

Hemmelig

HEMMELIG

FFIS

Teknisk notat S-96

Referanse: 196-S/161

Dato: August 1965

Denne publikasjon er HEMMELIG.  
og tilhører FFis bibliotek  
Låntageren er ansvarlig for at den  
oppbevares forskriftsmessig.  
Publikasjonen kan ikke LÅNES  
videre til andre. Returneres til  
biblioteket snarest.

Eksemplar nr 35 av 36  
86 sider

**AVGRADERT**

Dato: 19.02.08 Sign: SA

MODERNE TEKNISKE HJELPEMIDLER FOR OPFKLARING OG VARSLING I  
HÆREN

av

T K Roderburg  
M Eggestad  
O Lillesater  
A Mortensen

Kjeller 9 august 1965

FFIS	H-ARKIV
SAKSNE	
001832 - 29.85	

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25 - Kjeller  
Norge

HEMMELIG

Hemmelig

<u>INNHOLDSFORTEGNELSE</u>		Side
1	INNLEDNING	3
2	TAKTISKE OPPGAVER	4
2.1	Forsvarsstrid	7
2.2	Offensiv strid	10
2.3	Patruljevink somhet	11
2.4	Taktiske forflytninger	12
2.5	Vakthold og sikring i bakre områder	12
2.6	Oppsummering	12
3	TEKNISKE HJELPEMIDLER	15
3.1	Overvåkningsradar	15
3.1.1	Pulsradar	
3.1.2	CW Radar	19
3.1.3	Hovedkategorier av overvåkningsradar	22
3.1.4	Faktorer med innvirkning på anvendelsesmulighetene for radar	25
3.2	Radar søkemottakere og varslere	26
3.2.1	Søkemottakere, typiske karakteristika	27
3.2.2	Radarvarslere, typiske karakteristika	29
3.3	Utstyr for det infrarøde og visuelle spektrum	31
3.3.1	Lysstråling og infrarød stråling	32
3.3.2	Deteksjon av varmestråling	37
3.3.3	Billedrør (billedomformere og lysforsterkere)	39
3.3.4	Aktiv IR-teknikk	45
3.3.5	IR-varslere	45
3.3.6	Betraktninger om militær anvendelse av IR-utstyr og lysforsterkere	49
3.3.7	Eksempler på eksisterende utstyr	51
3.4	Spesielle uhemannede detektorer	55
3.4.1	Akustiske detektorer	55
3.4.2	Passive IR-detektorer	55
3.4.3	Radioaktive detektorer	56

	Side
3.5 Systemer for rekognosering fra luften	56
3.5.1 Fotografering og televisjon	56
3.5.2 IR-detektorer	58
3.5.3 Siderettet radar	59
3.5.4 Plattformer for luftrekognoseringsmidler	61
4 NOEN FAKTORER AV BETYDNING FOR OPPKLARING OG VARSLING	66
4.1 Terreng	66
4.2 Meteorologiske data	67
4.2.1 Vind	67
4.2.2 Temperatur	67
4.2.3 Snødekke	68
4.2.4 Nedbør, tåke	69
4.2.5 Lysforhold	69
4.3 Kamouflasje og andre motmidler	71
4.4 Etterretninger om Østblokkens status	72
4.5 Visuell observasjon	75
5 OPPSUMMERING OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDE	77
5.1 Lysforsterkere	78
5.2 Aktivt IR-utstyr	78
5.3 IR-varslere	79
5.4 Radar	79
5.5 Radarvarslere	80
5.6 Spesielle ubetjente detektorer	80
5.7 Luftrekognoseringsutstyr	81
5.8 Områder av spesiell betydning	81
5.9 Forslag til retningslinjer for det videre arbeid ved PFI	82
REFERANSER	84

MODERNE TEKNISKE HJELPEMIDLER FOR OPPKLARING OG VARSLING  
I HÆREN

SUMMARY

A broad outline of the subject of battlefield surveillance for the Army is given. The emphasis is on the illustration of the expected tactical utility of the various technical aids for surveillance. It is suggested that the Norwegian Army should give priority to a further investigation of the available types of infrared and radar illumination detectors, short range surveillance radars, and active IR-sights. The development of light-amplification devices should also be closely followed. (Modern Technical Aids for Army Battlefield Surveillance).

1 INNLEDNING

Formålet med dette notatet er å gi en bred oversikt over moderne tekniske hjelpemidler for overvåkning av stridssonen og de mulige taktiske anvendelsene av disse midlene i Hæren. Notatet skal være en del av grunnlaget for en vurdering av hvilke utstyrskategorier som det er sannsynlig at det vil være hensiktsmessig å innføre i Hæren i 7-års perioden 1969-75. Det er meningen at de utstyrskategoriene som peker seg ut som av spesiell taktisk verdi skal gjøres til gjenstand for detaljerte analyser.

I dette notatet omfatter begrepet "overvåkning av stridssonen" følgende:

- a) Observasjon ved hjelp av tekniske hjelpemidler i områder hvor egne styrker er i kontakt med fienden, med henblikk på å oppdage, lokalisere og registrere mål eller andre objekter av militær interesse på bakken. Observasjonshjelpemidlene kan være plassert på marken eller brukes fra luften.
- b) Varsling av spesiell fiendtlig virksomhet innen et gitt interessesområde.

Merk at varsling av fiendtlig flyvirksomhet og spesiell registrering av kjernefysiske, biologiske og kjemiske (ABC) stridsmidler ikke vil bli behandlet her.

Hjelpemidler for artilleriets ildledning har mange nære tilknytningspunkter til overvåkingskomplekset. Hjelpemidler for ildledning vil imidlertid bli gjort til gjenstand for et separat studie og er ikke tatt med i denne oversikten.

I Kapitel 2 behandles de taktiske oppgavene for hovedkategoriene av utstyr under forskjellige former for strid.

Kapitel 3 presenterer de forskjellige kategoriene av moderne utstyr som kan anvendes for taktisk overvåking. De viktigste data og utviklingsperspektivene er omtalt.

Visse spesielle faktorer, som innflytelse av terreng, meteorologiske forhold, kamuflasje, etterretning om østblokkens status og mulighetene for visuell observasjon, er diskutert i kapitel 4.

Kapitel 5 gir en kort oppsummering av de viktigste aspektene av problemet og foreslår hvilke områder som bør bearbeides videre.

2

## TAKTISKE OPPGAVER

I felt har enhver sjef ansvaret for sikring av sin egen avdeling og for oppklaring i sin teig. Han har således alltid et ansvar for overvåking og kan dessuten bli pålagt spesielle overvåkingsoppgaver fra høyere sjef.

Under forhold med mørke eller dårlig sikt, som vanskeliggjør direkte visuell observasjon, vil det være et spesielt behov for tekniske hjelpemidler. Det vil vanligvis være viktig å kunne observere fienden uten selv å bli sett. Mange av de tekniske hjelpemidlene for observasjon er imidlertid aktive d v s at

de for å funksjonere må belyse målet med en eller annen form for energi (vanligvis elektromagnetisk stråling). Dette gjør det mulig for fienden å bruke den utsendte strålingen til å lokalisere utstyret. Passive hjelpemidler for observasjon benytter seg av målets egenutstråling eller den belysningen som allerede er tilstede, og bruk av disse vil således ikke øke faren for å røpe egne stillinger. De passive hjelpemidlene vil imidlertid kunne ha mindre rekkevidde eller dårligere lokaliseringsevne enn aktive midler. Valg mellom bruk av aktive eller passive midler vil derfor i visse fall skje ut fra en avveining mellom yteevne og risiko for fiendtlig oppdagelse av observasjonsposten.

I de forskjelligeformene for operasjoner vil de forskjellige aspektene av overvåkingsoppgaven tillegges varierende vekt. Hvilke kategorier av tekniske hjelpemidler som vil være mest hensiktsmessige kan derfor bli en funksjon av stridsformen. I det følgende er det forsøkt vurdert i hvilken grad typen av operasjoner kan innvirke på bruken av de forskjellige kategoriene av tekniske hjelpemidler. De operasjonsformene som behandles er:

- Forsvarsstrid
- Offensiv strid
- Patruljevirkosomhet
- Taktiske forflytninger
- Vakt hold og sikring i bakre områder

De hovedkategoriene av tekniske hjelpemidler som vil bli omtalt i forbindelse med de taktiske oppgavene er følgende:

a) Radar

Radar anvendt mot markmål tillater oppdagelse og lokalisering av bevegelige mål. Faste mål og terrengformasjoner som fra

et elektromagnetisk synspunkt skiller seg sterkt ut fra omgivelsene kan også i visse tilfeller indikeres. Lokaliseringen omfatter vanligvis retning og avstand.

b) Radarvarslere

Den elektromagnetiske energien som sendes ut av radarer kan detekteres av passive radarvarslere. Varslerne vil som regel kunne bestemme retningen til radaren, men med forholdsvis liten presisjon.

c) Aktivt infrarødt utstyr

Når terrenget belyses med stråling i IR-spektret, kan den reflekterte strålingen omdannes til et synlig bilde ved hjelp av spesielle billedomformerrør. Utstyr av denne type kan anvendes både til observasjon og til sikter.

d) Varslere for infrarødt

Passive IR-varslere vil kunne detektere strålingen fra IR-lyskastere. De eksisterer i utførelsen fra de aller enkleste som bare gir et hørbart varsel, uten retningsangivelse, til komplette billedomformere, som foruten å tillate lokalisering av strålingskildene også tillater en viss observasjon av terrenget ved hjelp av den reflekterte strålingen.

e) Lysforsterkere

Ved elektronisk forsterkning av det svake reflekterte lyset fra natthimmelen er det ved hjelp av disse instrumentene mulig å observere uten bruk av ekstra belysning. Egne stillinger vil følgelig ikke røpes ved stråling fra observasjonsutstyret. Lysforsterkere kan anvendes både som rent observasjonsutstyr og i utførelser som sikter.

f) Fotografering og fjernsyn

Bruk av fotografering og fjernsyn er spesielt aktuelt i forbindelse med anvendelse fra fly og ubemannede eleverte plattformer.

g) Spesielle ubetjente detektorer

Det eksisterer utstyr basert på seismiske, akustiske eller radioaktive detektorer for registrering av fiendtlig virksomhet i områder som normalt ikke vil kunne holdes under kontinuerlig observasjon av egne tropper. Utstyret må installeres i området på forhånd og vil kunne gi begrensede opplysninger over radio eller utlagt linje.

h) Radiopeileutstyr

Ved hjelp av flere radiopeilestasjoner er det mulig å etablere en grov lokalisering av fiendtlige radiostasjoner.

I prinsippet kan de fleste av de kategoriene av hjelpemidler som er nevnt ovenfor benyttes fra fly, helikoptere, droner (ubemannede fly) og eleverte plattformer av forskjellig art, (f eks små fortøyde helikoptere).

I tillegg til de hjelpemidlene som er nevnt eksisterer det systemer som i første rekke må karakteriseres som deler av ildledelsessystemet for artilleriet ved kontra-batteriild, f eks akustisk skytslokalisering utstyr og glimtpeileutstyr. Disse utstyrstypene vil ikke bli omtalt nærmere her.

## 2.1 Forsvarsstrid

I forsvarsstrid vil hovedvekten av overvåkingsoppgavene ligge på observasjon fra faste stillinger, vaktlinje og observasjonsposter (OP-er) for å varsle fiendtlig angrep og patruljevirkosomhet. Overvåkingen av sannsynlige fiendtlige fremrykningslinjer vil ha høy prioritet. Dessuten vil det bli lagt vekt på varsling av



fiendtlig landsetning fra sjøen og luften, omgående bevegelser og infiltrasjon.

I forsvarsstrid kan styrkene deles inn i

- oppklarings- og sikringsstyrker som skal oppdage og varsle fiendtlige angrep på et tidligst mulig tidspunkt
- hovedstyrken som forbereder stillinger i et forsvarsområde der fienden skal stanses
- en mobil reserve som skal settes inn på avgjørende tidspunkt og steder for en heldig gjennomføring av oppdraget.

Sikringsstyrkene plasseres vanligvis så langt frem langs de sannsynlige fiendtlige fremrykningsveiene som det er praktisk mulig. Deres hovedoppgave er tidlig observasjon og varsling av fiendtlige angrep, men sikringsstyrkene vil ofte også ha oppdrag som innebærer oppholdende strid foran hovedstillingene.

Det er av vesentlig betydning å vanskeliggjøre tidlig fiendtlig lokalisering og styrkebestemmelse av hovedstyrken og reserven. Fienden vil på sin side søke å oppnå et overraskende angrep. Større angrepsoperasjoner krever imidlertid grundige forberedelser i form av rekognoseringer, oppmarsj og forsyninger.

For å få et tidlig varsel om forberedelser til større angrep vil overvåking fra luften forholdvis dypt innover fiendtlig besatt område være mest hensiktsmessig. På det fiendtlige luftforsvaret vil sannsynligvis taktiske rekognoseringsjagere være mest effektive. Flyene bør i en viss utstrekning være forsynt med utstyr for nattfotografering, IR-utstyr og side-rettet radar for å muliggjøre overvåking om natten og under dårlige værforhold.

For operasjoner om natten vil lysforsterkere være det ideelle hjelpemidlet både for forsvarer og angriper på korte hold. Den teknologiske utvikling (se pkt 3.3) tillater imidlertid fore-

løpig ikke anvendelse av lysforsterkere i stor skala. Anvendelse av aktivt IR-utstyr vil imidlertid kunne lette fiendens innpåsarsj og andre forflytninger om natten. Både sikrings- og hovedstyrken bør derfor gjøre utstrakt bruk av IR-varslere.

Siden sikringsstyrkenes viktigste oppgave er varsling og å hindre overraskende fiendtlig infiltrasjon og angrep, vil disse styrkene kunne ha god nytte av radar om natten og under dårlige værforhold for å kunne utvide det overvåkede området. For å vanskeliggjøre fiendtlig lokalisering av radarene og å hindre fiendtlige patruljer utstyrt med radarvarslere i å finne ubevoktede fremrykningsveier bør radarene antakelig bare benyttes i korte perioder av gangen.

Det er viktig ikke å røpe hovedstyrkens og reservens posisjoner unødvendig. Radar og andre aktive overvåkningsmidler bør derfor antakelig ikke benyttes av disse hvis ikke posisjonene allerede vites å være kjente for fienden. Spesielle ubemannede detektorer vil i enkelte tilfelle være av verdi for overvåkning av død grunn.

Når fiendtlige styrker er oppdaget av forsvarerne om natten, enten ved hjelp av varslere, radar eller på annen måte, og skal beskyttes, vil dette kunne skje ved hjelp av våpen utstyrt med aktive IR-sikter eller ved belysning av målet med lysgranater eller lysraketter (hvis lysforsterkere er tilgjengelige i tilstrekkelige antall, vil disse være av stor verdi også i denne fasen). Som regel vil antakelig forsvareren være tjent med å belyse målet for også å kunne avgi ild fra de våpen som ikke er utstyrt med nattsikter.

## 2.2 Offensiv strid

I offensiv strid tilstrebes overraskelse. Forberedelse og hemmelighold må veies mot fart og risiko for oppdagelse.

De fleste tekniske observasjonshjelpemidlene for bakke-til-bakke bruk vil ha sterkt begrenset effektivitet under bevegelse. Bortsett fra IR- og lysforsterkningsutstyr for nattkjøring, vil det antakelig i de fleste tilfelle være hensiktsmessig å benytte observasjonsutstyret fra faste stillinger. Det må imidlertid regnes med at fiendens stillinger kan være stasjonære og godt kamuflerte, slik at mulighetene for å oppdage disse før fienden oppdager våre mobile styrker vil være liten.

Under forberedelsene til angrep vil data om de fiendtlige styrker og stillinger innhentet ved hjelp av rekognosering fra luften være av stor verdi. Bruk av radiopeileutstyr for lokalisering av sambandsplasser etc vil også kunne være av betydning i denne fasen.

Angrepsstyrkene må under oppmarsj og forberedelser være forsiktige med bruk av aktive midler for ikke å røpe sine utgangsposisjoner. De bør imidlertid være godt utstyrt med varslere og annet passivt utstyr.

En offensiv operasjon vil ofte begynne med en fremmarsj og sammenstøtsstrid før den fiendtlige hovedstyrken kan engasjeres. Under fremmarsj er som regel den angripende styrken delt i en hovedstyrke og sikringsstyrker. Sikringsstyrken skal sikre hovedstyrken mot angrep i front og flanker og rykker vanligvis frem så hurtig som mulig uavhengig av hovedstyrken. Under marsj under dårlige lysforhold vil sikringsstyrkene bruke IR- og radar-varslere for å oppdage og lokalisere fiendtlige OP-er og stillinger. Styrkene vil neppe ha tid til å besette gode OP-er på dominerende høyder. Bruk av eleverte plattformer for observasjon kan derfor være aktuelt.

De av våre styrker som brukes til konsolidering av erobret terreng vil opptre i forsvar av hurtig besatte stillinger med overvåkningsoppgaver i samsvar med dette. De behøver imidlertid neppe legge særlig stor vekt på å skjule stillingsområdet. Radar og aktiv IR kan derfor være aktuelle hjelpemidler.

### 2.3 Patruljevirkksomhet

Patruljer kan deles i

- stridspatruljer med begrensede stridsoppdrag, som f. eks. forstyrrelse av en fiendtlig transport, ødeleggelse av viktige mindre objekter, innhenting av fanger etc
- oppklaringspatruljer eller observasjonspatruljer som skal skaffe opplysninger om fienden eller landet ved observasjon på nært hold, men som vil søke å unngå strid.

Patruljer må være utstyrt med lette, mobile hjelpemidler. Bruk av aktive observasjonsmidler vil være bannlyst inntil målet er nådd for stridspatruljer og antakelig hele tiden for oppklaringspatruljer. Radar- og IR-varslere vil være av stor betydning for oppdagelse og lokalisering av fiendtlige OP-er og stillinger og vil også hindre deteksjon av patruljen. Hvis fienden anvender aktive observasjonsmidler kontinuerlig, vil varslerne vanligvis indikere bestrålingen før OP-en kan oppdage patruljen. I så fall kan patruljen kanskje velge en fremrykningsvei som ikke dekkes av observasjonsmidlene. En ikke kontinuerlig bruk av de aktive midlene vil imidlertid kunne umuliggjøre en slik prosedyre. Lysforsterkere for observasjon og håndvåpensikter vil være av spesiell verdi for patruljer. Om ikke passive sikter er tilgjengelige, vil sannsynligvis aktive IR-sikter være verdifulle for patruljer som innvikles i strid.

Under forberedelsene vil patruljene ha stor nytte av å kunne studere detaljerte flyfotografier av det området de skal operere i.

#### 2.4 Taktiske forflytninger

Taktiske forflytninger er transporter som foregår i områder der det er en viss fare for fiendtlig virksomhet, men hvor fiendtlige operasjoner på bakken i stor målestokk ikke er ventet.

Taktiske forflytninger sikres ved avdelinger som følger forflytningene i passende avstander, ved sikringsstyrker som besetter utsatte punkter langs marsjruten eller ved en kombinasjon av disse metodene. Forflytningene vil ofte foregå i mørket eller under forhold med dårlig sikt.

Utstyr for nattkjøring vil være av betydning. Sikringsstyrkene vil antagelig kunne anvende aktive observasjonsmidler uten å legge vesentlig vekt på faren for fiendtlig deteksjon.

#### 2.5 Vakthold og sikring i bakre områder

Ved bivakker, forsyningsinstallasjoner, hovedkvarter og faste anlegg i bakre områder vil det være et betydelig behov for vakthold, varsling av fiendtlige aksjoner og sikring mot slike. Dette vakthold bør være minst mulig personellkrevende. Bruk av tekniske hjelpemidler som radar og spesielle ubemannede detektorer kan gi betydelige lettelser i dette arbeidet.

#### 2.6 Oppsummering

Den taktiske verdi av de forskjellige tekniske hjelpemidlene for overvåking i stridssonen er komplisert å vurdere. Verdien av et bestemt hjelpemiddel vil i høy grad være avhengig av egen taktikk, fiendens taktikk og hvilke mottiltak han anvender. Det er imidlertid mulig å definere de situasjonene hvor de forskjellige kategoriene av hjelpemidler vil være særlig anvendelige.

##### a) Radar

Radar vil med fordel kunne anvendes av sikringsstyrkene

i forsvarsstrid og ved konsolidering og forsvar av erobret terreng i offensiv strid. Radar vil også kunne anvendes ved sikring av taktiske forflytninger og ved vakthold og sikring i bakre områder.

Flybåren siderettet radar vil være av betydning for overvåkning av fiendens forsyningslinjer under forhold med dårlig sikt.

b) Radarvarslere

Radarvarslere vil være av spesiell betydning for sikringsstyrkene i offensiv strid og for patruljevirkksomheten.

c) Aktivt IR-utstyr

I den utstrekning lysforsterkere av sammenliknbar yteevne ikke er tilgjengelig i tilstrekkelig antall vil aktivt IR-utstyr kunne anvendes alene eller sammen med radar i de situasjoner hvor muligheten for å røpe stillingene ikke må tillegges spesiell vekt. Som for radar, bør antakelig også aktivt IR-utstyr anvendes i korte perioder med relativt lange opphold. Som et hjelpemiddel for nattkjøring hvor mulighetene for fiendtlig observasjon er begrensede, representerer aktivt IR-utstyr en løsning som har fått stor utbredelse.

d) IR-varslere

IR-varslere vil være av verdi under alle former for forsvarsstrid og offensiv strid hvor det kan tenkes at fienden vil benytte aktivt IR-utstyr. Bruk av IR-varslere kombinert med lysgranater eller raketter vil i mange situasjoner kunne nøytralisere eventuelle fordeler ved anvendelse av aktivt IR.

e) Lysforsterkere

For observasjon og anvendelse av våpen på kort hold representerer lysforsterkere det ideelle hjelpemidlet. De vil hvis de teknologiske mulighetene tillater masseproduksjon til tilstrekkelig lave priser, kunne forenkle bruk av aktivt IR-utstyr i de fleste anvendelser.

f) Fotografering og fjernsyn

Luftfotografier vil, som tidligere, være verdifulle etterretningskilder og hjelpemidler for planlegging av angrep og patruljer. Fjernsyn i forbindelse med eleverte plattformer vil kunne være av betydning under offensiv strid hvor tidsfaktoren ikke tillater utnyttelse av terrenget for observasjon.

g) Spesielle ubetjente detektorer

Spesielle detektorer av akustisk eller radioaktiv art vil kunne være av særlig betydning for å overvåke død grunn i forsvarsstrid og ved vakthold og sikring i bakre områder.

h) Radiopeileutstyr

Radiopeilestasjoner vil kanskje ha sin største betydning som en etterretningskilde i forbindelse med planlegging av offensive operasjoner.

3 TEKNISKE HJELPEMIDLER

I dette kapitlet er de forskjellige kategorier av tekniske hjelpemidler for oppklaring og varsling i Hæren beskrevet. Hovedvekten er lagt på å belyse de fysiske prinsippene for virkemåten, og å gi typiske data av interesse for den taktiske anvendelsen av hjelpemidlene. Detaljerte beskrivelser av de enkelte utstyrstypene innen de forskjellige kategoriene er ikke tatt med.

3.1 Overvåkingsradar

Bruk av overvåkingsradar i stridssonen har primært til hensikt å oppdage og lokalisere bevegelige mål i nattemørke og under værforhold som ikke muliggjør optisk overvåking.

I et relativt åpent terreng hvor målets refleksjonskarakter skiller seg distinkt ut fra sine omgivelser er også deteksjon av faste mål mulig. Men i et kupert terreng vil radarens evne til å "se" faste mål være sterkt begrenset og bør ikke tillegges særlig vekt.

Den prinsipielle virkemåte av en radar vil ikke bli behandlet i detalj, Det skal her bare trekkes frem de fysiske forhold som er bestemmende for en radars lokaliseringsevne og oppløsningsevne i avstand, retning og hastighet. Det er to typer av radarsystemer i bruk i dag, nemlig pulsradar og CW (continuous wave) radar.

3.1.1 Pulsradar

Pulsradar er karakterisert ved at et høyfrekvent elektromagnetisk signal av kort varighet stråles ut fra en sender. Signalet blir reflektert fra et mål, og avstanden til målet bestemmes ved å måle tidsdifferansen  $\Delta t$  mellom det utsendte og reflekterte signalet. Forplantningshastigheten for den elektromagnetiske bølgen betraktes normalt som konstant og lik lyshastigheten  $c$  ( $\approx 3 \times 10^8$  m/s). Avstanden til et mål er gitt ved:



$$R = c \cdot \Delta t / 2 \quad (3.1)$$

Radarens lokaliseringsevne er derfor bare avhengig av hvor nøyaktig  $\Delta t$  kan bestemmes. Feilen eller usikkerheten i lokaliseringen angis med  $\Delta R_1$ .

Radarens oppløsningsevne i avstand er et mål for radarens evne til å skille to nærliggende mål fra hverandre. Denne er gitt ved

$$\Delta R_2 = c \tau / 2 \quad (3.2)$$

hvor  $\tau$  er lengden av den utsendte elektromagnetiske puls. En pulslengde av  $\tau = 0,2 \mu s$  svarer derfor optimalt til en oppløsningsevne  $\Delta R_2 = 30 m$ .

Radarens lokalisering og oppløsningsevne i retning og elevasjon er bestemt av antennens strålebredde. For en parabolisk reflektor er strålebredden i grader tilnærmet gitt ved:

$$\Delta \varphi_2 \approx 70 \cdot \lambda / l \quad (3.3)$$

hvor  $\lambda$  er bølgelengden og  $l$  antennens dimensjoner i vinkelplanet. For andre antenneutforminger er forholdene ikke fullt så enkle. Generelt er det slik at dess større antennen er i forhold til bølgelengden dess smalere blir strålebredden og bedre lokaliseringsevnen. Av hensyn til transport og kamuflasje er antennens dimensjoner vanligvis svært begrensede, og for å beholde en rimelig strålebredde må derfor senderfrekvensen være høy. Antar vi strålebredden tilstrekkelig liten kan oppløsningsevnen i side,  $\Delta a$ , uttrykkes ved:

$$\Delta a = \Delta \varphi_2 \cdot R \quad (3.4)$$

hvor  $\Delta \varphi_2$  er uttrykt i radianer.

Feilen i retningsangivelsen  $\Delta \varphi_1$  er avhengig av hvor nøyaktig operatøren er i stand til å rette antennen mot målet. Denne lokaliseringsevnen i vinkel er normalt bedre enn opp-

løsningsevnen.

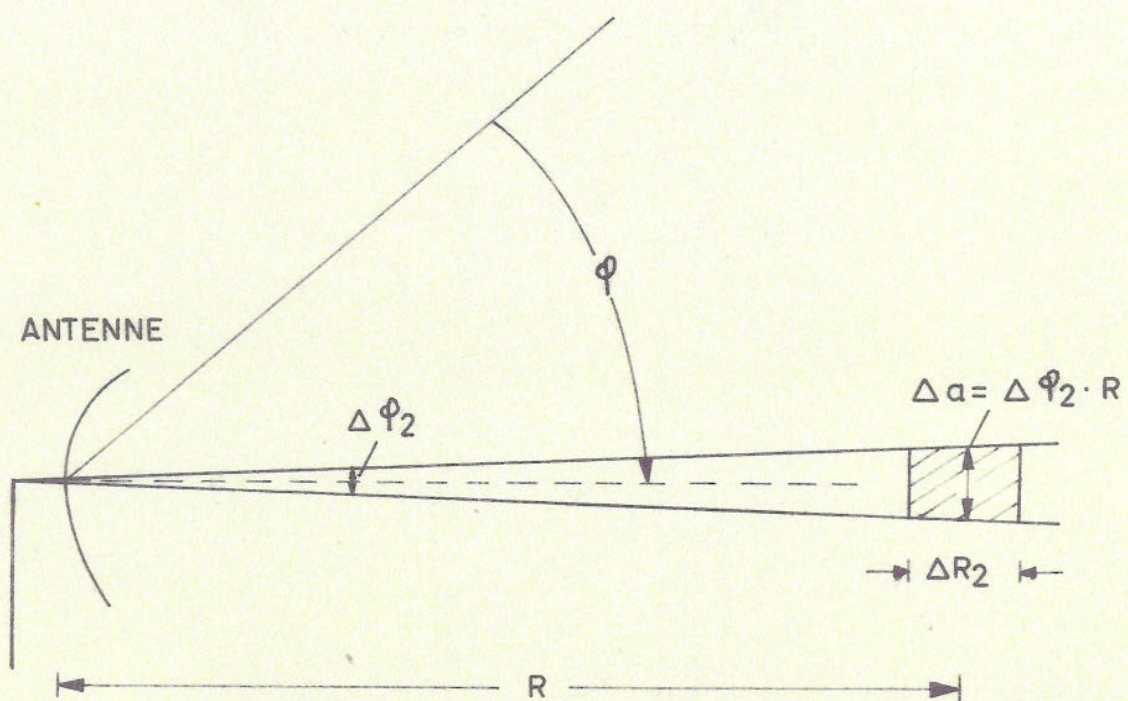
Oppløsningsevnen i avstand og vinkel er idealisert skissert i fig. 3.1.

Innenfor det skraverte område vil radaren ikke være i stand til å skille to mål fra hverandre. Merk at oppløsningsevnen i side er avhengig av avstanden til målet.

En elektromagnetisk bølge som reflekteres fra et mål med en radiell hastighet,  $V_r$ , vil få frekvensen endret i forhold til den utsendte. Denne frekvensforskyvningen, dopplerfrekvensen, som er lik differansen mellom frekvensene for det utsendte og det reflekterte signalet, er gitt ved:

$$f_d = \frac{2 V_r}{\lambda} \quad (3.5)$$

Dopplerfrekvensen er proporsjonal med målets radielle hastighet og omvendt proporsjonal med bølgelengden. Antar en som et eksempel  $V_r = 2$  m/s og  $\lambda = 3$  cm (x-bånd) finner vi  $f_d = 133$  Hz. Radarer vil normalt ikke kunne avgjøre om målet beveger seg mot eller fra radaren. Heller ikke vil den kunne detektere målets tangensielle hastighetskomponent.



Figur 3.1 En radars oppløsningsevne, idealisert

Overvåkingsradarer av kort og middels lang rekkevidde er vanligvis ikke utstyrt for visuell indikasjon av målet. Et bevegelig mål detekteres ved hjelp av dopplerfrekvensen som avlyttes gjennom hodetelefoner. Når målet er bestemt til å ligge innenfor bestemte grenseverdier, vanligvis i et område av 200-500 m utstrekning, kan den nøyaktige beliggenheten i avstand bestemmes ved hjelp av en elektronisk avstandsport som manuelt innstilles til maksimal toneintensitet. Det samme gjelder for vinkelinnstillingen. Avstandsportens lengde svarer normalt til radarens oppløsningsevne  $\Delta R_2$ . Både avstand og vinkel angis vanligvis på telleverk.

### 3.1.2 C W Radar

I motsetning til pulsradar sender en CW radar ut en kontinuerlig bølge. I sin enkleste form er denne bølgen unmodulert og vil da ikke kunne gi avstandsinformasjon. Radaren vil bare registrere eksistensen av bevegelige mål innenfor sitt synsfelt. For å oppnå informasjon om avstanden til målet er det vanlig å frekvensmodulere den utsendte bæreølgen. Antar vi en lineær frekvensvariasjon med tiden vil forholdet mellom det utsendte og reflekterte signal fra et stasjonært mål være som vist i fig 3.2.

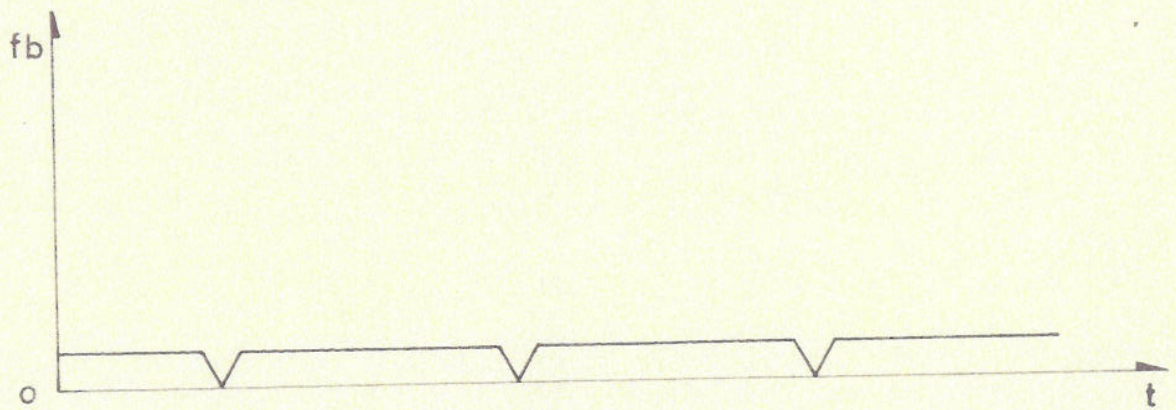
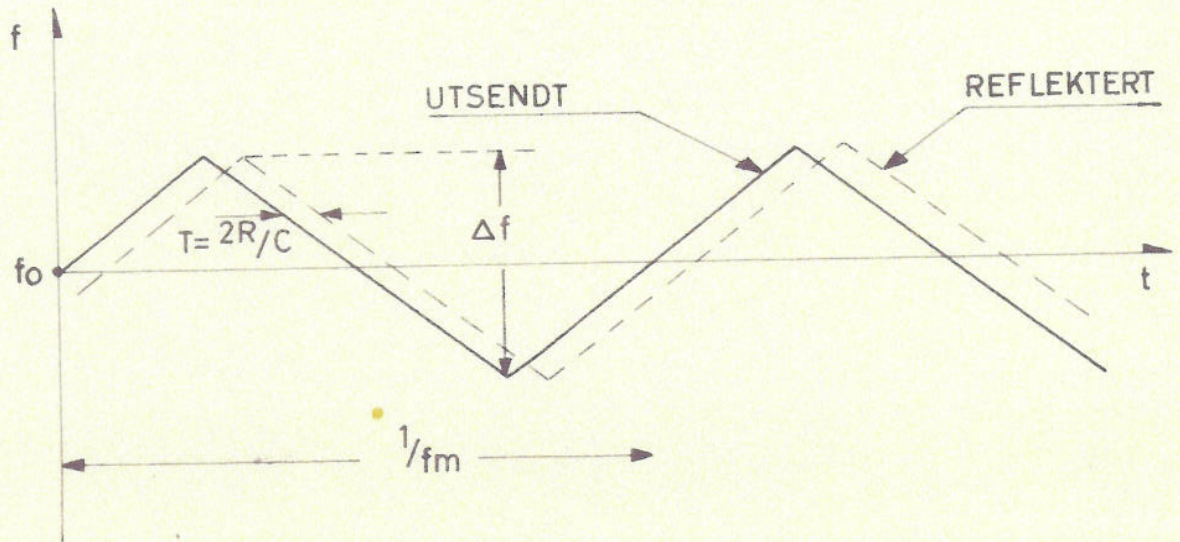
Det reflekterte signal vil i forhold til den utsendte bølgen være forsinket en tid  $T = 2R/c$  slik at man oppnår en differansefrekvens gitt ved

$$f_b = (2R/c) \cdot (df_0/dt)$$

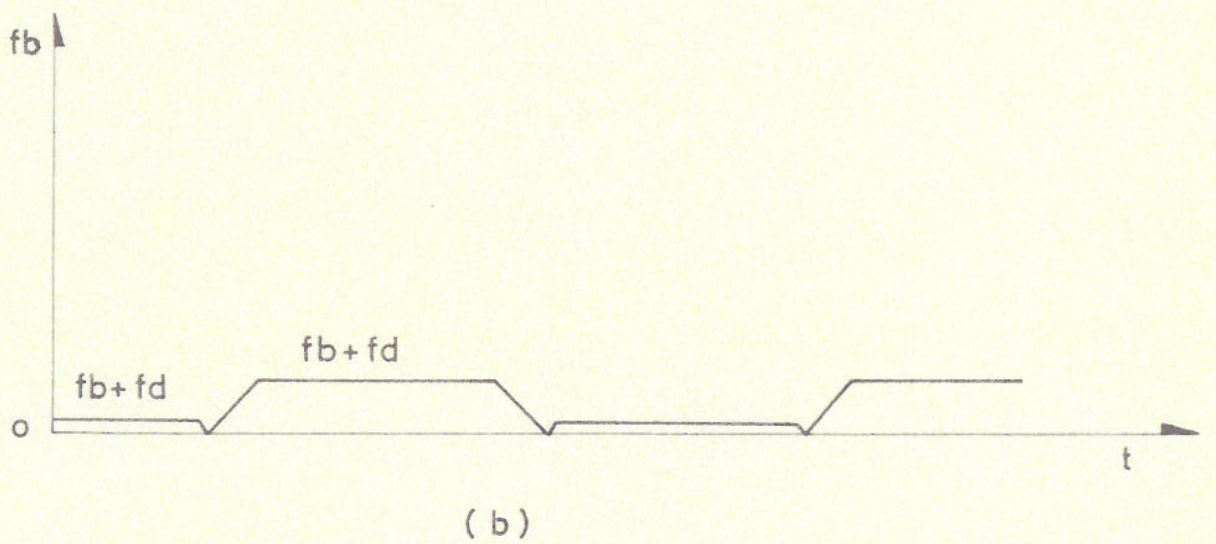
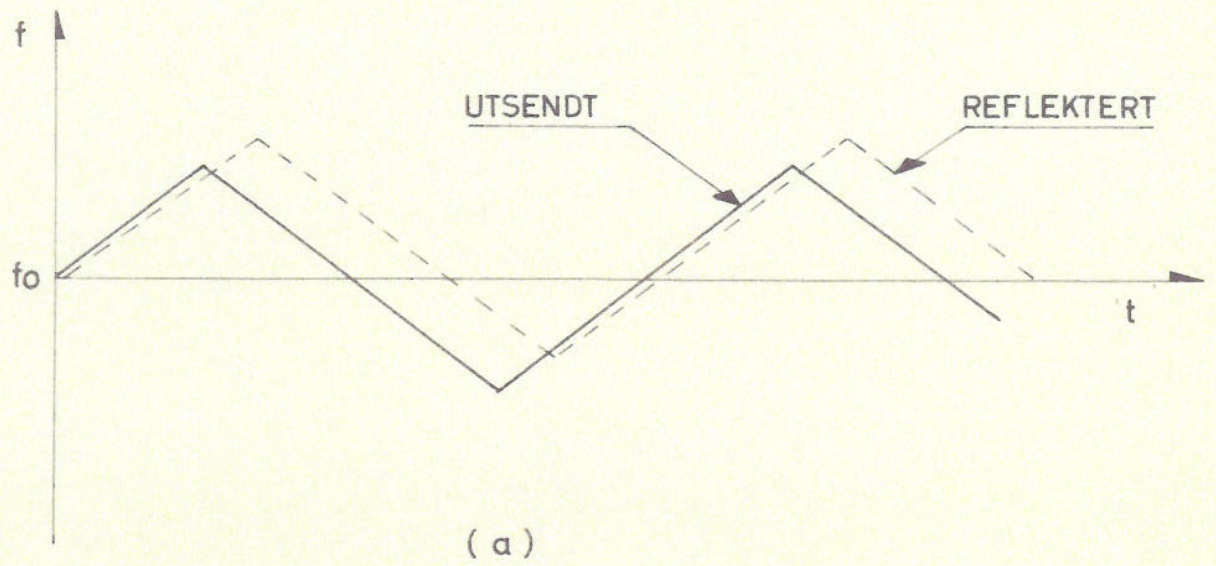
hvor  $df_0/dt$  er forandringen i senderfrekvensen pr tidsenhet.

Differansefrekvensen  $f_b$  er direkte proporsjonal med avstanden  $R$  og er konstant med unntak i et tidsrom  $\Delta t$  omkring krysningspunktet.

Antar vi at målet beveger seg mot radaren med en hastighet  $V_r$  blir forholdene som vist i fig 3.3. a



Figur 3.2 FM-CW radar, stasjonære mål



Figur 3.3 FM-CW radar, bevegelige mål

Det reflekterte signal får i dette tilfelle en forskyvning oppover langs frekvensen svarende til dopplerfrekvensen  $f_d$ . Differansefrekvensen får nå et forløp som vist i fig 3.3 (b). Frekvensen  $f_b$ , som angir avstanden til målet, finnes ved å måle middelverdien av differansefrekvensen:

$$f_b = 1/2((f_b - f_d) + (f_b + f_d)) \quad (3.6)$$

Dopplerfrekvensen  $f_d$  er gitt ved

$$f_d = 1/2 ((f_b + f_d) - (f_b - f_d)) \quad (3.7)$$

Det er her forutsatt at  $f_b > f_d$ , hvilket normalt er tilfelle for overvåkningsradar hvor mål hastighetene er relativt små.

I likhet med pulsradar vil også C W radar i denne anvendelse bli brukt til å detektere og lokalisere bevegelige mål. Eksistensen av et bevegelig mål gir seg utslag i en dopplerfrekvens og avstanden til dette målet bestemmes ved hjelp av smalbandet filtrering svarende til en bestemt  $\Delta R$  som tjener som avstandsport.

Med samme effektive båndbredde vil både pulsradar og C W radar i prinsippet gi samme grad av nøyaktighet i lokalisering og samme oppløsningsevne. C W radar kan sies å ha fordeler med hensyn til vekt og volum, men de kretstekniske problemer er oftest større, og av den grunn er C W radar mindre anvendt enn pulsradar.

### 3.1.3 Hovedkategorier av overvåkningsradar

Det eksisterer idag ca 15 forskjellige typer overvåkningsradar i operativt bruk eller under utvikling (1 - 7). Fig 3.4 viser et eksempel på en slik radar med kort rekkevidde.



Figur 3.4 Radar med kort rekkevidde AN/PPS-5 (USA)



Radartypene klassifiseres i tre hovedgrupper: meget kort, kort og lang rekkevidde. De tallene som er angitt nedenfor representerer typiske verdier.

Radarsett av meget kort rekkevidde er normalt istand til å detektere personell i bevegelse i området 50 - 1000 m og kjøretøy 50 - 3000 m. Nøyaktighet og oppløsningsevnen i avstand og retning er henholdsvis  $\Delta R_1 = \Delta R_2 \approx 30$  m og  $\Delta \varphi_1 \approx \pm 2^\circ$ ,  $\Delta \varphi_2 \approx 3^\circ$ .

Disse settene er beregnet på å bæres av en mann og er i vekt-klasse 5 - 15 kg. Batterienes brenntid er ca 12 timer ved kontinuerlig drift. Radarsettene er meget enkle å betjene og fabrikanten oppgir 1 dags opplæringstid for en operatør. For å bli en god operatør, som er i stand til å diskriminere mellom mål av forskjellige typer, er det rimelig å anta at noe lenger tid er nødvendig.

Prisklasse: Kr 30 000,-.

Radarsett av kort rekkevidde detekterer personell i området 50 - 3000 m og kjøretøy 50 - 5000 m. Nøyaktighet og oppløsning i avstand og retning dreier seg om  $\Delta R_1 = \Delta R_2 \approx 25$  m og  $\Delta \varphi_1 \approx \pm 1^\circ$ ,  $\Delta \varphi_2 \approx 2.5^\circ$ .

Disse settene er beregnet på å bæres av 2 mann og er i vekt-klasse 35 - 60 kg. Batterienes brenntid er ca 12 timer ved kontinuerlig drift. Opplæringstiden for en operatør er også her oppgitt til ca 1 dag.

Prisklasse: Kr 50 000,-

Radarsett av lang rekkevidde detekterer personell i området 50 - 15 000 m og kjøretøy 50 - 30 000 m. Nøyaktighet og oppløsningsevne i avstand og retning er:  $\Delta R_1 = \Delta R_2 \approx 30$  m og  $\Delta \varphi_1 \approx \pm 1^\circ$   $\Delta \varphi_2 = 2^\circ$ . Disse radarene er relativt tunge sett som enten transporteres på egne spesialkjøretøyer eller lastevogner. 4 - 6 mann monterer settet i løpet av 30 min. Det kreves 1 - 2 operatører, som bør ha en opplæringsperiode på ca 1 uke. Spesielle forkunnskapet er ikke nødvendig.

Prisklasse: Kr 300 000,-.

I denne siste kategorien inngår også skytslokaliseringsradar. Dette er mer kompliserte sett utstyrt med regnemaskiner for å bestemme utskytnings- og nedslagspunkt for prosjektilene.

#### 3.1.4 Faktorer med innvirkning på anvendelsesmulighetene for radar.

Nøyaktigheten i retningsangivelsen (lokalisering) er normalt bedre enn vinkelopløsningen. Dette henger sammen med at operatøren retter inn antennen til maksimal toneintensitet. Dette er han oftast i stand til å gjøre med en nøyaktighet som er bedre enn den åpningsvinkel som svarer til antennens strålebredde (3 db punktene).

En gruppe av reflekterende objekter innenfor det skraverte område i Fig 3.1 vil av operatøren bli oppfattet som et mål lokalisert til tyngdepunktet av det reflekterte signalet.

En radars evne til å detektere ålende personell vil være sterkt avhengig av terreng og vindforhold. Busker og trær som vaier i vinden vil ha radielle hastighetskomponenter av samme størrelsesorden som hastigheten av en ålende soldat med det resultat at radaren jammes. Dessuten blir dopplerfrekvensen så lav at den nærmer seg det nedre hørbare frekvensområde - hvis ikke radarfrekvensen er meget høy. Forøvrig kan det imidlertid sies at en radar hovedsakelig er uavhengig av værforholdene. Atmosfærisk svekking vil gjøre seg gjeldende, men vil neppe medføre vesentlig degradering av radarens yteevne fordi det her er tale om korte distanser.

Det stilles selvfølgelig krav til utstyrets pålitelighet under alle mulige felt- og værforhold. Dette medfører at utstyret må være vann- og støvtett, sjokksikkert opptil ca 5g og ha et spesifisert temperaturområde som dekker de aktuelle klimatiske forhold. Radarsett av meget kort rekkevidde er meget enkle i sin konstruksjon og det er neppe sannsynlig at de vil kreve meget vedlikehold.

Den operative nytte man kan ha av en radar vil i første rekke være avhengig av den bruk man gjør av den. Fornuftig plassering og vel overveiet bruk kan føre til en effektiv overvåkning av stridssonen.

En bør alltid gå ut fra at fienden er godt utstyrt med søkemottakere og radarvarslere, og overdreven bruk av radaren kan lett føre til at man røper egne stillinger. For å minske denne risiko er det å anbefale at operatøren foretar kortvarige søk av terrenget med tilfeldige mellomrom fremfor å søke kontinuerlig.

Det er videre en mulighet for at fienden vil foreta jamming av radarene. Overvåkningsradar er normalt ikke utstyrt med anti-jammingskretser og senderfrekvensen er fast innstilt slik at det er lite operatøren kan foreta seg i slike tilfeller.

NATO- Ad Hoc Mixed Working Group For Combat Intelligence har trukket opp bestemte spesifikasjoner (8 - 10) for overvåkningsradar. Spesifikasjonene er meget strenge og det er et fåtall av de eksisterende utstyrstypene som tilfredsstillter disse kravene.

### 3.2 Radarsøkemottakere og varslere

Det er vanlig å differensiere mellom radar søkemottakere og radarvarslere, men skillet kan neppe sies å være særlig skarpt.

Med en søkemottaker menes en mottaker som, foruten å angi retningen til kilden med god nøyaktighet, også bestemmer de viktigste parametre for den utstrålte elektromagnetiske energi. For en radars vedkommende vil frekvens, polarisasjon, pulsrepetisjonsfrekvens og pulslengde være av interesse, Hensikten er å fastlegge retningen til kilden og typen av det utstyr fienden benytter og eventuelt å treffe elektroniske mottiltak.

En radarvarsler er et betydelig enklere instrument. Varsleren har til hensikt å fortelle operatøren når han er under bestråling av fiendtlig radar og den omtrentlige retning til radaren. Fig 3.5 viser et eksempel på en radarvarsler.

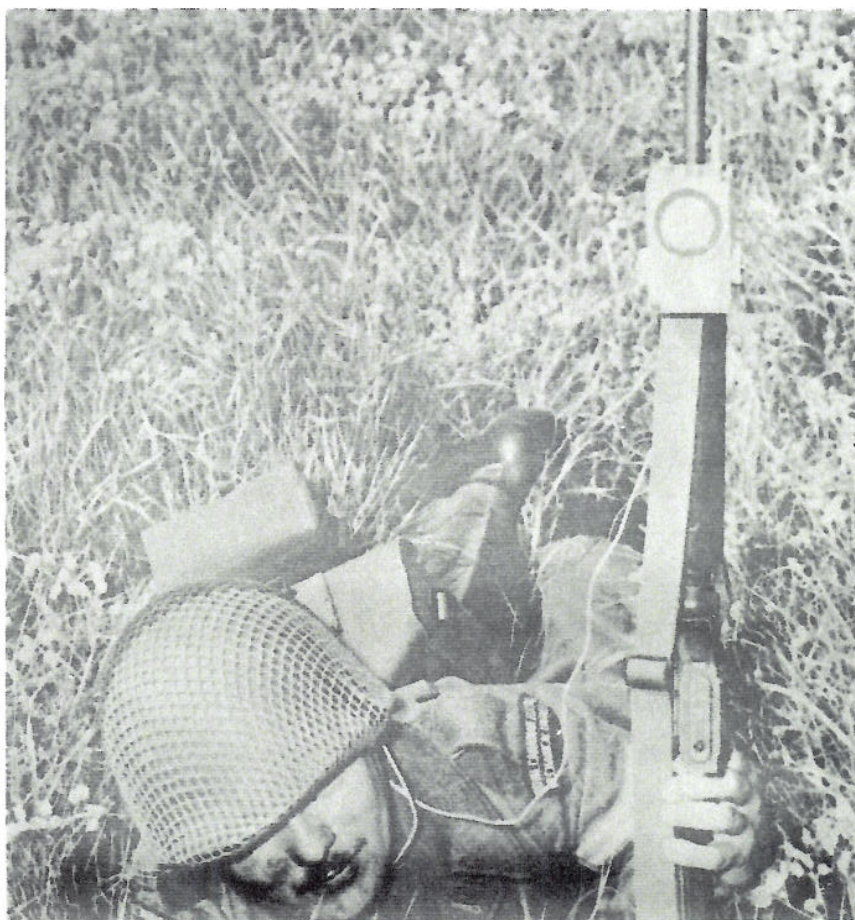
Utformingen og kompleksiteten av slike passive hjelpemidler er sterkt varierende. Den prinsipielle virkemåte er at det mottatte signalet detekteres uten høyfrekvens-forsterkning. Videopulsene forsterkes og eventuelt bearbeides og presenteres visuelt eller avlyttes ved hjelp av hodetelefoner.

De fleste søkemottakere og varslere er bygget utalukkende for mottaking av puls radar. Deteksjon av C W signalene fører til noe mer komplisert utstyr idet det mottatte signal normalt først må amplitudemoduleres for å fremskaffe en tonefrekvens.

Kravet til mottakerens dekningsområde i frekvens må være meget strenge. NATO-gruppen AC/183 har spesifisert et frekvensområde 1 - 40 GHz. Det eksisterer idag ingen operative radarsett i området 40 GHz men det er å vente at slike radarer, spesielt på meget korte rekkevidder, vil bli tatt i bruk i løpet av de nærmeste årene. Kravet til et stort dekningsområde i frekvens bør det derfor ikke fires på.

### 3.2.1 Søkemottakere, typiske karakteristika

De fleste eksisterende søkemottakere dekker et frekvensbånd innenfor området 2 - 12 GHz. Frekvensen av det mottatte signal kan bestemmes med en nøyaktighet av ca  $\pm 10$  MHz. Lokaliseringsnøyaktigheten av kilden varierer fra  $\pm 0.5^\circ$  til  $\pm 5^\circ$  i retning. Nøyaktigheten er forøvrig noe avhengig av signalstyrken. Pulsrepetisjonsfrekvensen bestemmes normalt akustisk og med god nøyaktighet dersom man innebygget i mottakeren til sammenlikning har en generator med kjent frekvens. Pulslengden bestemmes vanligvis ikke. Mottakerne er i vektklasse 10 - 50 kg og er beregnet til å transporteres på kjøretøy.



Figur 3.5 Radarvarsleren "MICRADET" monteret på hjelm og gevær (KANADA)

Rekkevidden av en søkemottaker er avhengig av antenneforsterkningen og mottakerens støyfaktor. Et typisk tall for følsomheten er - 45 dbm. Under forutsetning av fri sikt vil dette si at et typisk radarsett med kort rekkevidde (AN/PPS-4) vil kunne detekteres på en avstand av størrelsesorden 50 km.

Avstanden til radaren har operatøren ingen mulighet for å kunne angi. Men posisjonen av den fiendtlige radaren kan bestemmes ved triangulering fra to eller flere søkemottakere i kjente posisjoner.

En operatør kan normalt avgjøre om det mottatte signal skriver seg fra kortdistanse eller langdistanse radarsett idet pulsrepetisjonsfrekvensen er høyere for radarsett av kortere rekkevidde. Normalt er også senderfrekvensen høyere (x-bånd eller over). I tilfelle man har å gjøre med en C W radar er muligheten for å trekke noen slutninger om utstyrstypen mindre.

Mottakerantennen kan motta signaler i alle polarisasjonsplan. Prisklasse: kr 50 000.-.

### 3.2.2 Radarvarslere, typiske karakteristika

Radarvarslere er meget enkle mottakere. De bæres av en mann og utformingen er slik at den skal hindre soldatens bevegelse minst mulig. Vekten varierer fra 0,5 til 2 kg. Antennen kan monteres på en hjelm. Batterikasse og forsterkere er utstyrt med bærestropper og festet til uniformen. Deteksjonsmetoden er akustisk idet operatøren kan høre radarens pulsrepetisjonsfrekvens når han blir bestrålt. Retningen til radaren kan normalt angis innenfor  $\pm 10^\circ$  til  $\pm 30^\circ$  i retning. Nøyaktigheten er også her noe avhengig av signalstyrken.

Som presisert tidligere må radarvarslere dekke et størst mulig frekvensområde. Eksisterende sett og utstyr under utvikling strekker seg fra 1 - 3 GHz til 40 GHz, delt opp i 3 eller flere bånd. Båndskiftningen skjer oftest med utskiftbare

RF-deler. Batterienes brenntid kan være av størrelsesorden 100 timer.

Prisklasse: Kr 3000,-.

Fordelene ved passive midler er i første rekke at de ikke stråler ut elektromagnetisk energi og kan følgelig heller ikke oppdages med elektroniske midler. Det følger derfor vanligvis ingen risiko med bruk av radar søkemottakere og varslere i stor utstrekning. Enkelte søkemottakere av superheterodyn-typene er imidlertid utstyrt med en lokaloscillator som kan stråle tilstrekkelig til å kunne detekteres på flere kilometers avstand.

### 3.3 Utstyr for det infrarøde og visuelle spektrum

I det synlige og infrarøde bølgelengdeområdet kan overvåking av stridssonen om natten skje på 4 prinsipielt forskjellige måter (11,12).

- i) Den enkleste metoden som samtidig gir den største informasjonsmengden om et område, er anvendelse av kunstige synlige lyskilder. Denne metoden vil av taktiske grunner ofte ikke være hensiktsmessig.
- ii) Belysning av området med infrarødt lys, som øyet ikke oppfatter. Dette forutsetter samtidig observasjon av den reflekterte stråling med et instrument som omdanner bildet så det kan sees eller registreres.

Disse to metodene er aktive fordi de selv sender ut lys. De to neste metodene er passive og derfor prinsipielt vel egnet fordi de reduserer muligheten for deteksjon av egen aktivitet.

- iii) Man kan betrakte områder av interesse ved hjelp av den tilstedeværende bakgrunnsstråling fra himmelen. Under dårlige lysforhold kan elektronisk lysforsterkende utstyr gjøre det mulig å benytte seg av denne metoden.
- iv) Den andre passive deteksjonsmetoden er registrering av termisk utstråling i det fjerne infrarøde bølgelengdeområde. Alle legemer har en naturlig termisk utstråling. Ved en bestemt bølgelengde øker strålingsintensiteten med temperaturen av gjenstanden.

I dette avsnittet er det først gitt en innføring i lysemittering (synlig og infrarødt lys). Derneft er virkemåten for IR-detektorer, billedomformere og lysforsterkere forklart. Prinsippet



for de forskjellige IR-varslere er gjennomgått. Det er nevnt en del om anvendelsesmulighetene for utstyret, og til slutt presenteres noen typiske data for eksisterende IR-utstyr og lysforsterkere.

### 3.3.1 Lysstråling og infrarød stråling

Den naturlige elektromagnetiske utstrålingen fra et legeme er i regelen svært bredbåndet (43). Den delen av spektret som øyet kan oppfatte er meget smalt i forhold til den infrarøde delen. Man pleier å regne at den synlige delen av spektret strekker seg fra bølgelengden  $0.35 \mu\text{m}$  til  $0.72 \mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ) mens den infrarøde delen strekker seg fra  $0.72 \mu\text{m}$  og helt opp til  $1000 \mu\text{m}$ . Mot kortere bølgelengder går strålingen over i det ultrafiolette bølgelengdeområde.

Den infrarøde delen av spektret blir oftest delt i tre deler

Det nære infrarøde område	:	$0.7 - 1.5 \mu\text{m}$
Det midlere infrarøde område	:	$1.5 - 5.6 \mu\text{m}$
Det fjerne	"	$5.6 - 1000 \mu\text{m}$

Et sort legeme er et legeme som absorberer all innfallende stråling. Det har absorpsjonsevnen 1 og refleksjonsevnen 0 for alle frekvenser av den innfallende elektromagnetiske stråling.

Det er tre lover i fysikken som beskriver den elektromagnetiske utstrålingen fra et sort legeme. Planck's strålingslov uttrykker spektralfordelingen av strålingen som funksjon av den absolute temperatur. Spektralfordelingens maksimumspunkt beskrives av Wiens forskyvningslov som sier at produktet av legemets absolute temperatur og den bølgelengden der strålingen ved denne temperatur har sin maksimale verdi er konstant. Den totale utstrålingen fra legemet uttrykkes ved Stefan-Boltzmanns lov som sier at utstrålingen er proporsjonal med 4. potens av den absolute temperatur.

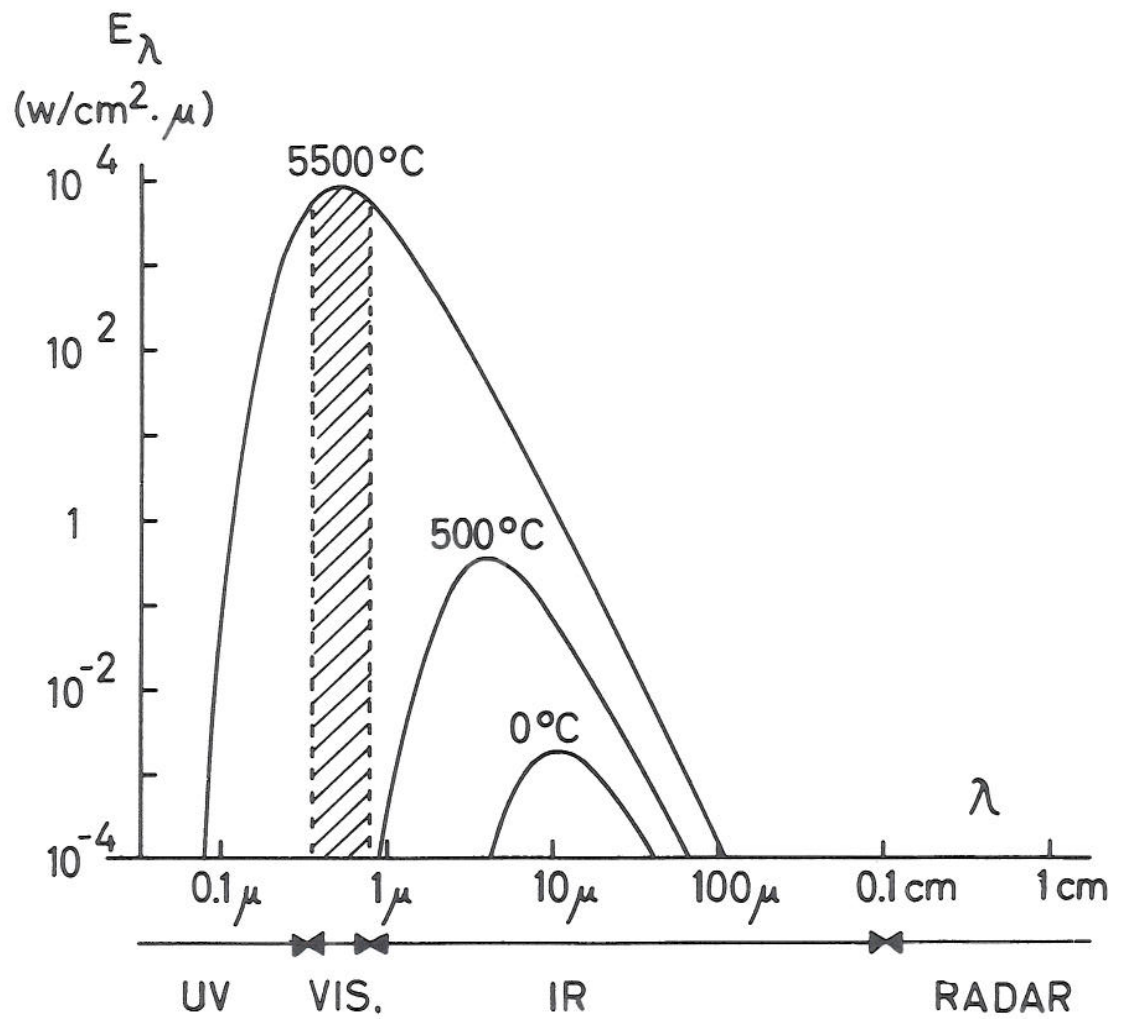
Fig 3.6 illustrerer disse tre lovene. Kurvene viser strålingsintensiteten som funksjon av bølgelengde og temperatur. Når et legemes temperatur overstiger ca  $500^{\circ}$  C vil utstrålingen fra legemet bli merkbar i den synlige delen av spektret.

Sorte legemer finnes ikke i naturen, ingen gjenstander absorberer all innfallende stråling. I praksis kan man regne med at mange legemer er grå. Et grått legeme både absorberer og reflekterer stråling. For grå legemer er emisjonen i forhold til Stefan Boltzmanns lov en konstant uavhengig av strålingens bølgelengde. Mange legemer har imidlertid en emisjonsfaktor som varierer med bølgelengden. Slike stoffer betegnes som fargede.

#### Infrarøde mål

I alminnelighet er militære mål om natten meget godt mørklagt eller lysavskjernet, og de kan ofte betraktes som om de bare sender ut infrarød stråling av midlere og høyere bølgelengder.

Et infrarødt mål er gjerne sammensatt av mange forskjellige legemer med ulik temperatur og emisjonsfaktor. På langt hold vil et slikt mål fortone seg som et punkt. Strålingen fra dette punktet må betraktes som en summasjon av stråling over alle bølgelengder i den aktuelle strålingsretningen. Fordelingen av strålingen vil derfor ikke fordele seg i bølgelengde som vist i Fig 3.6. Ofte vil man se bort fra dette og betrakte målet som om det hadde en bestemt temperatur og emisjonsfaktor.



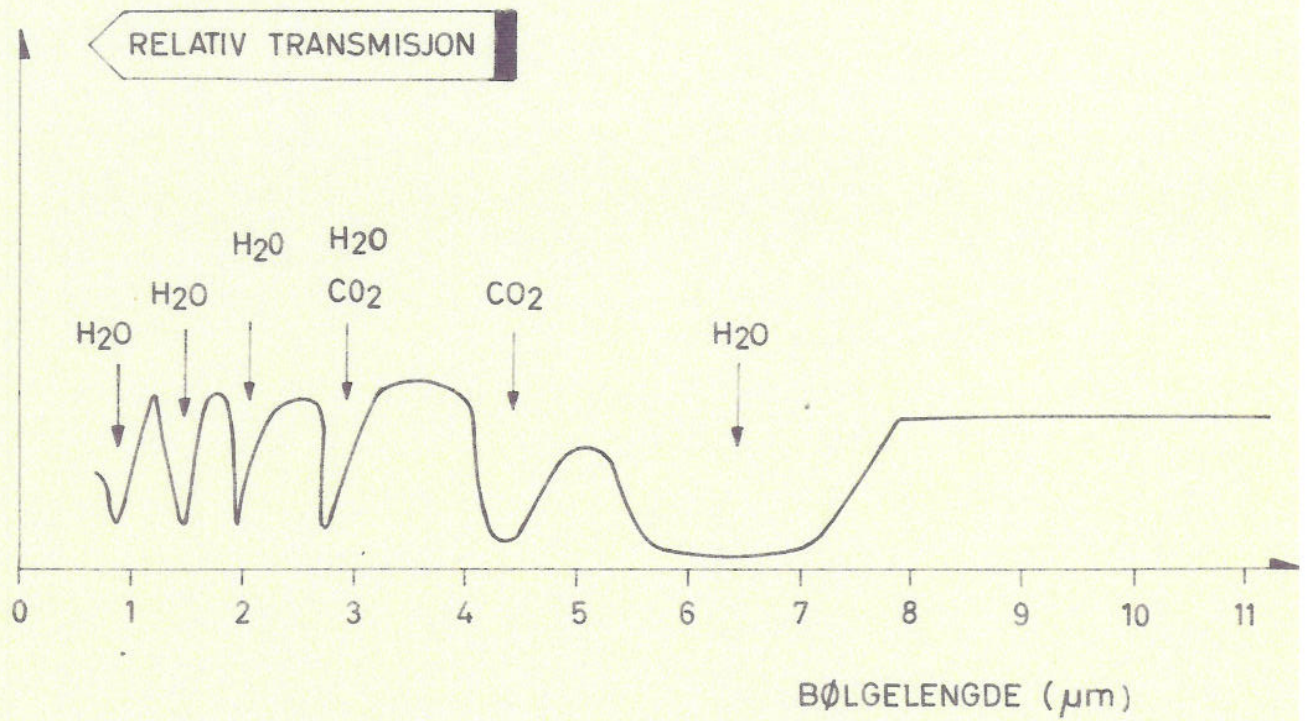
Figur 3.6 Strålingsintensitet som funksjon av bølgelengde og kildetemperatur

Temperaturen av aktuelle infrarøde mål vil variere med omgivelsestemperaturen og hvilken del av målet som betraktes. En stridsvogn kan f eks ha en eksosrørtemperatur på ca  $300^{\circ}\text{C}$ . Dette innebærer at den utstrålte effekten har et maksimum ved en bølgelengde på  $5\ \mu\text{m}$ . Motordekslet på vognen kan ha en temperatur på ca  $100^{\circ}\text{C}$ , tilsvarende et maksimum ved  $7\ \mu\text{m}$ , mens tårnet kan ha en temperatur på ca  $25^{\circ}\text{C}$  med maksimum ved  $10\ \mu\text{m}$  bølgelengde. IR-detektoren vil være avpasset etter målets art. Med en gitt måltype - detekter kombinasjon vil det imidlertid fremdeles bli store variasjoner i maksimum rekkevidde med aspektvinkel og andre forhold.

#### Atmosfærisk absorpsjon

For å nå fram til mottakeren skal den utstrålte energi fra målet passere den del av atmosfæren som ligger mellom målet og detektoren. I jordens atmosfære er det spesielt forbindelsene  $\text{CO}_2$  (kulldioksyd), og  $\text{H}_2\text{O}$  (vanndamp) som virker absorberende på IR-stråling. Denne absorpsjon er sterkt avhengig av strålingens bølgelengde, noen bølgelengder absorberes nesten ikke mens andre absorberes helt.

Fig 3.7 viser absorpsjon i skyfri atmosfære som funksjon av strålingens bølgelengde. Regn, snø, tåke og skyer bevirker en sterk reduksjon av brukbarheten av IR-utstyr.



Figur 3.7 "Vinduer" og sterkt absorberte bånd i atmosfæren

Infrarøde deteksjonssystemer bør derfor gjøres følsomme for de bølgelengder som går lettest gjennom atmosfæren. I det nære og midlere infrarøde område er disse "vinduene" i atmosfæren meget smale.

### 3.3.2 Deteksjon av varmestråling

De nevnte fysiske betingelser for IR-målets utstråling og energitransporten gjennom atmosfæren kan ikke påvirkes. Mot-takermateriellet må tilpasses forholdene slik at mest mulig av strålingen nyttiggjøres. Varmedetektoren er konstruert for å detektere egenstrålingen fra gjenstander. Instrumentets sentrale enhet er detektorelementet som i takt med intensiteten av den innfallende stråling endrer sine elektriske egenskaper. Detektorelementet må ha høy følsomhet innen det aktuelle bølgelengdeområde, ha lav tidskonstant og lavt støy-nivå. Det finnes i dag to hovedtyper av detektorer:

#### a) Termiske detektorer

En termisk detektor kan tilnærmet betraktes som et sort legeme som absorberer all innfallende stråling. Denne strålingsenergien omvandles i varmeenergi når den trenger inn i detektormaterialet slik at detektorens temperatur er et mål for den innfallende strålingsintensitet. Eksempler på slike detektorer kan være:

- (i) Termoelement
- (ii) Bolometer
- (iii) Termistor

I tilfelle (i) er temperaturforandringen årsak til en spenningsvariasjon over termoelementets endekontakter. I tilfellene (ii) og (iii) fører temperaturforandringen til en forandring i bolometerets og termistorens ohmske motstand.

Termiske detektorer har konstant følsomhet over et større bølgelengdeområde. Tidskonstanten er høy,

og følsomheten er lav sammenliknet med fotoelektriske detektorer. Termiske detektorer er derfor bare anvendt for bølgelengder større enn ca  $6 \mu\text{m}$  der følsomheten av fotoelektriske detektorer reduseres hvis de ikke kjøles.

b) Fotoelektriske detektorer

Fotoelektriske detektorer er av halvledermateriale (PbS, PbTe, InSb, Ge, osv) og er i prinsippet meget forskjellig fra den varmeabsorberende typen. Når elektromagnetisk stråling, med energi over en bestemt terskelverdi treffer detektoren frigjøres elektroner. Hvis det påtrykkes en spenning over detektoren vil det gå en strøm i en ytre krets på grunn av elektroner som er frigjort.

De fotoelektriske detektorene har større følsomhet og mindre tidskonstant enn termiske detektorer.

I mange anvendelser er det nødvendig å kjøle detektorene for å få tilstrekkelig følsomhet. I de fleste tilfelle fører kjølingen til en økning av tidskonstanten.

Varmedektoren slik som beskrevet ovenfor er ikke så godt egnet til overvåkning av et område fra bakken fordi det er komplisert å danne et visuelt bilde av målområdet. Den er langt bedre egnet til bruk fra fly og droner i forbindelse med linjesøk-teknikk. Mottakeren har et meget smalt synsfelt og for at den skal dekke et større målområde må den koples til en mekanisk innretning som av søker området etter et visst mønster (scanning).

### 3.3.3 Billedrør (Billedomformere og lysforsterkere)

Billedrøret, som kan lages følsomt for elektromagnetisk stråling både i det synlige og i det nære infrarøde bølgelengdeområde, er konstruert slik at det danner et bilde av målet. Dette bilde kan enten observeres visuelt direkte, eller avses elektronisk for visuell presentasjon et annet sted.

Det er lagt meget arbeid i å lage tilfredsstillende billedrør og det er konstruert mange forskjellige typer. Den største svakheten ved de eksisterende rør er kanskje at de har lite dynamisk område og derfor lett går i metning. Billedrør kan benyttes både i aktive og passive systemer.

For å gi et innblikk i hvorledes slike rør virker skal forskjellige typer kort omtales:

#### Billedomformer

Lysforsterkere med visuell avbildning av målet

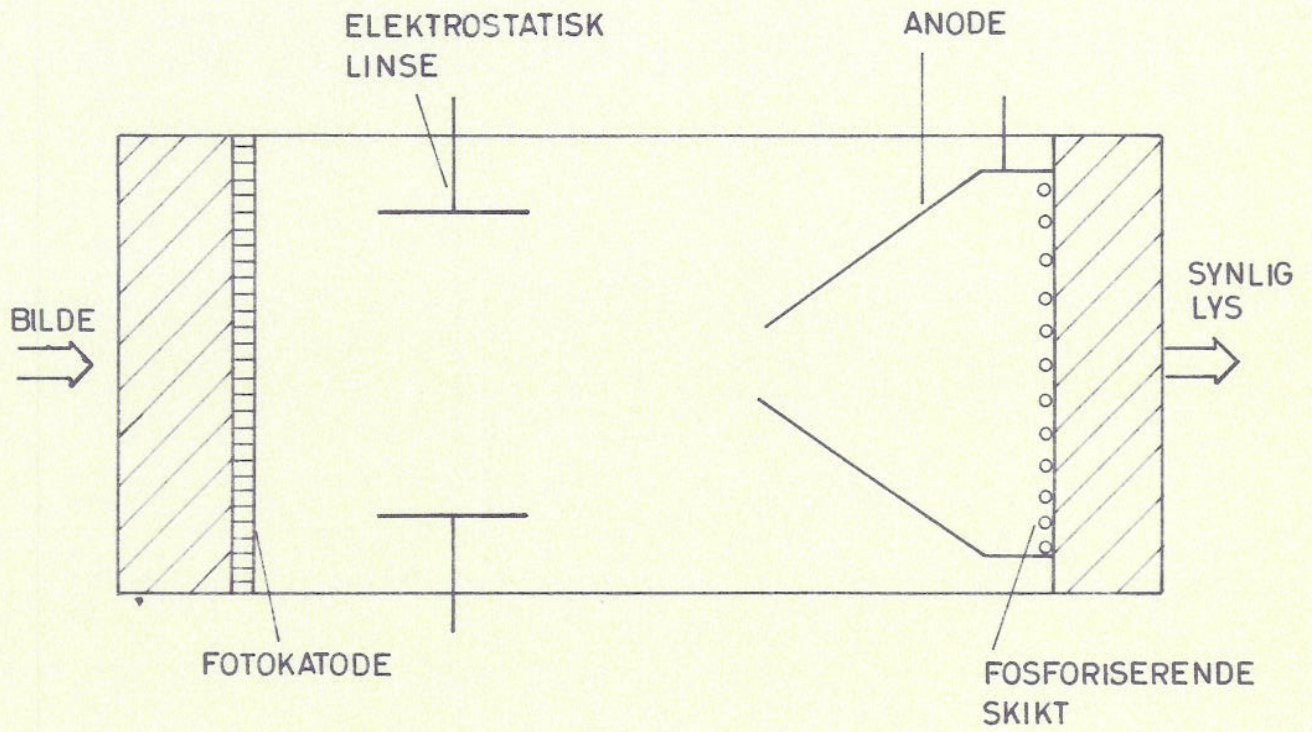
Lysforsterkere av TV-kameraprinsippet

#### a) Billedomformer

Fig. 3.8 viser prinsippet for en billedomformer. Stråling i det nære infrarøde bølgelengdeområdet faller inn på rørets venstre side, passerer et optisk filter, som slipper gjennom stråling av ønsket bølgelengde, og treffer en fotokatode (et elektronemitterende skikt). De frigjorte elektronene trekkes mot anoden, akselereres, og fokuseres på rørets høyre side ved hjelp av et elektrostatisk eller magnetisk felt i røret. Der treffer elektronene et fosforiserende skikt som da sender ut synlig lys. Mot-takerdelen i et aktivt infrarødt anlegg består nettopp av et slikt billedomformerrør, som transformerer det infrarøde bildet til et visuelt bilde.

Typisk oppløsningsevne for tilgjengelige rør er 30 - 50 linjer/mm. En vanlig katodediameter er 25 mm. For et rør med et synsfelt på  $10^{\circ}$  og en oppløsningsevne på 40 linjer/mm tilsvarende dette en vinkeloppløsning på  $0,01^{\circ}$ .





Figur 3.8 Prinsippskisse for en billedomformer

b) Lysforsterker

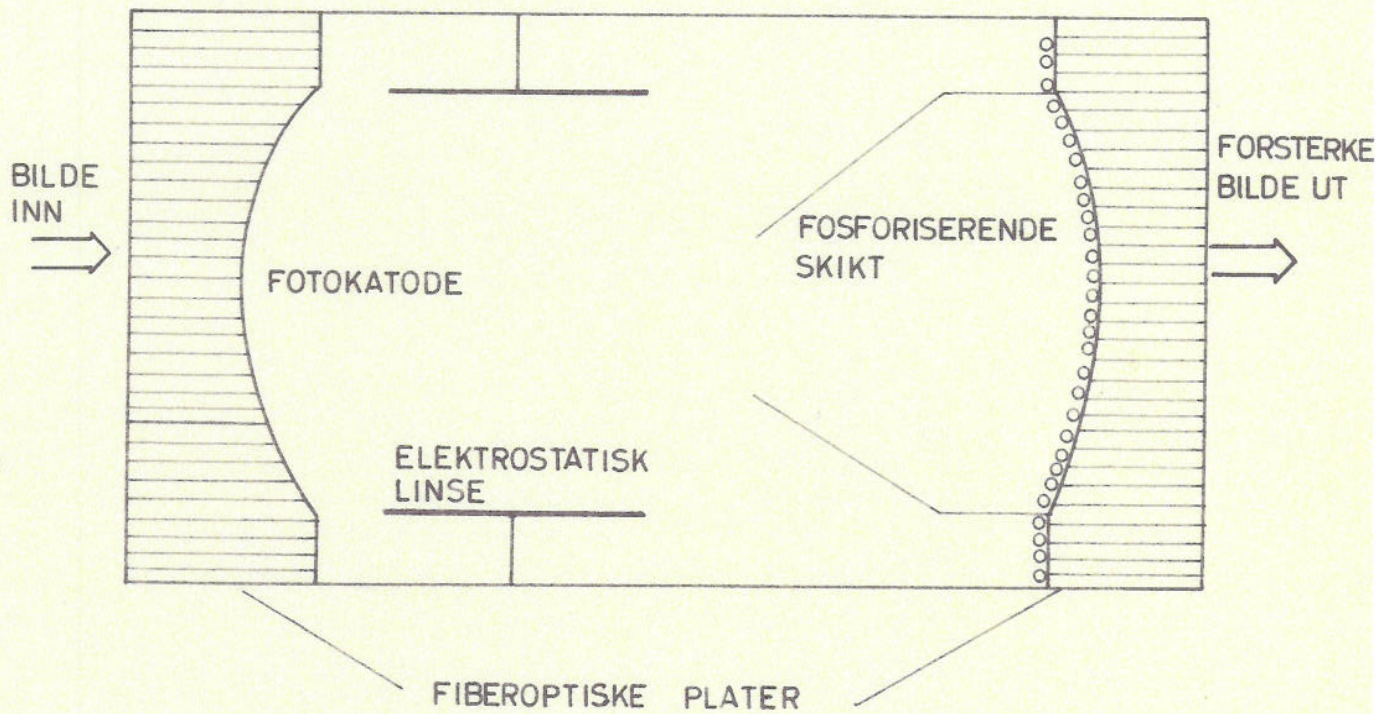
Prinsipielt skiller ikke lysforsterkere (15) seg vesentlig fra billedomformere i sin oppbygning. Fotokatoden er imidlertid i dette tilfelle følsom for synlig lys, og siden den kan gjøres mer følsom for den synlige enn den infrarøde delen av spektret, er det i dette tilfellet mulig å forsterke det synlige lyset noe. Meget av forsterkningseffekten beror på at elektronene akselereres til høy energi før de treffer det fosforiserende skiktet. Dermed er de i stand til å produsere flere fotoner enn det som var nødvendig for å frigjøre dem fra katoden. En forsterkning på omkring 10 kan oppnås med ett slikt rør. Ved å koble flere rør i serie kan forsterkningen økes. To rør, hver med en forsterkning på 10, vil f.eks. gi en total forsterkning på 100 ganger. Billedrørets struktur gjør at det dannes et krumt bilde. Bildeflaten må derfor ha en viss krumning som gjør direkte sammenkobling av flere rør vanskelig. Problemet løses ved hjelp av såkalt fiberoptikk. Fig 3.9 illustrerer prinsippet. Lyset ledes fra ett rør til det neste via et stort antall sammenkittede hårtynne glassfibre. På grunn av at lyset totalreflekteres i fibrene ledes det gjennom dem longitudinelt. Bruk av fiberoptikk resulterer normalt i en reduksjon av oppløsningsevnen. Anvendelse av lysforsterkere begrenses idag i første rekke av deres mangel på dynamisk område (16). Som et eksempel nevnes at det kan være vanskelig å observere områder i skyggen av trær uten at lyset fra åpne områder samtidig forårsaker metning. Det er sannsynlig at rekkevidden for slike forsterkere vil være begrenset til ca 500 m i månelys og ca 300 m i stjernelys. Som våpensikte eller nattekikkert vil vekten ligge på omkring 1,5 kg.

c) Orthicon

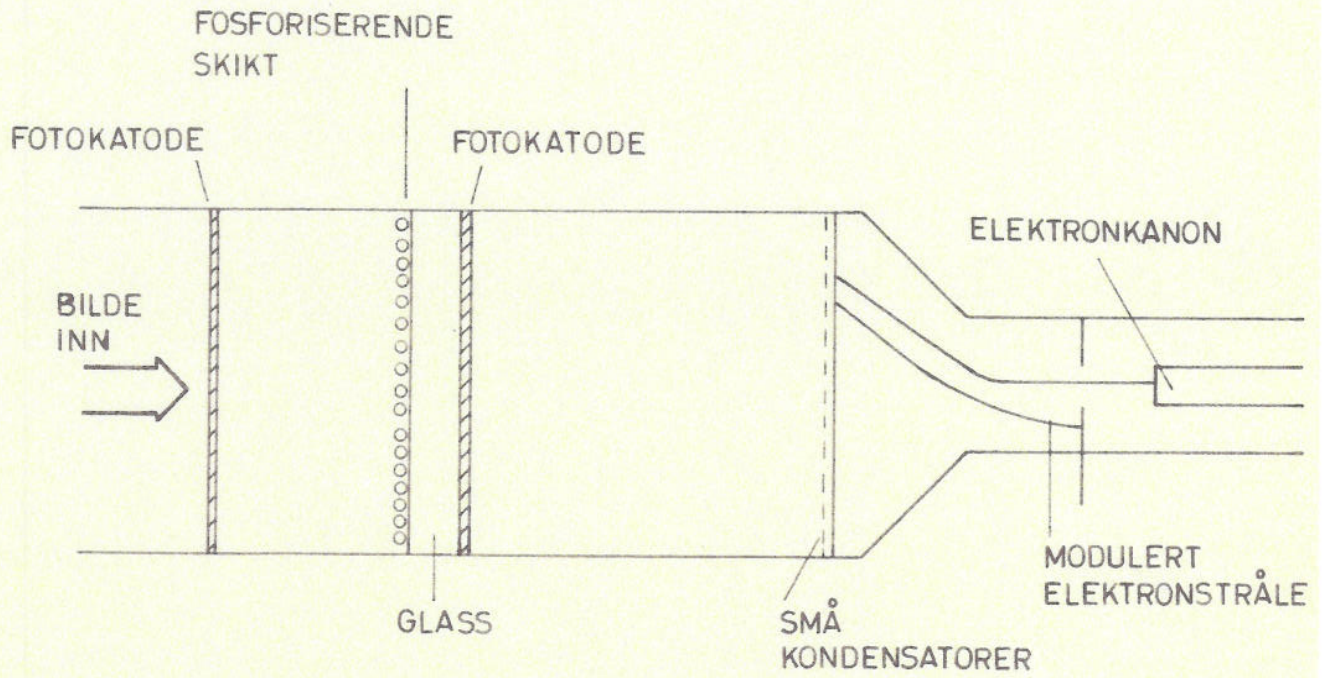
En annen form for lysforsterker er orthicon-røret. Prinsippet illustreres i Fig 3.10. Svakt lys i den visuelle del av spektret faller inn på en fotokatode. Elektronene som emitteres akselereres og fokuseres på et fosforiserende skikt. Det forsterkede lyset vi nå har fått passerer en tynn glassplate og treffer en ny fotokatode. Elektronene som derved frigjøres fra katoden trekkes videre og lader opp tusenvis av små kondensatorer. Vi har fått et bilde av målet representert som en elektrisk ladningsfordeling, der stor ladning tilsvarer nye lys og omvendt. Ved systematisk avsøking av alle disse kondensatorene med en elektronstråle vil man få en reflektert elektronstråle som er intensitetsmodulert i henhold til ladningen på de forskjellige kondensatorene. Prinsippet er meget likt prinsippet for TV-overføring der lysforsterkeren tilsvarer TV-kameratet.

En type rør som ligner orthicon-lysforsterkeren er det infrarøde vidicon-røret. Her har man klart å gjøre fotokatoden følsom for stråling i det nære infrarøde bølglengdeområde.

Orthicon- og vidicon-rørene er meget lovende og det ventes at de vil få en forsterkningsevne som er minst to ganger så stor som noe annet lysforsterkerutstyr. Informasjonene fra disse rørene kan transporteres over store avstander raskt og sikkert. Det kan være av betydning når et område skal overvåkes at man kan sette opp ubetjente observasjonsposter som transporterer informasjoner til en sentralobservatør. Det nødvendige utstyret for utnyttelse av prinsippet er imidlertid relativt komplisert og kostbart. Operative systemer av denne arten er ikke kjent.



Figur 3.9 Prinsippskisse for lysforsterker med fiberoptikk



Figur 3.10 Orthicon lysforsterker  
(Lensesystemet er ikke inntegnet)

### 3.3.4 Aktiv IR-teknikk

Aktiv IR-teknikk baseres som tidligere nevnt på utstyr som sender ut infrarødt lys og tillater observasjon av den reflekterte strålingen fra gjenstander av interesse. Til observasjonen benyttes billedrør som transformerer det infrarøde bildet til et synlig bilde.

Det eksisterer i dag meget utstyr av denne typen i operativ bruk, både større observasjonssystemer og sikter for større og mindre våpen. Imidlertid vil man ofte prøve å unngå utstrakt bruk av aktivt utstyr på grunn av faren for å røpe egne styrkers posisjon. Man må anta at en fiende vil legge stor vekt på utstyr som registrerer infrarød stråling.

Utviklingen av de passive lysforsterkere har imidlertid gått så langsomt (16) at det enda vil gå mellom 5 og 10 år før det kan komme på tale å erstatte det aktive utstyr med passivt.

### 3.3.5 IR-varslere

IR-varslere er instrumenter som gir et signal hvis de blir belyst av en IR-kilde. Det er i hovedsaken tre typer instrumenter som benyttes:

- Metaskop
- Akustiske varslere
- Billedomformerrør

#### a) Metaskop

Metaskop, Fig 3.11, er enkle observasjonsinstrumenter som holdes foran øynene. Det infrarøde lyset passerer et optisk fokuserende system før det treffer et fosforiserende skikt som er aktivisert på forhånd med ultrafiolett eller radioaktiv stråling. Når dette skiktet belyses av infrarød stråling sender det ut synlig lys. Metaskopene har liten følsomhet og registrerer derfor bare direkte stråling og ikke reflektert stråling fra gjenstander på bakken. Vinkelopløsningen er god, dvs en brøkdel av 1 grad.

Det kreves kontinuerlig observasjon og instrumentet må være rettet mot IR-kilden.

b) Akustiske varslere

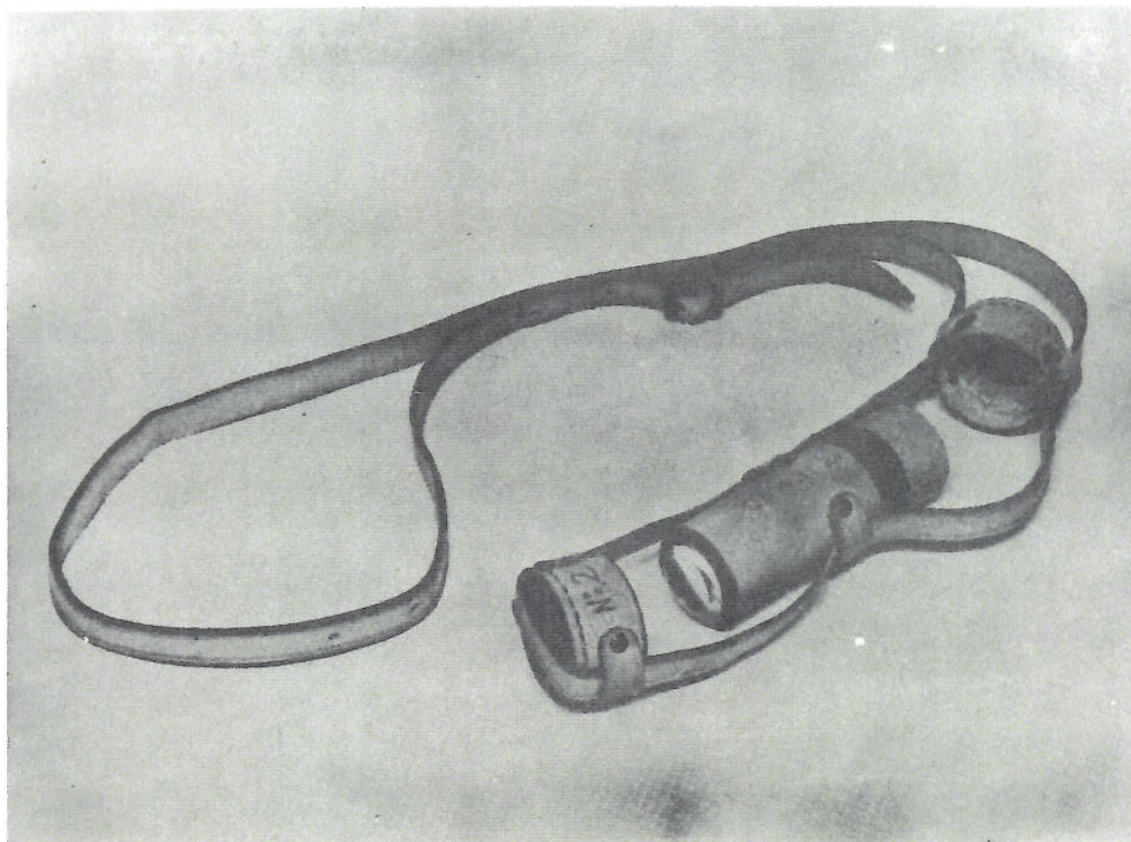
Akustiske IR-varslere, Fig 3.12, kan lages små og lette og egner seg godt for plassering på hjelm. En slik mottaker lages så den dekker hele horisonten ( $360^{\circ}$ ), og gir automatisk varsel når den bestråles. Detektoren består av fotoceller som er følsomme for stråling i det nære infrarøde bølglengdeområdet. Strømmen som oppstår når detektoren belyses forsterkes i en transistor-forsterker og føres fram til en hodetelefon.

Akustiske varslere er gjerne konstruert slik at de kan gi retningsinformasjon.

c) Billedomformerrør

Vi har tidligere beskrevet slike rør. Den innfallende infrarøde stråling omformes ved hjelp av fotokatode og fosforiserende skikt til lys i den synlige del av spektrumet. Røret må være rettet mot kilden og det er nødvendig med kontinuerlig observasjon. Billedomformereren er adskillig mer følsom enn metaskopet, og vil derfor i en viss utstrekning kunne observere reflektert stråling.

Observasjonsdelen i et aktivt IR-våpensikte kan også benyttes som IR-varslere.



Figur 3.11 Metaskop DI-PR-2-A ferdig til bruk (FRANKRIKE)





Figur 3.12 Akustisk IR-varsler monteret på hjelm (ENGLAND)

### 3.3.6 Betraktninger om militær anvendelse av IR-utstyr og lysforsterkere

Man ønsker å ha tekniske hjelpemidler som tillater soldaten å operere med noenlunde den samme hastighet og effektivitet om natten som om dagen. Det ideelle er et passivt utstyr som kan brukes i all slags vær. Det bør kunne dekke store områder og forsterke alle inngangssignaler til ønsket intensitet. Det bør kunne bestemme retning av innkommende fiendtlig stråling og avstand til strålingskilder flere tusen meter vekk. Det bør videre kunne identifisere strålingskilder på lang avstand. Det bør være immunt overfor ekstremt intense strålingskilder. Det må kunne anvendes av teknisk ukyndig personell og være lett av vekt, billig og lett å vedlikeholde.

Det er intet utstyr under planlegning eller utvikling som møter alle disse kravene, men det eksisterer en rekke forskjellige systemer som oppfyller et, eller noen få, av dem.

Vi skal se nærmere på de enkelte krav og hvorledes de er oppfylt.

#### a) Passivt system

Dette kravet kan etter det foregående oppfylles ved benyttelse av lysforsterkerutstyr, IR-varslere og termiske varmedetektorer.

Som vi tidligere har nevnt, egner ikke varmedetektorer seg for overvåking av bakke fra bakke, og lysforsterkeren er enda på utviklingstrinnet og ventes ikke å være ferdig til bruk på mange år (16).

Av brukbart passivt utstyr står vi da igjen med de forskjellige typer av IR-varslere.

#### b) Brukbart i all slags vær

De atmosfæriske forhold setter store begrensninger for bruk

av IR-utstyr og lysforsterkere. Regnvar, snø og tåke nedsetter rekkevidden av utstyret i stor grad. Hvis f eks infrarød stråling av bølgelengden 2  $\mu$ m går 150 m i en sky av gjennomsnittlig tetthet og vannpartikkelstørrelse, vil 99% absorberes.

Atmosfæriske forhold er kanskje den faktor som nedsetter brukbarheten av IR-utstyr i størst grad.

c) Dekke store terrengområder

Skal utstyret dekke større terrengområder må komplisert av-søkingsteknikk benyttes. Det vil gå ut over vekt, volum og pris av utstyret.

d) Identifikasjon

Identifikasjon i denne betydning betyr evne til å skille bestemte gjenstander fra hverandre slik som for eksempel utskilling av egne tanks fra fiendtlige. På lengre avstand er dette umulig med eksisterende IR- og lysforsterkningsutstyr.

e) Avstandsbedømmelse og retningsbestemmelse

Det er langt vanskeligere å bedømme avstander om natten enn om dagen, spesielt ved passive metoder. Oftest vil man måtte ta trianguleringsmetoder i bruk. Med eksisterende aktivt IR-utstyr er grov avstandsbedømmelse i kjent terreng forholdsvis enkelt. Finner man imidlertid at man kan benytte aktive metoder vil det være naturlig å bruke radar og/eller laser til avstandsbestemmelse, hvis slikt utstyr er tilgjengelig.

f) Vekt, pris, vedlikehold osv

Disse faktorer vil variere sterkt fra den ene type utstyr til den andre og må bedømmes i hvert enkelt tilfelle.

### 3.3.7 Eksempler på eksisterende utstyr

Vi skal nevne og kort beskrive eksempler på IR- og lysforsterkningsutstyr som er i bruk eller under utvikling (7).

#### IR-våpensikte

Det infrarøde våpensikte, Fig 3.13, er først og fremst beregnet på lokalisering av og sikting på fiendtlige mål. Våpensikter er vanligvis aktive da en IR-lyskaster er inkludert i siktet. De fleste slike sikter er beregnet for bruk i det nære infrarøde spigelengdeområde. Det er nevnt at observasjonsdelen av siktet kan benyttes som IR-varslers.

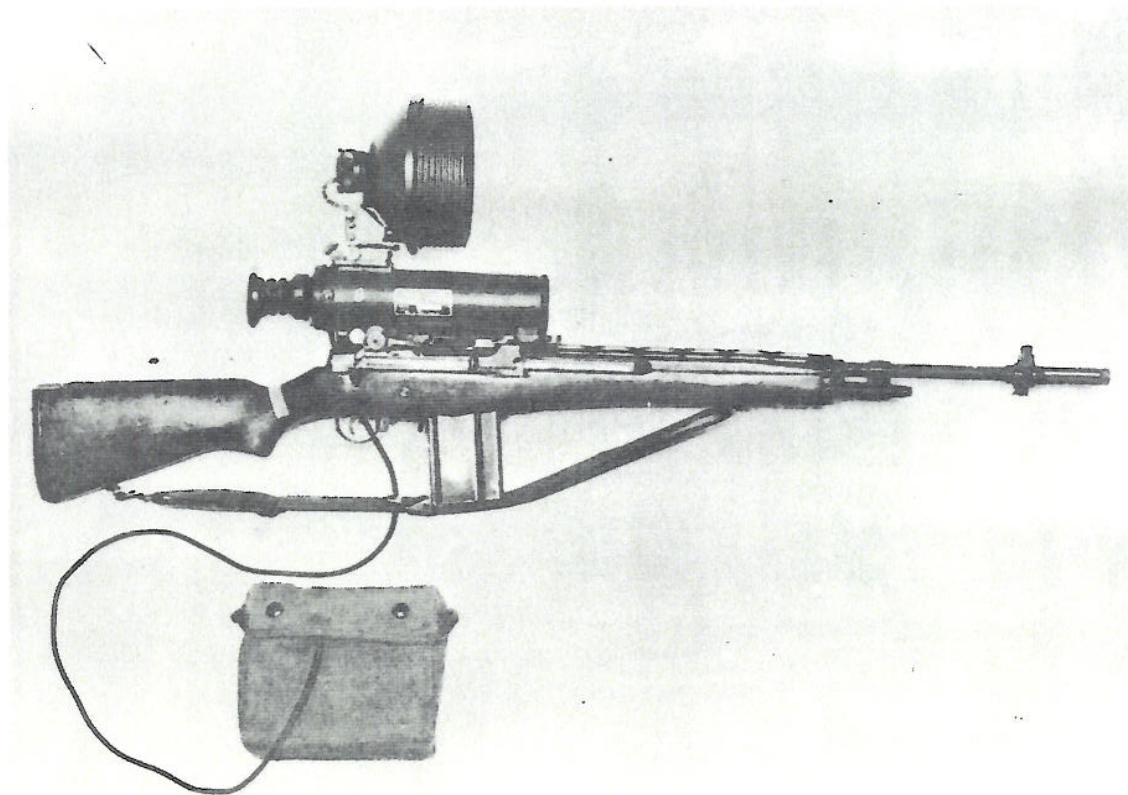
Rekkevidden er ca 300 m mot mål av mannsstørrelse ved bruk av lyskaster på 30 W. Rekkevidden blir imidlertid redusert sterkt under forhold med ugunstig vær og terreng. Lyskasterens åpningsvinkel er også viktig. Øket åpningsvinkel reduserer rekkevidden. Synfeltet for siktet er ca  $10^{\circ}$  og utstyret muliggjør skyting med tilnærmet den samme nøyaktighet som om dagen. Strålekilden kan ikke detekteres av øyet på større avstander enn 35 m. Utstyret er batteridrevet og batteriene har en levetid på ca 10 timer. Vekten av utstyret er ca 5 kg og prisen ligger på omkring 6000 kr.

#### IR-kikkert for stridsvogn

IR-kikkert av den amerikanske typen KM-18 er ment å skulle brukes av stridsvognsjef under kjøring med åpne luker. Det forutsettes at terrenget foran belyses av en kraftefull IR-kilde. Utstyret kan også benyttes i artilleriet for observasjon og innskyting. Rekkevidden er ca 1000 m mot mål av mannsstørrelse med lyskaster på 250-350 W. Synsfeltet er  $12^{\circ}$ , vekten uten strålingskilde ligger på 2 kg og prisen på ca 6500 kr.

#### Varmedetektor

Dette utstyret består av en IR-mottaker som avsøker terrenget etter et bestemt mønster og registrerer varmeutstrålingen fra kjøretøyer, kanoner osv. Som tidligere forklart overføres



Figur 3.13 IR-våpensikte type VARO monteret på gevær M-14 (USA)

varmebildet til et elektrisk signal som igjen omformes til et visuelt bilde.

Et eksperimentelt amerikansk utstyr har en deteksjonsrekkevidde på 1500 m, det kan gjenkjenne gjenstander i synsfeltet på 500 m, og det kan identifisere gjenstander på 300 m. Avsøkningen foregår etter et spiralmønster og diameteren av spiralavsøkningen er  $10^{\circ}$ . Utstyret er enda ikke tilgjengelig, men prisen ventes å bli 35 000 kr. Vekten vil ligge på 30-35 kg.

#### Bakkeovervåkningsutstyr (lysforsterker)

Hensikten med utstyret er å observere terrenget og detekttere objekter av taktisk natur i mørket. Det forsterker reflektert stjerne- og månelys fra bakken og er således passivt. Som observasjonsutstyr vil det gjøre det mulig for den enkelte soldat eller patrulje på observasjons- eller lyttepost å detekttere, lokalisere og identifisere fienden i mørket. Utstyret foreligger som prototyp, men er ikke satt i fabrikkasjon. Rekkevidden er 800-1000 m mot personell, synsfeltet  $9^{\circ}$  og lysforsterkningen 7 ganger. Vekten vil bli ca 15 kg og prisen ca 20 000 kr.

#### IR-varsler

I USA er det konstruert en relativt liten IR-varsler med billedomformer, som er i stand til å oppdage IR-kilder på 15-16 km avstand. Varsleren kan også benyttes til samling av egne tropper om natten ved at soldatene går mot en oppsatt IR-kilde. Når utstyret anvendes sammen med en liten infrarød lyskilde, kan det brukes til signalisering, kartlesing osv. Instrumentet skal holdes foran øynene og synsfeltet er  $25^{\circ}$ . Varsleren tillater observasjon av reflektert IR-stråling, noe som gjør deteksjon av kilden lettere. Vekten av utstyret er 1.5 kg og prisen 2000 kr.

Frankrike har utviklet et metaskop som veier 110 g. Rekkevidden mot aktive sikter oppgis til opptil 10 km, (avhengig av atmos-

føriske forhold). Oppløsningsevnen er ca  $1^{\circ}$  og synsfeltet er ca  $30^{\circ}$ . Metaskopet gir et opp-nea bilde og vil bare detektere strålingskilden når det befinner seg i den direkte strålen. Prisen er ikke kjent.

IR-varslere montert på hjelm og som dekker hele horisonten vil sikkert være bedre egnet som ren varslere for soldater i felten. Disse har rekkevidde på 600 - 800 m mot infrarøde håndvåpenprosjektorer. UK har utviklet slikt utstyr, men det er foreløpig ikke i produksjon og sannsynlig pris er ukjent.

### 3.4 Spesielle ubemannede detektorer

For overvåkning av død grunn kan det i visse situasjoner være hensiktsmessig å plassere spesielle ubemannede detektorer i disse områdene. Registreringene fra disse detektorene overføres via radio eller linje til en kommandoplass. Skal slike systemer ha noen verdi av betydning, bør de være lette å plassere i terrenget, vanskelige å oppdage for fienden, ha et rimelig dekningsområde og helst gi informasjon som tillater en viss klassifisering av den aktiviteten som registreres. Akustiske, IR og radioaktive systemer kan tenkes anvendt for formålet.

#### 3.4.1 Akustiske detektorer

Så vidt det er kjent, eksisterer det ikke noe operativt akustisk utstyr for overvåkning av død grunn. Slikt utstyr skulle imidlertid være relativt lett å utvikle. UK har formulert operative krav til utstyr av denne typen.

Britene tenker seg utstyret bestående av 6-10 mikrofoner knyttet til en sentral via radio. Mikrofonene, som skal ha en følsomhet tilsvarende det menneskelige øret, tenkes anvendt i avstander fra sentralen opp til 5 km. Det spesifiseres at mikrofonen med sender ikke bør veie mer enn 2.5 kg og sentralen ikke mer enn 10 kg. Utstyret skal anvendes for infanteribataljonens overvåkningstjeneste.

#### 3.4.2 Passive IR-detektorer

For å etablere barrierer for overvåkning, f. eks mellom poster eller langs en front, kan passive IR detektorer tenkes anvendt. Disse settes inn langs den linjen som skal overvåkes og gir alarm når en plutselig endring i den mottatte strålingen detekteres. Operativt utstyr av denne typen er ikke kjent her, men amerikansk eksperimentelt utstyr, R-579, har vært omtalt i NATO AHMWG AC/183 (19).

Utstyret er montert på en trefot og har et synsfelt på ca



1 strek bredt og 5 streker høyt. Under prøver har utstyret demonstrert pålitelig deteksjon av personell på avstander ut til 700 m.

### 3.4.3 Radioaktive detektorer

Ved overvåkning av trange defileer, veier, etc kan radioaktive systemer anvendes for registrering av kjøretøytrafikk. Ingen operative slike systemer er kjent. Prototyp for en radioaktiv detektor (20) er utviklet ved FFI. Prinsippet er illustrert i fig 3.14.

En kilde for gammastråling stråler i retning av 2 detektorer. Når et kjøretøy kommer mellom kilden og en detektor reduseres plutselig strålingen som mottas av detektoren. Hvor meget strålingen reduseres vil være avhengig av kjøretøyets masse. Hvorvidt reduksjonen først inntreffer for detektor A eller B angir kjøretøyets bevegelsesretning. Kjøretøyene deles i 3 klasser: lette, middels og tunge.

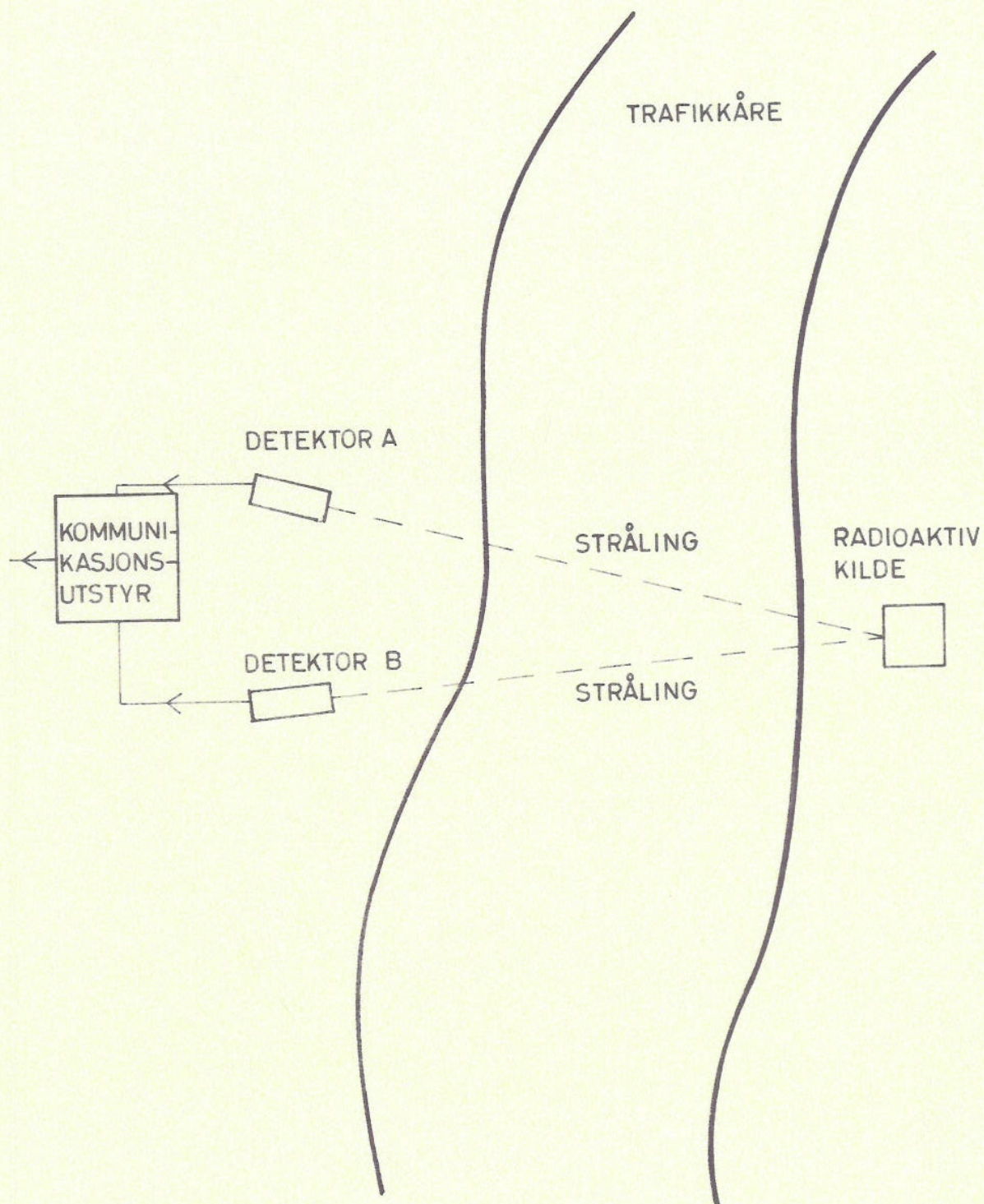
Strålingskildene og detektorene kan plasseres i en innbyrdes avstand av opptil 100 m. Totalvekten av en produksjonsmodell av utstyret antas å ville bli ca 50 kg.

### 3.5 Systemer for rekognosering fra luften

Ved rekognosering fra luften vil det foruten direkte visuell overvåkning kunne anvendes fotografering, TV, IR- og radar-teknikk. Fordelene ved overvåkning fra luften ligger først og fremst i å kunne dekke store områder langt fra egne stillinger på forholdsvis kort tid.

#### 3.5.1 Fotografering og televisjon

Fotografering fra luften er en velkjent og forholdsvis gammel teknikk. Ingen andre metoder kan imidlertid hittil måle seg med den fotografiske når det gjelder oppløsningsevne. En ulempe ved fototeknikken er at den er avhengig av god sikt og en annen at fremkalling og tykning av bildene kan ta lang tid.



Figur 3.14 Prinsipp for radioaktiv kjøretøydete

En oppløsningsevne på 1/20 strek om dagen og 1/2 strek om natten (med kunstig belysning) er oppnåelig med eksisterende film og kameraer, og forbedringer i forhold til disse verdiene er ventet i de nærmeste 5 - 10 år. .

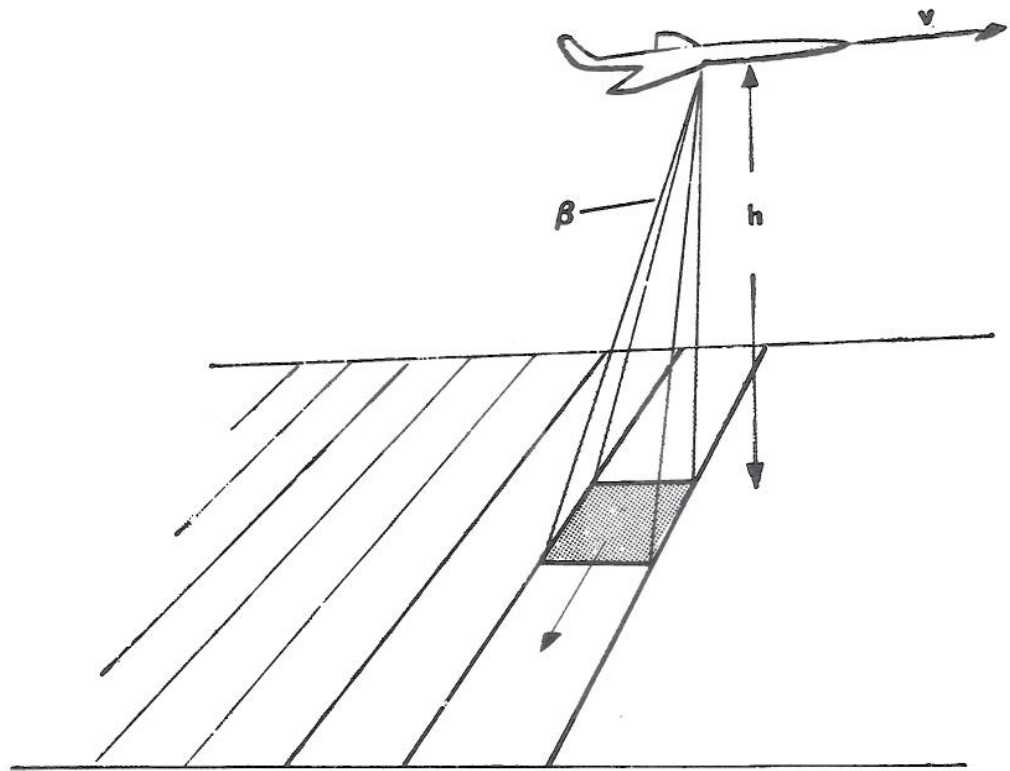
Typiske moderne rekognoseringskamera kan ta opptil 10 bilder i sek og har tilstrekkelig film for flere hundre eksponeringer. Prisen er av størrelsesorden 50 - 100 000 kr. Skal man kunne dra full nytte av fototeknikken må den understøttes av en effektiv organisasjon for fremkalling, tydning og distribusjon av den innhentede informasjonen. Anvendelse av TV fra luften muliggjør øyeblikkelig overføring av informasjonen til bakken, men dette skjer på bekostning av minsket oppløsningsevne i forhold til fotografering og mere kostbart og komplisert utstyr. Operativt utstyr av denne arten er ikke kjent.

### 3.5.2 IR-detektorer

IR-detektorer anvendes fra luften i såkalt linjesøk-utstyr (line scan). Ved et optisk arrangement lar en synsfeltet for detektoren bevege seg langs en stripe på tvers av flyets kursretning. Mellom hver slik avsøkning av en terrengstripe under flyet vil dette ha flyttet seg et stykke fremover, og de enkelte stripene vil dermed legges inntil hverandre slik at alt terrenget under flyet blir avsøkt etter hvert som dette beveger seg fremover. Prinsippet er illustrert i Fig 3.15.

Linjesøkprinsippet kan også anvendes med aktivt IR og med hvitt lys for nattfotografering. En belysningskilde med smal stråle belyser da terrenget synkront med søkeren. Operativt aktivt linjesøk-utstyr er ikke kjent.

For passivt IR linjesøk-utstyr er utgangen fra detektoren vanligvis i form av et elektrisk signal. Dette kan sendes direkte til en markstasjon. I tillegg registreres vanligvis signalet på en film ombord i flyet. Typisk oppløsningsevne for utstyr av denne arten er 2 - 4 streker. Detektoren er vanligvis kjølt (f eks med flytende nitrogen). Det amerikanske AN/UAS-4



Figur 3.15 Prinsippskisse for linjeavsøking av bakken fra fly  
(Line-Scan)

systemet som anvendes i OV-1 Mohawk flyet har en total vekt av ca 130 kg og koster ca 3.5 mill kr.

Et NATO sammendrag av data for overvåkningsutstyr (7) gir en del eksempler på forskjellige versjoner av denne utstyrstypen.

### 3.5.3 Siderettet radar

For overvåkningsformål under forhold med dårlig sikt vil flybåret radar være hensiktsmessig. Radar har også den fordel at rekkevidden er vesentlig større enn for andre hjelpemidler og at utstyr for indikering av bevegelige mål kan anvendes.

Som nevnt i Pkt 3.1 forbedres oppløsningsevnen i retning for radar proporsjonalt med antennedimensjonen. For å kunne anvende store antennedimensjoner utformes derfor overvåkningsradaren som såkalt siderettet radar, hvor antennens største dimensjon ligger fast langs flykroppens lengderetning. Antennen har normalt et smalt synfelt i horisontalplanet til begge sider vinkelrett på flyets bevegelsesretning. Maksimum rekkevidde for disse radarene kan variere fra 15 - 20 km (på hver side) for utstyr for mindre droner, til et par hundre km for utstyr som benyttes i bemannede fly. Opp-løsningsevnen er i dag omkring 15 m, men man håper å kunne komme ned til 2 - 3 m i løpet av de nærmeste årene (19). Radarsignalene kan overføres til bakken via radio eller registreres på film ombord i flyet.

AN/UPD-2 (7) er en siderettet radar som brukes ombord i rekognoseringsversjoner av Mohawk OV-1. Den flybårne del av systemet veier ca 400 kg og har en rekkevidde på 90 km. Bakkeutstyret veier ca 2-5 tonn. Totalprisen for radar og registreringssystemet er oppgitt til ca 1.5 mill kr.

### 3.5.4 Plattformer for luftrekognoseringsmidler

Bærere for luftrekognoseringsmidler kan deles inn i 4 grupper:

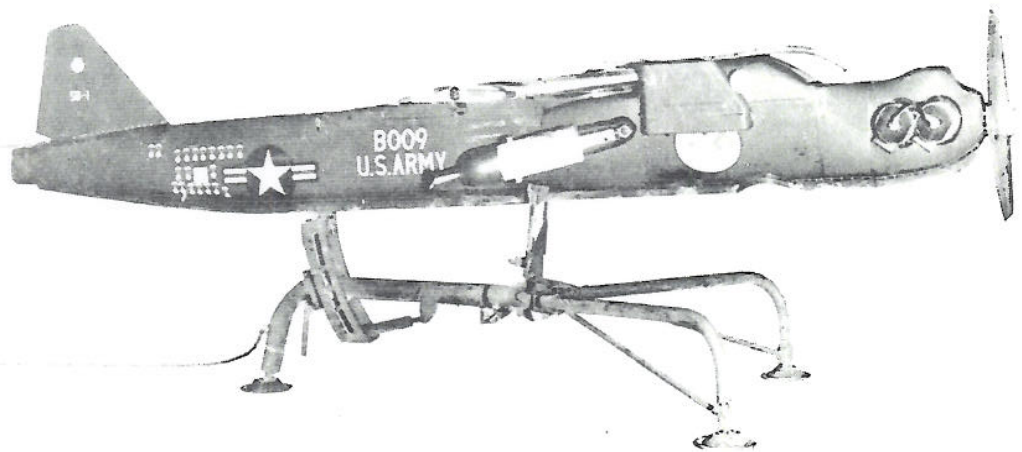
- i) Luftforsvarets rekognoseringsjagere
- ii) Hærens bemannede fly
- iii) Droner
- iv) Eleverte plattformer

Luftforsvarets rekognoseringsfly vil være et effektivt rekognoseringshjelpemiddel på høyere nivå. Fra Hærens synspunkt kan anvendelsesmulighetene hermed av at tiden fra anmodning om støtte fra en avdeling til resultatet foreligger hos avdelingen kan bli lang og av at oppdrag for Hæren kan bli for lavt prioritert. En nærmere vurdering av Luftforsvarets fotorekognoseringsfly ligger imidlertid utenfor rammen av dette notatet, og spørsmålet vil derfor ikke bli nærmere berørt her.

I tillegg til artilleriets observasjonsfly finner man i USA's hær større, spesielle rekognoseringsfly (f eks OV-1 Mohawk). Disse flyene egner seg særlig for montering av tyngre utstyr, som f eks langtrekkende radar. Sårbarheten overfor fiendens luftvern er imidlertid såvidt stor at det er lite sannsynlig at deres relativt store aksjonsradius vil kunne anvendes til lange tokt over fiendtlig besatt territorium. Det er neppe realistisk å regne med at fly av denne typen vil være aktuelle for våre avdeliger.

Droner, Fig 3.16, er små ubemannede fly. Flere land (7) har utviklet dronesystemer for rekognoseringsformål. Vanlig aksjonsradius er fra 100 til 2-300 km. Dronene er som regel utstyrt med kameraer men kan også anvende IR-detektorer og siderettet radar.

Et vanlig styresystem for droner er radiokommando basert på følgende av droner med radar. Over fiendtlig område styres dronen uten kommando fra bakken etter et på forhånd fastlagt



Figur 3.16 Drone AN/USD-1A (USA)

program. Etter endt oppdrag landes dronen ved hjelp av fallskjerm.

MQM - 58 A er et amerikansk eksempel som er typisk for dagens droner. Data for dronen er:

Aksjonsradius	-	ca 200 km (i lav høyde)
Hastighet (maks)	-	300 knop
Avgangsvekt	-	565 kg
Størrelse	-	4.9 m x 4.1 m x 1.1 m

En drone-avdeling har en oppsetning på ca 40 mann og 15 lastebiler med tilhengere. Utstyret består bl a av:

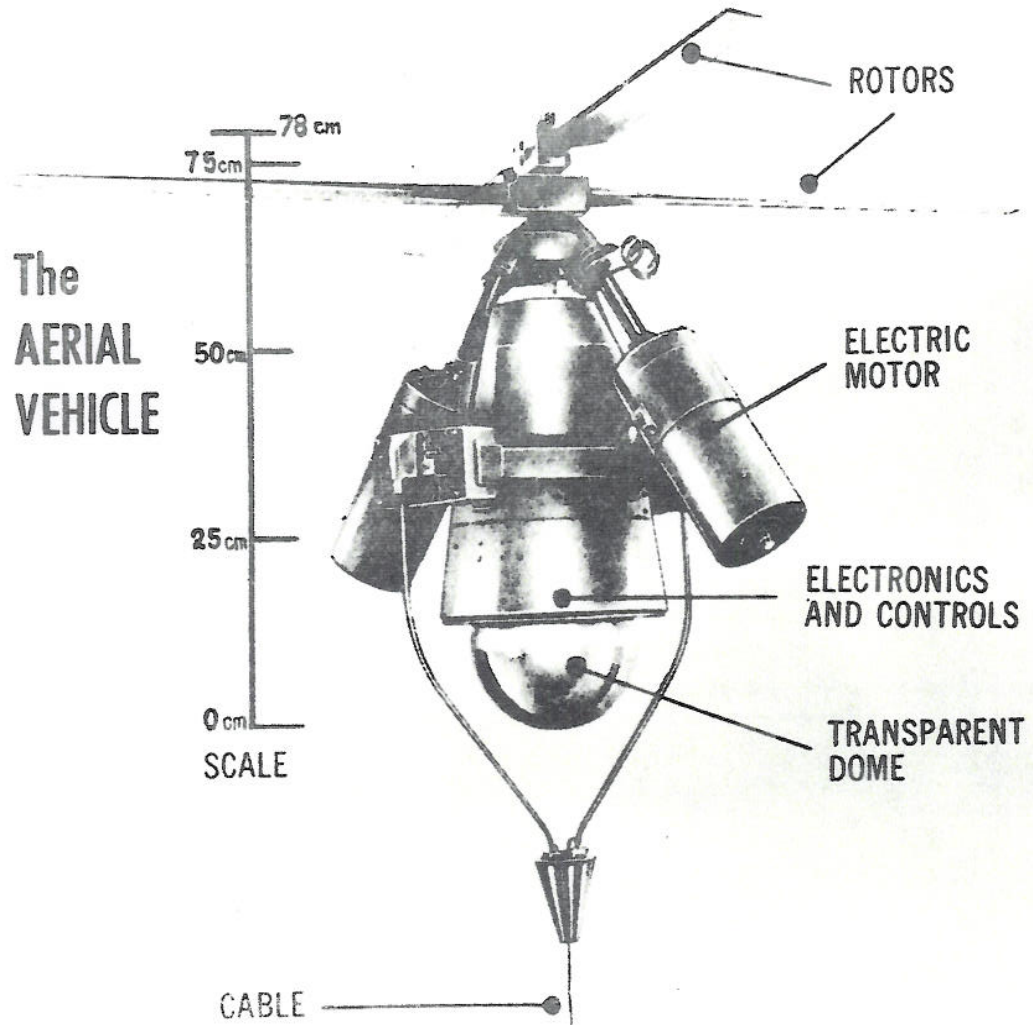
- 10 droner
- 2 utskytningsramper
- 6 kameraer
- 2 siderettede radarer
- 2 linjesøk IR-sett
- 1 bakke kommando- og kontrollsystem
- 1 sentral for behandling av data.

Utstyret for en slik avdeling er oppgitt å ville koste ca 40 mill kr.

I Canada er det under utvikling en elevert observasjonsplattform som har fått navnet Periscope (21). Periscope, Fig 3.17, er et lite elektrisk drevet helikopter. Kraftoverføringen til helikopteret, som bare veier 20 kg, skjer via en 200 m lang kabel. Denne kabel tjener også som forankring til et modifisert pansret personellkjøretøy og til overføring av signalene fra et TV kamera i helikopteret.

Basert på målte data og krigsspill har Canadian Army Operational Research Establishment foretatt en vurdering av det foreslåtte systemet (22). Data for fordelingen av mål er basert på et krigsspill på bataljonsnivå i et område syd for byen Quebec. Terrenget karakteriseres som sammenlignbart med det som finnes i Nord-Vest Tyskland.





Figur 3.17 Elevert plattform "Periscope" (KANADA)

Effektivitetsmålet som anvendes er søkeeffektiviteten. Søkeeffektiviteten er definert som forventet antall mål detektert i et område dividert med antall mål tilstede i dette i området. På grunnlag av de forutsetninger som er gjort i studien finner man at søkeeffektiviteten av et periscope vil være 2 - 5 ganger så stor som for en observatør på bakken utstyrt med kikkert. En rekke av observatører med 1 km mellom hver vil ha omtrent samme søkeeffektivitet som en rekke av periscopere med 4 km mellom hver. Prisen for et periscopeter (uten kjøretøy) antas å bli ca kr 200 000. Normal bemanning vil være 3 mann.

4 NOEN FAKTORER AV BETYDNING FOR OPPKLARING OG  
VARSLING

Foruten de tekniske og operative karakteristika for de teknologiske hjelpemidlene og de taktiske prinsippene for anvendelsen av disse er det en del andre faktorer som har innflytelse på yteevnen av hjelpemidlene og mulighetene for å utnytte dem. Bl a vil terreng, meteorologiske forhold, bruk av kamuflasje og andre motmidler, fiendens utstyr og mulighetene for observasjon uten bruk av spesielle hjelpemidler være av betydning. Disse faktorene vil bli kort omtalt i dette kapitlet.

4.1 Terreng

Det ansvarsområdet en avdeling har for varsling og overvåkning vil vanligvis være avgrenset på grunn av tilstøtende avdelingers områder, rekkevidden av hjelpemidlene etc. I tillegg til dette kan imidlertid terrengforholdene medføre en reduksjon av både interesseområdet og den brukbare rekkevidden av hjelpemidlene.

Det området som er av interesse for varsling og overvåkning kan innsnevres fordi terrengforholdene gjør det umulig for fienden å benytte deler av terrenget. Gode forsvarsstillinger er ofte valgt slik at de medfører en naturlig kanalisering av fiendens fremrykning. I kupert og skogbevokst terreng vil dessuten visse deler av interesseområdet normalt ikke være synlig fra en gitt observasjonspost. Dette kan bl a gjøre det umulig å utnytte maksimumsrekkevidden av langtrekkende hjelpemidler i mange situasjoner. Spesielt ved vurderinger av slike hjelpemidler er det viktig å ha data om den relative hyppigheten av mulige deteksjonsavstander for sannsynlige taktiske situasjoner i vårt terreng.

Vegetasjon og farger generelt i terrenget bestemmer kontraster for de aktuelle mål og vil ofte være avgjørende for deteksjonsmulighetene når visuelle og IR-hjelpemidler benyttes.

#### 4.2 Meteorologiske data

Observasjonstjenesten i stridssonen vil i vesentlig grad kunne influeres av været. Dette avsnittet gir en oversikt over demeteorologiske parametre som antas å ha størst betydning under norske forhold. Noen enkle klimatologiske data for 4 utvalgte målestasjoner er gitt i Tabell 4.1. Samtidig må det presiseres at topografiske forhold kan resultere i betydelige variasjoner mellom nærliggende steder.

##### 4.2.1 Vind

Sterk vind kan vanskeliggjøre, evt hindre bruken av visse typer luftbårne observasjonsfartøyer, så som helikoptre, droner og ballonger. En annen virkning er at støynivået for akustiske deteksjonssystemer øker. Vindstatistikken i Tabell 4.1 er basert på målinger foretatt over terrenget. Normalt øker vindstyrken med høyden, slik at den f. eks er fordoblet allerede 1 km over bakken. Men her vil det være rom for store avvik, avhengig av den aktuelle vær-situasjon.

##### 4.2.2 Temperatur

For enkelte utstyrskomponenter, f eks batterier og akkumulatorer, kan lave temperaturer ha en utpreget negativ effekt. Også indirekte kan temperaturen innvirke på effektiviteten av observasjonsmidlene, ved at den setter en øvre grense for den mengde vandamp luften kan inneholde. Dette forholdet er av betydning for IR-systemer, i og med at transmisjonen av IR-stråling avhenger av vandampinnholdet. Til eksempel kan luft ved 20° C inneholde opptil 17 g vandamp pr m<sup>3</sup>, ved 20° C bare 0.8 g/m<sup>3</sup>. Absorpsjonen i IR blir da langt sterkere i første enn i siste tilfelle, bortsett fra de praktisk talt absorpsjonsfrie "vinduene" (f eks 2.0 - 2.5 μm, 3.3 - 4.3 μm, 8 - 13 μm). Utenom disse vinduene er IR-transmisjonen atskillig bedre i vinterkulde enn i varmt sommervær.

	Gardermoen	Sola	Bardufoss	Tromsø
<u>Vindstyrke 1944-50</u>				
Årsgjennomsnitt (m/s):	3.0	4.9	2.3	3.0
Hyppighet (% av året) for vind > 10m/s:	2	10	2	1
<u>Temperatur (°C)</u>				
Middøl januar (juli) :	-7(16)	1(14)	-8(14)	-4(12)
Laveste (høyeste) måling 1946-55	-28(33)	-18(30)	-32(31)	-15(28)
<u>Snødekke</u> , midlere varighet i dager/ år :	142	29	184	204
<u>Redusert sikt</u> 1946-50, hyppig- het (% av året)				
< 1 km :	6	1	1	2
< 4 km :	17	6	4	6

Tabell 4.1 Klimatologiske data for 4 norske målestasjoner.  
Hvor ikke annet er angitt, er referanseperioden  
1901 - 30

#### 4.2.3 Snødekke

Et snødekket landskap har en langt større refleksjonsevne for synlig lys enn hva tilfellet er med snøfritt terreng. Dette har praktiske konsekvenser for alle de observasjonsmidler som brukes i det visuelle spektralområdet, i og med at målkontrasten er en direkte funksjon av bakgrunnsstrålingen. I denne sammenheng reiser det seg flere spørsmål av kvantitativ art, som bare kan besvares ved at eksperimentelle undersøkelser blir foretatt i norsk lende og under de forhold som våre militære styrker

ville møte. Tabell 4.1 antyder omfanget av det spørsmålet som diskuteres, i det varigheten av snødekket normalt er fra 5 til 7 måneder pr år i indre og i nordlige strøk av landet.

I det infrarøde området er refleksjonsevnen for snø betydelig mindre enn for vegetasjon og for materialer som stein og metall. Dermed vil et snødekke også innvirke på kontrasten for IR-utstyr.

#### 4.2.4 Nedbør, tåke

Regn, snø og tåke vil i varierende grad redusere transmisjonen av elektromagnetisk stråling i atmosfæren. For praktiske observasjonsformål vil regn neppe representere noe problem over relativt korte avstander, f eks opptil noen få kilometer. Ved avstander større enn 10 km vil det imidlertid være mulighet for en drastisk svekning i signalet. Dette gjelder både for visuelle og infrarøde systemer, og for radar. I snøvær er rekkevidden for radar av samme størrelsesorden som i regn, mens svekningen nå blir betydelig sterkere i IR og i det synlige området. Under ugunstige forhold (kraftig snøfall) kan den effektive rekkevidden av synlig og infrarød stråling bli 0.1 km eller mindre. Tåke vil kunne ha en liknende effekt i disse to spektralområdene, men er av liten betydning for radar med bølgelengde større enn 1 cm. I bestemte vær-situasjoner, nemlig i dis med ekstra små partikler, er svekningen noe mindre for IR enn for lysstråling, slik at IR-detektorer under disse forhold kan ha en rekkevidde som er minst dobbelt så stor som for visuelle systemer. Hyppigheten av redusert synsvidde (p g a tåke, nedbør eller dis) for våre utvalgte meteorologiske stasjoner går fram av tabell 4.1.

#### 4.2.5 Lysforhold

For passive observasjonsmidler i det synlige og nære infrarøde området (inkludert øyet) er dagslyset av største betydning. Når lysmengden faller under et visst nivå, avhengig av detektoren, begynner deteksjonsevnen å avta. I nattemørke er disse

observasjonsmidlene av sterkt begrenset verdi, fordi signalstyrken fra ordinære mål da blir særlig svake. Et unntak er lysforsterkeren, som selv under svært dårlige lysforhold har en rekkevidde av størrelsesorden 1 km.

Systematiske lysmålinger er i Norge hittil bare foretatt i Bergen. Mangelen på observasjonsdata er mest følelig for de nordlige deler av landet, hvor mørketiden representerer et spesielt problem. Problemet gjelder først og fremst totalintensiteten, men også spektralfordelingen, idet amerikanske måleresultater synes å vise at spekteret for nattlyset kan avvike sterkt fra dagslys.

I størrelsesorden kan belysningen på en horisontal flate variere mellom  $10^5$  lux (skarpt dagslys) og  $10^{-4}$  lux (overskyet måneløs natt). For skumringen er 10 lux noenlunde representativt, og allerede ved litt svakere belysning begynner de berørte observasjonsmidlene å tape sin effektivitet. Det antas at i Troms og Finnmark er den effektive rekkevidden for disse systemene betydelig nedsatt selv midt på dagen i mørketiden. Mens sola aldri kommer over horisonten midtvinters i disse distriktene, har en på samme tid 5 timers dagslys i sentrale strøk sønnafjells. Midtsommers, da sola aldri går under horisonten i de nordligste delene av landet, og hvor lysforholdene da er særlig gunstige, har dagslyset en varighet på 19 timer i Oslo.

#### 4.3 Kamuflasje og andre motmidler

Det er rimelig å anta at fienden har til sin disposisjon avanserte kamuflasje- og jammingsmetoder som kan redusere effektiviteten av vårt observasjonsutstyr i vesentlig grad.

Kamuflasjen kan baseres på maskering eller på attrapper. Ved maskering tar fienden sikte på å redusere kontrasten mellom sine stridsenheter (materiell, personell) og omgivelsene. Den beste virkning oppnås generelt med naturlige kamuflasjemidler (lyng, greiner osv), hvor dette er praktisk gjennomførbart. Men også kunstige midler som maling, presenninger og nett kan gi gode resultater i det synlige og nære infrarøde området, forutsatt at refleksjons-egenskapene er tilpasset omgivelsene. Den framtidige kamuflasjemaling vil muligens skifte fargekarakter automatisk etter terrenget (jfr forsøk i U S A), men denne metoden blir neppe av praktisk betydning før tidligst i slutten av den perioden som diskuteres.

Kunstig maskering i radar-området krever tykke lag av radar-absorberende materiale, noe som i praksis begrenser anvendelsen til forholdsvis små men viktige mål. Det må også anses som en vanskelig oppgave å maskere egenstrålingen (5 - 15  $\mu$ m) fra relativt varme mål, f eks fra mennesker og oppvarmede kjøretøyer. For hele frekvensspektret fra lysstråling via IR til radar gjelder generelt at en effektiv maskering vil måtte utnytte de naturgitte forhold. Ukjente omgivelser representerer en ekstra kamuflasjemessig vanskelighet for en fremmed angriper i norsk terreng.

Et alternativ til maskering er bruken av attrapper. Hovedformålet er da ikke lenger å skjule de virkelige målene, men å innføre nye, falske mål som skal villedde motparten. Attrappene kan f eks være oppblåste plastgjenstander, falske radarreflektorer eller villedende varmemål. Denne metoden krever ingen inngående kjennskap til omgivelsene.



En kvantitativ vurdering av de problemer fiendtlig kamuflasje vil kunne representere for vår egen observasjons-tjeneste, må gi rom for store variasjoner avhengig av måltype, omgivelser og taktisk situasjon. En reduksjon i deteksjons- og identifikasjons- avstandene med en faktor 2 - 10 i forhold til de man normalt har, synes imidlertid å være en reell mulighet.

#### 4.4 Etterretninger om Østblokkens status

I en rapport fra US Army (23) gis det en oversikt over bruken av infrarødt utstyr i Østblokkens militærstyrker pr september 1962. Rapporten tar utgangspunkt i de østeuropeiske lands teknisk-vitenskapelige nivå på dette området, og omtaler deretter endel utstyrskategorier som den vestlige etterretningstjeneste har fått kjennskap til. På de strenge sikkerhetsregler som fra østlige side gjelder på dette feltet, er det godt mulig at alle de enkelte eksisterende utstyrtyper ikke er kommet med i oversikten. Tilsvarende opplysninger om radar og andre hjelpemidler har ikke vært tilgjengelige i forbindelse med utarbeidelsen av dette notatet. Følgende IR-hjelpemidler har direkte betydning for operasjoner i stridssonen:

- a) Sniperscopes. Dette er aktive IR-sikter. (0.8-1.3  $\mu\text{m}$ ) montert på gevær eller andre håndvåpen. Utstyr av denne typen blir produsert i Sovjet, og levert til andre Østblokkland. I Sovjet-infanteriet skal hver tropp være utstyrt med 1 sniperscope, med en rekkevidde på over 300 m i bra vær.
- b) Aktive IR-sikter for kanoner. Utstyr av sniperscope-typen, men med rekkevidder på 1 km eller mer, er blitt brukt av sovjetiske og østtyske tankbataljoner i flere år. Det er derimot uvisst om passive IR-sikter er tatt i bruk.
- c) IR-utstyr for nattkjøring. Hjelpemidler av denne kategori blir i betydelig grad anvendt på stridsvogner og andre

militære kjøretøyer. Som strålekaster benyttes vognens egne lyskastere forsynt med IR-filtre, eller spesielle IR-strålekastere. Detektoren kan være et IR-teleskop montert på kjøretøyet, eller en IR-kikkert montert på hjelmen. En synsvidde på 100 - 300 m synes å være nok så vanlig, med et synsfelt på  $90^{\circ}$ . I spesielle tilfelle er rekkevidder på 1 km rapportert.

- d) Overvåkningsutstyr. I tillegg til sine primære oppgaver kan ovennevnte instrumenter også brukes til overvåkningsformål. Aktivt IR-utstyr spesielt beregnet på overvåkning er utviklet i Øst-Tyskland. En lett bærbar utgave (iallfall i laboratoriemodell) har en effektiv rekkevidde på noen få kilometer. Et tyngre instrument (neppe bærbart) sies å ha en rekkevidde på 8 km mot store bygninger, 5 km mot kjøretøyer og 2 km mot personell.

Passive hjelpemidler av metascope-typen blir trolig brukt for å detektere IR-kilder, men nærmere opplysninger mangler. Passive varmepeilere (1-10  $\mu\text{m}$ ) for lokalisering av kjøretøyer, fly m m er utviklet i Øst-Tyskland, med en maksimal rekkevidde på 35 km og en rettningsnøyaktighet på  $0.01^{\circ}$ . Liknende utstyr er installert på kyststasjoner for overvåkning av sjøområder, men identifikasjonsevnen er liten. Militær anvendelse av lysforsterkere er ikke omtalt i rapporten. Det tekniske nivået på dette området antas imidlertid å være vel avansert i enkelte Østblokkland.

Østeuropeiske transmisjonsforsøk i atmosfæren har vist at "vinduet" mellom 8 og 14  $\mu\text{m}$  er mindre transparent enn tidligere antatt. Tendensen går i dag i retning av å bruke de mer kortbølgede vinduene ved observasjon over avstander større enn ca 10 km.

- e) Luftrekognosering. Det er kjent at Sovjet har luftbåret passivt utstyr (visstnok tungt) for bestemmelse av temperaturen på jordoverflaten. Instrumentet dekker en vinkel på ca  $150^{\circ}$  på tvers av flyretningen og er bl a blitt brukt til å studere temperaturforholdene i den arktiske pakkisen, men systemet har også et rent militært bruksområde. Det er mulig, men ikke direkte påvist, at "passiv radar" blir brukt til rekognosering av mål på bakken, i det egenstrålingen i mikrobølgeområdet blir nyttiggjort. Et slikt system ville bare i liten grad bli influert av været.
- f) Identifikasjonsutstyr. Til identifikasjon av vennlige styrker i stridssonen er det utviklet et IR-system som gjør bruk av forhåndsbestemte kalle- og svarsignal. Det er også konstatert at på noen russiske uniformer er det festet spesielle identifikasjonsmerker, som avgir en karakteristisk stråling når de bestråles med infrarødt.
- g) IR-kamouflasje. Rapporten opplyser at sovjetiske tanks er kjøligere enn vestlige, slik at varmeutstrålingen blir mindre. Utvikling av spesiell maling som skal redusere utstrålingen videre har fått svært høy prioritet i Ungarn. I det nærinfrarøde området (reflektert stråling) har Øst-Tyskland eksperimentert med kamouflasjenett for personell og utstyr. Det er antydnet at falske varmemål blir brukt for å villedde motpartens IR-utstyr.

Rapporten gir få eller ingen holdepunkter når det gjelder antallet av de forskjellige observasjonsinstrumenter. Bl a savnes en vurdering av den rolle infrarødt foto- og TV-teknikk spiller. Men generelt blir det uttrykt at nattoperasjoner tillegges stor vekt i Østblokken.

#### 4.5 Visuell observasjon

For et flertall av de observasjonsmidler som behandles her, kan det være naturlig å bruke øyet som referanseorgan. Et objekt er synlig p g a den strålingskontrast det danner med bakgrunnen. Kontrasten reduseres normalt med økende avstand fra objektet, og svekningen er desto kraftigere jo mer luften inneholder av spredende partikler (vanndråper, iskrystaller, støv, røyk). Btersom kontrasten faller under en viss nedre grense, kan objektet ikke lenger skjelnes fra bakgrunnen. Dette betyr f eks at mens mål på størrelse med stridsvogner kan være synlige på 10 km avstand i klar luft, kan tåke eller snøvær nedsette synsvidda til en brøkdell av 1 km. Også kamuflasje kan redusere kontrasten, og dermed deteksjonsavstandene, i betydelig grad.

En viktig parameter for ethvert observasjonssystem er dets vinkelopløsnings. I dagslys har øyet en vinkelopløsnings som for praktiske formål kan settes lik 1 min ( $1/3$  milliradian), hvilket er gunstig for identifikasjonsformål. Når mørket faller på blir oppløsningsen gradvis dårligere, til den i stjerne-skinne (uten måne) er ca 15 min. I sin mørk-adapterte tilstand er øyet også ute av stand til å skjelne mellom farger i naturen, slik at alt oppfattes i nyanser av grått. Under ekstra dårlige lysforhold kan signalstyrken fra ikke-selvlysende gjenstander bli så svak at synsmønsteret blir dominert av statistiske fluktuasjoner. I praksis betyr dette at deteksjonsavstandene kan bli redusert til null i særdeles ugunstige situasjoner (f eks en regntung høstnatt). Et eventuelt snødekke vil p g a sin store refleksjonsevne forbedre forholdene i noen grad, men generelt er nattsynet karakterisert ved sterkt nedsatte deteksjonsavstander og liten detaljrikdom.

Trass i liten nøyaktighet er visuell avstandsbedømmelse av betydelig interesse ved feltmessige operasjoner i dagslys. En feilbedømmelse (standardavvik) på en femtedell av den virkelige avstanden anses vanligvis for å være et realistisk tall.

Kanadiske forsøk over avstander på 300 - 900 m har imidlertid gitt som resultat at for en angriper i ukjent terreng var standardfeilen så godt som uavhengig av avstanden, og lik 140 m. Ved forsvar i kjent terreng var den tilsvarende feilbedømmelsen lik 50 m. Det er uvisst i hvilken grad disse resultatene vil gjelde under norske feltforhold.

Ved bruk av enkle optiske hjelpe-instrumenter kan effektiviteten av visuell observasjon økes betraktelig. En vanlig feltkikkert forbedrer vinkeloppløsningen med en faktor 5 til 10. Og relativt lette avstandsmålere har en nøyaktighet på 5% eller bedre for de avstander som er av særlig interesse her.

5 OPPSUMMERING OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDE

Det hersker neppe noen tvil om at fornuftig bruk av tekniske hjelpemidler for oppklaring og varsling med et videst mulig spektrum vil redusere fiendens operasjonsfrihet og øke effektiviteten av egne styrker. Dette er under forutsetning av at enhver operativ sjef strengt overvåker bruken av hjelpemidlene og nøye vurderer og filtrerer den innsamlede informasjonen. Kritikkløs anvendelse av aktive midler kan lett resultere i mer hjelp for fienden enn for egne styrker.

De økonomiske ressursene vil alltid være begrensede. I de fleste tilfelle vil det være uhensiktsmessig for en mindre nasjon å kopiere materielloppsetningene i en stormaktshær. Dette gjelder også for oppklaringsutstyr. Ideelt sett burde man ikke allokere ressurser til overvåkningsformål hvis det kan demonstreres at anvendelse av ressursene til andre oppgaver vil gi større total effektivitet av forsvaret.

Dette notatet gjør ikke krav på å presentere noe grunnlag for vurdering av hvilken andel av de totale ressursene som skal gå til oppklaring og varsling, eller hvordan denne andelen bør fordeles på de forskjellige kategoriene av hjelpemidler. Det som er tilstrebet er å gi en oversikt over de hovedkategoriene av tekniske hjelpemidler som eksisterer og deres viktigste egenskaper. I Hæren er det hittil ofret relativt liten oppmerksomhet på problemene innen denne sektoren, og det er viktig å finne frem til de områdene som er av spesiell viktighet, og hvor man med innsats av de relativt beskjedne ressursene som står til rådighet vil ha størst sannsynlighet for å øke effektiviteten av våre avdelinger i strid.

I det følgende er det pekt på de feltene, som etter forfatterens mening, er av spesiell viktighet for oss og hvor anskaffelse av utstyr følgelig bør overveies. Det er også

pekt på hvilke analyser og forsøk som bør iverksettes for å støtte en slik anskaffelse av materiell.

### 5.1 Lysforsterkere

Som et hjelpemiddel for oppklaring og strid om natten representerer lysforsterkeren et spesielt tiltalende prinsipp i det systemet er forholdsvis lite og lett, og uavhengig av annen belysning enn den som allerede er tilstede. Systemet er altså passivt, ved bruk av lysforsterkere vil en observasjonspost derfor ikke øke faren for å bli oppdaget av fienden. Lysforsterkere kan også utformes som sikter for håndvåpen og tyngre direkteskytende våpen. For øyeblikket ser det imidlertid ut som om de teknologiske vanskelighetene er såvidt store at det neppe er realistisk å regne med at de vil være tilgjengelige for operativ bruk før i 1970-75. Hvis en heldig utvikling kan gjennomføres, vil imidlertid utstyret representere en radikal forbedring når det gjelder observasjonsmulighetene på korte hold (mindre enn 1000 m) om natten. Det er derfor all grunn til å følge nøye med i utviklingen innen lysforsterker-feltet.

### 5.2 Aktivt IR-utstyr

For de anvendelsesområdene som i fremtiden vil kunne dekkes av lysforsterkere har man idag til rådighet aktivt IR-utstyr. Aktivt IR-utstyr har imidlertid den store mangel at målet må belyses av IR-lyskastere. Dette gjør det mulig for en fiende utstyrt med passende IR-varslere å foreta en nøyaktig lokalisering av observasjonsposten fra stillinger utenfor det aktive utstyrets rekkevidde. Hvis man må regne med at fienden er utstyrt med varslere, og det er viktig å ikke røpe egne stillinger, er det derfor svært tvilsomt om bruk av aktivt IR-utstyr til observasjon medfører en taktisk fordel. Hvor en intens overvåkning av et område er nødvendig, vil sannsynligvis lettvekts radar være et mer hensiktsmessig hjelpemiddel. På den annen side vil aktivt IR øke operasjonsfriheten om natten for f eks stridsvogner i bevegelse, som allikevel må

regne med å røpe sine posisjoner av andre grunner. Det er ikke klart i hvilken grad det vil være rasjonelt å investere i aktivt IR-utstyr for Hæren. Verdien av utstyret vil være kritisk avhengig av i hvilke utstrekning fiendens avdelinger er utstyrt med varslere og billedomformere som tillater lokalisering av vårt utstyr. Det synes imidlertid riktig, som et minimum, å utstyre f eks skarpskyttere i et antall av 1 pr tropp med IR-sikter, spesielt når man tar i betraktning at disse siktene, uten lyskastere, også kan brukes til å lokalisere fiendtlig aktivt IR-utstyr.

### 5.3 IR-varslere

I betraktning av at aktivt IR-utstyr finnes i Sovjets oppsetninger, er det av stor viktighet at IR-varslere finnes spredd på alle stridsavdelinger. Antallet bør være så stort at enhver bruk av aktivt IR-utstyr i nærheten av våre linjer eller mot våre patruljer vil ha en høy sannsynlighet for å bli detektert. Både varslere, som ikke krever operatørens konstante oppmerksomhet (f eks instrumenter med akustisk alarm) og metaskop eller billedomformere som tillater en nøyaktig lokalisering av IR-kilden er nødvendige.

### 5.4 Radar

Når det gjelder deteksjon av bevegelige mål som personell og kjøretøyer i mørke og under forhold med dårlig sikt er radar uovertruffen når det gjelder rekkevidde og muligheter for kontinuerlig overvåkning. Radar har også den fordelen at avstand til målet kan bestemmes. En viss form for klassifisering av målets art er mulig, f eks skille mellom personell og kjøretøyer, men oppløsningsevnen tillater ikke noen detaljert identifikasjon av målet. Evnen til å diskriminere mellom mål som ligger nær hverandre og nøyaktigheten av mållokaliseringen er også begrenset.

Radar er et aktivt hjelpemiddel, og i likhet med det som er tilfelle for aktivt IR-utstyr kan en fiende derfor med rela-



tivt enkelt utstyr avgjøre hvorvidt han er under observasjon av radar. P g a at strålingen fra radar er relativt langbølget er en nøyaktig lokalisering av radarens posisjon ikke lett å gjennomføre. Selv med relativt store antenner på søkemottakeren er det sannsynligvis, bl a p g a refleksjoner fra terrenget, vanskelig å etablere retning til radaren med større presisjon enn ca 1 grad. Selv ved triangulering fra en nøyaktig oppmålt basis, vil derfor lokaliseringsnøyaktigheten ikke være slik at den danner noe godt grunnlag for f eks beskytning av radarstillinger. Varslere som personellet bærer på seg vil bare kunne gi en indikasjon om i hvilken sektor radaren befinner seg. For å hindre fiendens personell i å fastslå hvilke områder som ikke er dekket av radaren kan denne benytte en avbrutt søketaktikk.

I situasjoner hvor fienden allerede kjenner områdene der våre stillinger befinner seg, og spesielt hvis observasjonspostene kan plasseres utenfor hovedstillingene, vil radarrepresentere en meget verdifull økning av evnen til å overvåke terrenget og lokalisere fiendtlig aktivitet om natten og under forhblid med dårlig sikt.

#### 5.5 Radarvarslere

I operasjoner der man kan vente at fienden vil benytte radar vil radarvarslere være av verdi for avdelinger som skal forflytte seg uten å bli oppdaget. Radarvarsleren vil kanskje spesielt være av verdi for natt-patroljer. Haren bør derfor utstyres med varslere i et tilstrekkelig antall til å dekke dette behovet.

#### 5.6 Spesielle ubetjente detektorer

Ubetjente spesielle detektorer basert på f eks akustiske, IR eller radioaktive - prinsipper vil være av verdi i spesielle situasjoner hvor tilstrekkelig tid til å etablere stasjonene og det tilhørende kommunikasjonsnett er tilgjengelig. Behovet vil imidlertid neppe være så stort at en nærmere

analyse av denne utstyrstypen kan betraktes som en prioritert oppgave.

#### 5.7 Luftrekognoseringsutstyr

Når det gjelder utstyr for rekognosering fra luften, så er det kanskje tvilsomt om mengden tunge våpen i våre oppsetninger rettferdiggjør en såvidt stor allokering av ressurser til rene overvåkningsformål som spesielle rekognoseringsfly og dronesystemer for Hæren representerer.

Effektiviteten av eleverte plattformer av periscopertypen representerer neppe noen så stor økning i forhold til konvensjonelle metoder at de økte omkostningene kan rettferdiggjøres.

#### 5.8 Områder av spesiell betydning

De betraktningene som er gjort gjeldende i dette notatet kan med rette betegnes som kvalitative og til dels subjektive. Man må imidlertid ha for øyet at hovedhensikten er å identifisere de sektorene innen det vide feltet "varsling og rekognosering" som synes å være av spesiell interesse for Hæren og å gi et bedre grunnlag for diskusjoner om det videre arbeidet med problemet i det nærmeste året. En slik begrensning av arbeidet er nødvendig av hensyn til de ressursene som står til rådighet for analysen. Det er vår mening at man i første omgang bør konsentrere oppmerksomheten om følgende kategorier av tekniske hjelpemidler med sikte på anskaffelse for Hæren:

- a) Varslere for IR
- b) Varslere for radar
- c) Lett bakke-til-bakke radar
- d) Aktivt IR-utstyr

Dessuten bør man kontinuerlig søke å holde seg a jour med utviklingen av lysforsterkere slik at man på et tidligst mulig tidspunkt etter at deres operative berettigelse er etablert kan planlegge innføringen i Hæren.

5.9 Forslag til retningslinjer for det videre arbeidet ved FFI

Under forutsetning av at konsentrasjon om de feltene som er nevnt over kan godtas bør det videre arbeide ta sikte på å utvikle kriteria for valg av spesielle utstyrstyper og å vurdere de økonomiske konsekvensene av en eventuell innføring av slikt utstyr. Generelt vil arbeidet omfatte innsamling av detaljerte tekniske opplysninger om eksisterende og planlagt utstyr, innsamling og vurdering av data fra allerede utførte prøver i utlandet, planlegging og gjennomføring av nødvendige norske prøver, og en analyse av de innsamlende data, i lys av den sannsynlige taktiske anvendelsen i Norge, med henblikk på å finne frem til i hvilken grad de forskjellige utstyrstypene tilfredsstillende kravene.

Når det gjelder et så langtrekkende hjelpemiddel som radar vil terrenget spille en avgjørende rolle for anvendelsesmulighetene. Det er derfor viktig å ha en relevant statistikk for mulighetene for observasjon for et tilstrekkelig antall typiske observasjonsposter. Disse postene må velges ut fra en samling av sannsynlige taktiske situasjoner og aktuelle forsvarsplaner.

En del begrensede prøver er utført med IR-varslere i NATO-regi (24), men det vil sannsynligvis være hensiktsmessig å kjøpe inn, eller eventuelt få utlånt, et antall av de typene som på grunnlag av spesifikasjoner og utførte prøver ser mest lovende ut for å utføre sammenliknende prøver i egen regi.

To radarvarslere har vært prøvet i NATO-regi (25, 26). Disse prøvene må, hva visse aspekter angår, karakteriseres som lite tilfredsstillende, så det vil antakelig vise seg hensiktsmessig med nasjonale prøver også av dette utstyret.

Prøver av bakke-til-bakke radar med kort og meget kort rekkevidde er planlagt i NATO for sommeren 1966. En foreløpig

vurdering av de forskjellige typene på grunnlag av de tilgjengelige tekniske data og i lys av våre terrengforhold kan utføres som et ledd i det videre arbeidet ved FFI. For å gi et bedre grunnlag for å bedømme sammenhengen mellom tekniske data og den operative ytelsen vil det være hensiktsmessig å utføre prøver under feltforhold av deteksjonsavstand, lokalisering snøyaktighet og diskrimineringssevne med de bakke-tilbakke radarer som nå er tilgjengelige i Norge (AN/PPS-4, AN/TPS-25, AN/TPS-33). AN/PPS-4 er av spesiell interesse i denne forbindelse.

NATO har utført en del sammenlignende prøver (24) med aktivt IR-utstyr. Her i landet har Generalfelttøymesteren fulgt nøye med i dette arbeidet og har også gjennomført selvstendige forsøk og vurderinger. Det skulle derfor ikke være nødvendig med noen spesiell innsats fra FFI for å finne frem til hensiktsmessige typer innen denne sektoren.

REFERANSER

- (1) Department of the Army (USA) - Operator and Organizational Maintenance Manual, Radar Set AN/PPS-4 TM 11-5840-211-12 (15 April 1960)
- (2) Department of the Army (USA) - Operator's Manual Radar Set AN/TPS-25 TM 11-5840-217-10 (10 June 1959)
- (3) Department of the Army (USA) - Operator's Organizational Field and Depot Maintenance Manual Radar Set AN/TPS-21 and AN/TPS-33 TM-11-5840-229-15 (29 Sept 1960)
- (4) Uzzo, Anthony P  
Donald J Stanton - Short Range Surveillance Radar Set AN/PPS-5  
Airborne Instruments Laboratory  
A Division of Cutler-Hammer, Inc  
Melville, Long Island, New York  
(1962)
- (5) Brosjyre fra Selenia, Roma - Infantry Radar MLV-2a (1961)
- (6) Notat fra Carl Sejersted Bødtker - Teknisk beskrivelse av overvåkningsradar SFIL RA-10 (Udatert)
- (7) Nato Ad Hoc Mixed Working Group for Combat Intelligence - Annual publication of a summary of equipment for combat intelligence. Document AC/183-D/51 (revised). (26 Feb 1965) NATO SECRET
- (8) - Operational characteristics for a short-range light weight ground surveillance radar. Document AC/183-D/28 (20 August 1962) NATO CONFIDENTIAL
- (9) - Operational characteristics for a short-range ground surveillance radar. Document AC/183-D/29. (20 August 1962) NATO CONFIDENTIAL

- (10) NATO Ad Hoc Mixed Working Group for Combat Intelligence - Operational characteristics for a long-range ground surveillance radar. Document AC/183-D/30. (20 August 1962) NATO CONFIDENTIAL
- (11) NATO Ad Hoc Mixed Working Group on Night Vision - NATO Basic Military Requirement for Night Vision Equipment, Document AC/185-D/24 (23 August 1962) NATO SECRET
- (12) - United States Presentation at the October 1960 Meeting, Document AC/185-D/3 (30 March 1961) NATO SECRET
- (13) Ballard, S S  
L Larmore  
S Passmann - Fundamentals of Infrared for Military Applications, Project RAND, (1956) CONFIDENTIAL
- (14) Edheim, O - Infrarød stråling, Artilleritids- skrift, 87, 4, 103
- (15) Morton, G A - Image Intensifiers and the Scoto- scope. Applied Optics 3, 651 (1964)
- (16) Ekre, H - Notat til direktør F Lied Ref -/65/FFIE/HE/AKF/204.1-AC (8 juni 1965) DEGRENSSET
- (17) NATO Ad Hoc Mixed Working Group on Equipment for Combat Intelligence - United Kingdom Operational Require- ments for Ground Surveillance Equipment. Document AC/185(WG/1)D/9 (15 jan 1962) NATO SECRET
- (18) - Presentation on the United States Army Signal Corps Research and Development Programme, AC/183-D/36 (12 Sept 1962) NATO CONFIDENTIAL
- (19) Nicolaysen, P S - Intelligence Device, IR F-457 (Okt 1964) SECRET
- (20) NATO Ad Hoc Mixed Working Group on Equipment for Combat Intelligence - Periscope Extended Vision Device, AC/185-D/60 (16 Des 1963) NATO CONFIDENTIAL

- (21) Normann D H J  
M D F Boulton - The Operational Evaluation of an Elevated Television Viewing Device (U), Canadian Army Operational Research Establishment No 151 (July 1964) CONFIDENTIAL
- (22) US Army Foreign Science and Technology Center - Soviet Bloc Military Applications of Infrared Radiation, CE-125.1-63 (1963) SECRET
- (23) NATO - Report of Exercise IRIS. Comparative trials with new infrared equipment in Denmark March-April 1963. Volume 1-2 (1963) NATO SECRET
- (24) NATO Ad Hoc Mixed Working Group for Combat Intelligence - Report by the restricted group on plans for test of radar illumination detectors for patrol use. Document AC/183-D/47 (26 April 1963) NATO SECRET