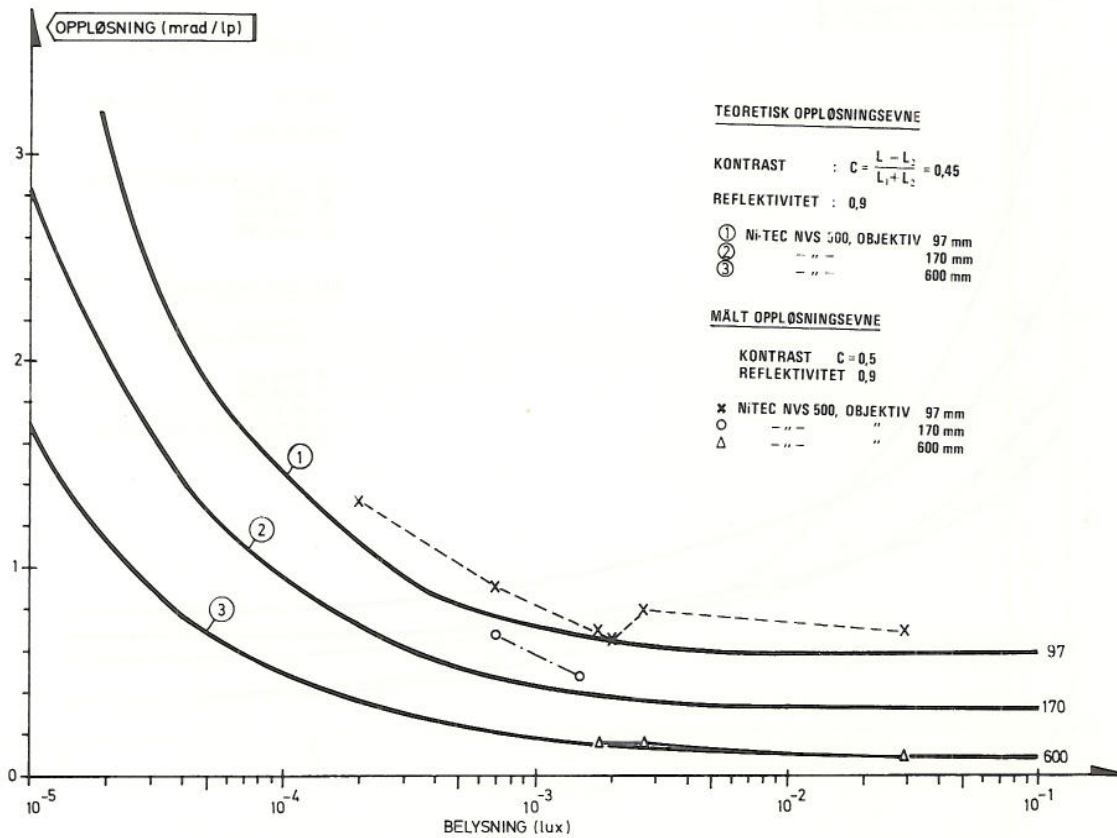
Resultater fra målinger av oppløsningsevnen til ulike instrumenter ved ulike lysnivåer er vist i figur 4.4–4.6. På de samme figurene er også tegnet opp forventede oppløsningsevner til de samme instrumenter, ut fra modellen vist i kap 4.2.



Figur 4.4 Opplysningsevne for fem store lysforsterkerkikkerter



Figur 4.5 Opplosningsevne for en del lysforsterkerkikkerter med tre-trinns rør



Figur 4.6 Opplosningsevne for lysforsterkerkikkert, Ni-Tec NVS 500, med forskjellige objektiver

I figur 4.4 er vist prøveresultater for fem store lysforsterkerkikkerter. En ser at de oppløsningsevner som er oppnådd samsvarer bra med modellen. I figur 4.5 er vist oppløsningsevne for ulike mindre kikkerter med tre-trinns rør. Modellberegninger for de FFI-bygde kikkertene med tre-trinns rør er her tatt med. Modellen forutsier ca 20% bedre oppløsningsevne enn målingene med disse instrumentene viser. Den siste figuren, figur 4.6 viser målinger og beregninger av oppløsningsevne for Ni-Tec NVS 500, en kikkert med kanalplaterør, og med tre ulike objektiver. Målinger og beregninger samsvarer her bra.

Tabell 4.2 viser målte og beregnede rekkevidder for mange ulike instrumenter og forhold. Resultatene for direkte målte rekkevidder kan ikke uten videre sammenliknes med beregnede rekkevidder, da man ikke kjenner nøyaktig reflektivitetene til mål og bakgrunn, og kontrasten mellom disse. For allikevel å få et sammenlikningsgrunnlag,

INSTRUMENT	LYS-NIVÅ mlux	MÅL TYPE	MÅLTE REKKEVIDDER, m		BEREGNEDE REKKEVIDDER, m			
			DETEKSJON D	GJEN- KJENNELSE G	$\rho = 0,2; C = 0,2$		$\rho = 0,35; C = 0,3$	
					D	G	D	G
NI-TEC NVS 500 f = 97 mm	1	MANN	500	—	270	130	400	200
"	2	STRIDS- VOGN	1000	500	750	370	1090	540
NI-TEC NVS 500 f = 130 mm	1	MANN	500	—	400	200	600	300
NI-TEC NVS 500 f = 170 mm	0,8	MANN	170	—	400	200	600	300
"	0,5	STRIDS- VOGN	700	350	890	440	1040	520
NI-TEC NVS 500 f = 600 mm	1	MANN	1000	500	900	450	1500	750
RANK SS20	2	STRIDS- VOGN	1000	500	1620	810	2110	1050
RANK SS32	2	STRIDS- VOGN	—	>1000	2600	1300	3600	1800
"	2	MANN	800	—	1000	500	1400	700
STARLIGHT- SCOPE	2	STRIDS- VOGN	1000	500	1600	800	2100	1050
FFI-KIKKERT TRETRINNSRØR f = 63 mm	0,5	STRIDS- VOGN	600	300	720	360	940	470
FFI-KIKKERT TRETRINNSRØR	0,8	MANN	300	—	450	250	600	300

Tabell 4.2 Målte og beregnede rekkevidder for ulike instrumenter og forhold

$\rho$  — Reflektivitet

C — Kontrast

har en satt inn i modellen alle kjente parametre fra forsøkene (instrumentparametre og lysnivå), og antatt to alternative sett med bakgrunnsreflektivitet og målkontrast. De rekkeviddene en ved dette har kunnet beregne, er sammenliknet med målte rekkevidder. En har antatt refleksivitet 0,2 og kontrast 0,2 i ene settet, og refleksivitet 0,35 og kontrast 0,3 i andre settet. Som kriterium for deteksjon har en brukt to oppløsbare linjepar over målet, for gjenkjennelse har en brukt 4 oppløsbare linjepar.

Da billedtyding for deteksjon og gjenkjennelse av bestemte mål er en kompleks oppgave, og man ikke har kontroll med alle parametre, får man som ventet avvik mellom målte rekkevidder og beregnede. Men det er ingen tydelig tendens i avvikene, slik at den ene eller andre metoden gir for gode resultater. Den anvendte modell gir derfor så gode forutsigelser som en kan vente, så lenge en ikke kjenner kontraster, refleksiviteter og atmosfæredempning detaljert for alle aktuelle situasjoner.

#### 4.3.5 Lavlys TV

Lavlys TV har vært undersøkt, som et mulig alternativ som sikte for stridsvogner. To kameraer har vært prøvet. De er basert på to like TV-kameraer for vanlige vidiconrør. Kameraene er bygget om på FFI, ved at to ulike typer lavlys kamerarør er passet inn i hvert sitt kamera. De to lavlys kamerarørene var:

- a) Et 18 mm Mullard kanalplaterør koblet direkte til et vidiconrør med fiberoptikkvindu.
- b) Et RCA "low blooming" SIT-rør, koblet sammen med en 18 mm lysforsterkerdiode. Denne kombinasjonen tilsvarer et RCA ISIT-rør.



*Figur 4.7 Bilde av stridsvogn NM116 på 500 m avstand tatt opp med lavlys TV-kamera med ISIT kamerarør  
Belysning 2 mlux.*

Samme objektivlinse ble brukt på de to kameraene, med fokallengde 300 mm og F-tall 2,8.

Kameraet med kanalplaterør ga noe mer støy i bildet enn kameraet med ISIT-rør. Dette gjorde at oppløsningsnivåen ved lave lysnivåer er noe bedre for ISIT-kameraet. For øvrig er oppnåelig oppløsning i et lavlys TV-kamera av samme størrelse som i en lysforsterkerkikkert, hvis en bruker samme objektiv i de to instrumentene. Figur 4.7 viser et eksempel på bildet av en stridsvogn på 500 m hold, tatt opp på Trandum under en måleekspedisjon, med ISIT-kameraet.

#### 4.3.6 Termisk observasjonsinstrument

Ett termisk observasjonsinstrument har vært prøvet under jobben. Instrumentet er utviklet på FFI, primært for sjøforsvarsformål, og er ikke tilpasset observasjonsoppgaver for Hæren. Synsfeltet er ca 5 grader horisontalt og 1 grad vertikalt, og maksimal



Figur 4.8 Termisk bilde av stridsvogn Leopard på 800 m hold tatt opp med FFI-utviklet instrument

vertikal oppløsning er 30 linjer. Et kamera for hærbruk bør ha minst 4x5 grader synsfelt og helst 200 linjer oppløsning eller mer. Prøvene har hovedsakelig bestått av en sammenlikning av deteksjons- og gjenkjennelses-evne til det termiske instrumentet og ulike lysforsterkerkikkerter. Som mål har man brukt personer og stridsvogner. Maksimal oppnåelig observasjonsavstand i det området hvor prøvene ble gjort (Entac skytefelt på Trandum) var begrenset til ca 1800 m p g a terrenget. Selv ved sterk atmosfærisk dempning fra dis var en stridsvogn gjenkjennbar på denne avstanden, med infrarød-kameraet. En person var gjenkjennbar på over 1000 m. Maksimal avstand for gjenkjennelse av stridsvogner ved hjelp av ulike små lysforsterkerkikkerter var samtidig ca 300 m (lysnivået var ca 1 mlux).

Figur 4.8 viser eksempel på en stridsvogn på 800 m hold tatt opp med IR-kameraet.

## 5 FORSLAG TIL OBSERVASJONSUTSTYR FOR HÆREN

På grunnlag av de prøver som er utført har man utarbeidet forslag til løsninger av hvert enkelt av de problemene som opprinnelig var skissert, innen feltet nattobservasjonsutstyr for Hæren.

### 5.1 Passivt kjøperiskop for stridsvogner

En detaljert gjennomgåelse av det periskopet man foreslår, og hvordan det bør realiseres er gitt i et eget teknisk notat (3). De viktigste konklusjoner fra notatet er gjengitt nedenfor:

- Passive nattkjøperiskop for stridsvogner kan realiseres ved ombygging av en type infrarød-kjøperiskop som finnes i landet (kjøperiskopet AEG NFP 18 på Leopard stridsvogner). Den viktigste modifikasjonen består i å skifte ut de originale billedrørene med lysforsterkerør av typen kanalplaterør. Kjøperøper har vist at et slikt ombygd instrument er et tilfredsstillende passivt kjøperiskop.

Den overveiende del av omkostningene ved ombyggingen består i prisen på lysforsterkerørene (to pr instrument). Prisen for ett billedrør av riktig type er i dag ca 18000 kr i små antall, men ved forhandlinger med fabrikantene bør man vente gunstigere priser.

Selve ombygingsarbeidet kan utføres i HFKs regi, som en velegnet oppgave for Elektro-optisk verksted. Nødvendig arbeidstid for å bygge om ett instrument er anslått til ca 20 t. Underlag for utførelse av ombyggingen er inkludert i notatet.

Den type lysforsterkerør som trengs i kjøperiskopet er den samme som trengs i et foreslått nattsikte for stridsvogner, og i en lett bærbar lysforsterkerkikkert for Infanteriet. De ombygde kjøperiskopene kan brukes i både NM116, M48 og Leo-

pard stridsvogner. Disse forhold bør tas i betraktning ved de prisforhandlinger om billedrør som skal føres med aktuelle produsenter, slik at forhandlingene kan gjelde et så høyt antall rør som mulig.

FFI har bygget om fire kjøreperiskop som stilles til rådighet for Hæren for prøver mens prisforhandlinger om rør pågår. På den måten skulle det være mulig å fatte endelig beslutning om ombygging umiddelbart etter at endelig pristilbud foreligger. Dette bør kunne skje i løpet av våren 1976. Etter nødvendig leveringstid på billedrør, og nødvendig forberedelser, kan ombygging starte høsten 1976.

## 5.2 Passivt nattsikte for stridsvogner

Et forslag til passivt nattsikte er også utarbeidet og et eget teknisk notat (4) om dette er skrevet. De viktigste konklusjoner fra notatet er gjengitt nedenfor:

- Et passivt nattsikte for stridsvogner kan realiseres ved et lysforsterkerinstrument som er montert utvendig på vognen, rett foran dagslysteleskopet. Dette teleskopet fungerer nå som lupe for å se bildet fra lysforsterkerinstrumentet. Det utvendig monterte instrumentet pluss teleskopet virker derved som en ordinær lysforsterkerkikkert. Ved å svinge unna det utvendig monterte instrumentet kan teleskopet brukes som originalt i dagslys.

For å realisere instrumentet er det nødvendig først å ta en del prinsipielle valg, av optikk og opphengningsmekanikk. Dette valget bør understøttes av prøver med ulike utgaver av instrumentet. Dette arbeidet bør i hovedsak utføres ved FFI. Videre er det nødvendig å konstruere en prototyp som kan gjennomgå nødvendig prøveprogram før den settes i produksjon. Det er naturlig å henvende seg til en norsk industribedrift for å delta i konstruksjonen og produsere instrumentet.

Den foreslåtte sikteløsning kan brukes på både NM116, M48 og Leopard stridsvogner. Siktet vil ha mange trekk felles med en lett bærbar lysforsterkerkikkert for Infanteriet. Det bør derfor vurderes om en slik kikkert med fordel også kan lages av samme bedrift som lager siktet.

Hvis en industribedrift kontaktes i løpet av våren 1976, må man anta at instrumenter for brukerprøver kan være tilgjengelig våren 1977. Endelig produksjonskontrakt kan da tidligst undertegnes sommeren 1977. Ved å ta hensyn til nødvendig leveringstid for komponenter, finner man at endelig produksjon av siktet bør kunne starte mot slutten av 1977.

## 5.3 Passivt observasjonsinstrument for stridsvogner

Det foreslås at man går inn for lavlys TV som passivt nattobservasjonsinstrument på stridsvogner, og at TV-kameraet realiseres med en ladningskoblet komponent (CCD) som billedsensor.

Det vil ta tid før et slikt instrument er ferdig til operativ bruk. Som en overgangsløsning må man derfor bruke det foreslåtte passive nattsiktet som både sikte- og observasjonsinstrument.

Men effektiv ildgivning vil først være mulig etter at et eget observasjonsinstrument med god rekkevidde er installert. Et CCD lavlys TV kamera vil bli lite, lett, robust og rimelig. Det vil sikre en mulighet for observasjon under fart med vogna, ved montering på en stabilisert plattform. Videre vil det kunne dreies i alle retninger, uavhengig av tårnets retning. Med det passive nattsiktet vil disse mulighetene være små, da siktet vil være låst til kanonens retning.

Konseptet med CCD billedsensor er for nytt til at ferdige lavlys kameraer ennå er utviklet. Derfor foreslås at man vurderer et utviklingsprosjekt på FFI, for å realisere et slikt kamera, spesielt tilpasset bruk på stridsvogner.

#### 5.4 Lett bærbar lysforsterkerkikkert

For å realisere et passivt nattsikte for stridsvogner, som foreslått i kap 5.2, er det nødvendig å kontakte en norsk industribedrift med sikte på utforming og produksjon. Det foreslås at man også forhandler med samme bedriften om utforming med sikte på produksjon av en lett bærbar lysforsterkerkikkert, da denne vil ha mange felles trekk med nattsiktet. Det bør først utformes et lite antall prototyper, som kan utprøves av Hæren. Et norskutviklet instrument må deretter vurderes mot de instrumentene som finnes tilgjengelig på markedet, for valg av det mest velegnede. Tabell 5.1 viser en oversikt over tilgjengelige lysforsterkerkikkerter i dag.

Et eventuelt norsk instrument vil bli nøye tilpasset de kravene som Hæren stiller til en lett lysforsterkerkikkert. Ut fra de kravene som er satt opp i kap 2, bør instrumentet ha omtrent følgende spesifikasjoner:

- Billedrør: Kanalplaterør med 25 mm fotokatode
- Objektiv: Katadioptrisk  
f = 120 mm  
F = 1,0
- Forstørrelse: ca 4 x
- Synsfelt: ca 12°
- Vekt: ca 2,5–3 kg

#### 5.5 Observasjonsinstrument for lange hold

Det foreslås iverksettelse av de undersøkelser og det utviklingsarbeid som er nødvendig for å anskaffe termisk avbildningsutstyr for observasjon på lange hold i mørke. I kap 3.5 er skissert viktige problemer som må klarlegges, og som best kan løses innen rammen av en FFI-jobb. En slik jobb bør planlegges med en tidsramme på ca 3 år. Jobben bør ha følgende siktepunkter:

- a) Klarlegging av stråling fra mål og bakgrunner, ved hjelp av et termisk kamera. Ut fra denne kartleggingen kan nødvendige dimensjoner på et tilpasset kamera beregnes.
- b) Utvikling av et termisk kamera som er tilpasset Hærens behov. Kontakt med en industribedrift med sikte på å utvikle en produksjonsmodell må vurderes.
- c) Oppfølging og vurdering av utviklingen av termiske kamera i andre land. Ut fra en sammenlikning mellom ulike utenlandske instrumenter, og et FFI-utviklet instrument, kan man velge det best egnede for norsk anskaffelse.



FABRIKAT, NASJON BETEGNELSE	RØRTYPE	OBJEKTIV			FORSTØR- RELSE	SYNS- FELT	VEKT (kg)	PRIS	
		f(mm)	F-NR	T-NR				1 STK	300 STK
<b>AEG, V-TYSKLAND</b>									
B22	18 mm, 2 TRINN	101	1,4		5,2x	10°	1,7		
B22S	18 mm, 2 TRINN	150	1,2		7,5x	6,5°	3,0		
BN21	18 mm, 2 TRINN	101	1,4		4,5x	11°	2,2		
BN21S	18 mm, 2 TRINN	150	1,2		7,5x	6,5°	4,0		
<b>APPLIED SYSTEMS, USA</b>									
18G- 65 ES	18 mm MCP	65	1,0	1,12	2,4x	15,8°	1,4	9000 \$	7500 \$
18 - 65 E2S	18 mm, 3 TRINN	65	1,0	1,12	2,4x	15,8°	2,0	5000 \$	4000 \$
18 - 78 E2S	18 mm, 3 TRINN	78	0,95	1,05	3x	13,2°	2,1	5000 \$	4000 \$
18 -150 E2S	18 mm, 3 TRINN	150	0,95	1,05	5,8x	6,9°	5,2		
40 -520 EB	40 mm, 3 TRINN	520	2,6	3,0	10,4x	4,4°	13,8		
<b>ELEKTRO SPEZIAL, V-TYSKLAND</b>									
BM 8013	18 mm, 3 TRINN	120	1,9		4x	8°	1,97		
<b>FUJINON, JAPAN</b>									
FNS-P101	25 mm, 3 TRINN	300	1,5	2,2	4x	4,8°			7500 \$
<b>JAVELIN, USA</b>									
223	18 mm, 3 TRINN	135	1,6			7,6°	1,9	4190 \$	3300 \$
		170	1,5			6,0°		4590 \$	
229	40 mm, 3 TRINN	255	1,23	1,7	7x	9°	17	16100 \$	9500 \$
<b>NI TEC, USA</b>									
NVS 500	25 mm MCP	97	1,6	1,7	2,7x	14,7°	1,8		
		170	1,88	2,0	4,8x	8,9°	2,7		
NVS 700	25 mm MCP	95	1,2	1,7	3,5x	13,5°	1,8	7400 \$	
NVS 800	25 mm MCP	155		1,7	6x	9°	3,9		
<b>OUDE DELFT, NEDERLAND</b>									
HV 7 x 200 AT	25 mm, 3 TRINN	200	1,0		7x	7°	12,8		34450 Hfl
HV 5 x 80 AT	18 mm, 3 TRINN	100	1,3		5x	10°	1,9		16550 Hfl
PB4 DS	SPE5, 2 TRINN	100	1,3		4x	10°	1,9		17600 Hfl
<b>PHILIPS USFA, NEDERLAND</b>									
UA 1220/01	XX1080, 1 TRINN	85	1,5		2x	28°	1,8		11000 Hfl
		120	1,9		4x	14°	1,8		
UA 1242/00	18XX, MCP	145	1,6		5x	7,5°	1,9	30000 Hfl	14000 Hfl
UA 1116/00	18XX, MCP	120	1,6		4x	9°	1,6	25000 Hfl	12000 Hfl
<b>PPE, ENGLAND</b>									
TRILITE	25 mm, 3 TRINN	100			2,5x	13°	3	1980 £	1500 £
HAWKLITE	25 mm, 3 TRINN	130			5x	10°	7,3	3600 £	3300 £
LOLITE	25 mm, 3 TRINN	63	0,73		1,4x	22°	3,4	1980 £	1500 £
NIMTAN	25 mm, 3 TRINN	63	0,73		1,7x	20°	7,4	2640 £	2100 £
NOD	40 mm, 3 TRINN	310			5x	7,2°	28	7200 £	4800 £
<b>RANK, ENGLAND</b>									
SS20	25 mm, 3 TRINN	130	1,4		3,75x	10°	2,78	2703 £	2002 £
SS30	25 mm, 3 TRINN	240	1,5		5,7x	6°	8,3	3332 £	2587 £
SS32	25 mm, 3 TRINN	190	0,9		5x	7,5°	10	4094 £	3260 £
<b>SIEMENS ALBIS, SVEITS</b>									
RDS 400	25 mm, 3 TRINN	75	1,1		2,5x	16°		15000 SF	9300 SF
<b>SOPELEM, FRANKRIKE</b>									
OB25	25 mm, 3 TRINN	130	1,6		4x	11°	2,9		49000 FF
VN 4	18 mm, 3 TRINN	120	1,6		4x	8°	1,9		31000 FF
VN 6	25 mm, 3 TRINN	210	1	1,3	6x	7°	12		90000 FF
<b>TRT, FRANKRIKE</b>									
OB42 KIKKERT	18 mm MCP				4x	8°	1,85		65000 FF
<b>VARO, USA</b>									
9803	25 mm MCP	158		1,6	6,2x	9°	3	13600 \$	9950 \$
		235		2,2	9,4x	6°			
9804	25 mm MCP	95		1,6	3,7x	14,5°	1,5		
9823	18 mm, 3 TRINN	95		1,6	3,5x	10,5°	1,8		
9823 E	18 mm, 3 TRINN	155	1,4	1,6	5,7x	6,5°	4	4870 \$	4600 \$
NOD	40 mm, 3 TRINN	255	1,23	1,7	7x	9°	18	8940 \$	7370 \$

Tabell 5.1 Oversikt over tilgjengelige lysforsterkerkikkerter

## 6 FORSLAG TIL ARBEID MED PROSJEKTENE VIDERE

Dette kapitlet beskriver en plan for realisering av forslagene satt fram i kap 5. Den opprinnelig skisserte plan for arbeidet med nattobservasjonsutstyr for Hæren forutsatte en oppdeling av arbeidet i tre adskilte faser. Fase I er nå avsluttet. Den plan som skisseres her inneholder fase II og III av arbeidet. Dette innebærer utvikling og realisering av instrumenter.

De forskjellige instrumentene som foreslås realisert kan deles i tre grupper, etter hvor mye utviklingsarbeid som gjenstår, og hvordan arbeidet bør organiseres:

a) *Passivt kjøperiskop*

Ombyggingsarbeidet i forbindelse med kjøperiskop er skissert i detalj, og kan påbegynnes så snart beslutning er tatt og nødvendige komponenter er anskaffet. Hele dette arbeidet bør utføres i HFKs regi, og selve ombyggingen kan utføres ved Elektro-optisk verksted, Helgelandsmoen. Ombyggingen kan påbegynnes høsten 1976.

b) *Passivt nattsikte for stridsvogner; lett bærbar lysforsterkerkikkert*

Begge disse instrumentene er skissert hva angår dimensjoner og komponenttyper, men den endelige utformingen gjenstår. En industribedrift bør kontaktes med sikte på eventuell produksjon av instrumentene. En rekke konstruktive problemer bør imidlertid løses av FFI, i samråd med HFK. FFI kan stille til rådighet enkelte prototype-forslag i løpet av høsten 1976. Disse bør gjennomgå prøver og modifikasjoner før endelig beslutning om produksjon. Eventuell produksjon kan tidligst starte omkring årsskiftet 1977–78.

c) *Lavlys TV-kamera med CCD billedsensor, for stridsvogn; termisk kamera for observasjon på lange hold*

Dette er to instrumentkonsepter som krever en utviklingsjobb for nødvendig klarlegging og eventuell realisering. For å gjøre dette arbeidet foreslås en ny FFI-jobb: Strid i mørke – fase II. Inn under denne jobben vil også høre nødvendig bistand og oppfølging av de øvrige forslagene til utstyr, som er beskrevet ovenfor. Tidsrammen for en slik jobb vil være ca 3 år.

Som en separat del av jobben bør det utstyres et lite verksted for produksjon og montering av linseelementer på FFI. Dette verkstedet vil ha to viktige funksjoner:

- i) Det vil muliggjøre en rask realisering og uttesting av optiske systemer som man i dag på FFI er i stand til å konstruere på regnemaskin. Leveringstid på spesialkonstruerte linseelementer fra utlandet er 4–9 måneder. Dette er en hemsko i arbeidet med utvikling av egne linsesystemer.
- ii) På basis av erfaringer som gjøres ved FFI vil det være mulig å starte en liten, spesialisert optikkproduksjon ved en eventuell interessert norsk industribedrift. Dette vil være av betydning i forbindelse med produksjon av elektro-optisk utstyr.

## 7 OPPSUMMERING

FFIs jobb, Strid i mørke – lysforsterkerutstyr, utgjør fase I i et større program, og var planlagt som en kartlegging og klarlegging av hele problemkomplekset med nattobservasjonsutstyr for Hæren.

Denne kartleggingen har bestått av følgende hoveddeler:

- a) Prøver og undersøkelser av en rekke typer nattobservasjonsutstyr, for å finne typiske yteevner for de ulike instrumentene, og for eventuelt å fastslå om enkelte av instrumentene kan være aktuelle for anskaffelse i store antall for Hæren.
- b) Et samarbeid med Hæren for å komme fram til realistiske krav til nattobservasjonsutstyr.
- c) Utarbeidelse av forslag til nattobservasjonsutstyr for Hæren. Disse forslagene dekker de kravene som er stilt til slikt utstyr.

Enkelte av forslagene til utstyr har det vært mulig å utarbeide mer detaljert enn forutsatt for denne fase I av arbeidet. Dette gjelder i første rekke et forslag om passive kjøreperiskop for stridsvogner. Slike instrumenter kan realiseres ved ombygging av eksisterende aktive infrarødperiskop, av type AEG NFP 18, som finnes på alle Leopard stridsvogner. Ombyggingsarbeidet er relativt enkelt. Det er beskrevet i detalj i et eget teknisk notat (3), og kan utføres i HFKs egen regi, på Elektro-optisk verksted, Helgelandsmoen.

For to andre instrumenter, et passivt nattsikte for stridsvogner, og en lett bærbar lysforsterkerkikkert, er de viktigste spesifikasjoner klarlagt. Disse to instrumentene vil ha en del felles trekk, og bør derfor ses i sammenheng.

Det er mulig for en interessert industribedrift å konstruere prototyper av disse instrumentene, med noe bistand fra FFI.

For å realisere de øvrige instrumenter, som skal til for å fylle de behov Hæren har til nattobservasjonsutstyr, er det nødvendig med en noe større utviklingsjobb, en fase II i programmet, av varighet ca 3 år. De aktuelle instrumentene er et lavlys TV-kamera med ladningskoblet billedsensor, for observasjon fra stridsvogner, og et termisk infrarødt kamera, for observasjon over lange hold.

## Litteratur

- (1) Nordbryhn, A  
R Andersen – Forstudie: Strid i mørke – Sluttrapport for FFI prosjekt 2108, Intern rapport E-239, Forsvarets forskningsinstitutt (1974)
- (2) Nordby, H – Naturlige belyningsnivåer i Norge gjennom ett år, Teknisk notat E-763, Forsvarets forskningsinstitutt (1975)
- (3) Nordbryhn, A – Passivt kjøreperiskop for stridsvogner, Teknisk notat E-747, Forsvarets forskningsinstitutt (1976)

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

- (4) Nordbryhn, A  
– Passivt nattsikte for stridsvogner, Teknisk notat E-775, Forsvarets forskningsinstitutt (1976)
- (5) Østli, K  
et al  
– Innstilling fra arbeidsgruppen for forbedring av Hærens stridsevne i mørke og under vanskelige observasjonsforhold (Østli-utvalget), Oslo (1972)
- (6) Vatsia, M L  
– Atmospheric optical environment, Research and Development Technical Report ECOM-7023, US Army Electronics Command (1972)
- (7) Barbe, D F  
– Imaging devices using the charge-coupled concept, *Proc IEEE* 63, 1, 38-67 (1975)
- (8) Nordbryhn, A  
et al  
– Arbeidsnotat 1-28 fra jobb 305: Strid i mørke, Forsvarets forskningsinstitutt (1974-76)

BEGRENSET

BEGRENSET

i h. t. Sikkerhetsinstruksen

